UNIVERSITAS INDONESIA

ANALISIS AVO PADA RESERVOAR LAPISAN TIPIS (STUDI KASUS: LAPANGAN ABC PADA CEKUNGAN SUMATERA SELATAN)

TESIS

Andre Seno Pujolaksono

1306361570

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA

KEKHUSUSAN GEOFISIKA RESERVOAR

JAKARTA

Juni 2015

UNIVERSITAS INDONESIA

ANALISIS AVO PADA RESERVOAR LAPISAN TIPIS (STUDI KASUS: LAPANGAN ABC PADA CEKUNGAN SUMATERA SELATAN)

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister sains

Andre Seno Pujolaksono

1306361570

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA

KEKHUSUSAN GEOFISIKA RESERVOAR

Jakarta

Juni 2015

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,

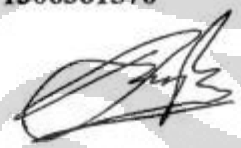
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk

telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : **Andre Seno Pujolaksono**

NPM : **1306361570**

Tanda Tangan :



Tanggal : **20 Juni 2015**

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh

Nama	:	Andre Seno Pujolaksono
NPM	:	1306361570
Program Studi	:	Magister Fisika
Kekhususan	:	Geofisika Reservoar
Judul Tesis	:	Analisis AVO pada reservoar lapisan tipis (studi kasus: lapangan ABC pada cekungan Sumatera Selatan)

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I	:	Dr. Eng. Supriyanto, M.Sc	( )
Pembimbing II	:	Ir.Julikah, M.T	( )
Penguji I	:	Dr. Yayan Sofyan	( )
Penguji II	:	Dr. Waluyo	( )
Penguji III	:	Dr. Charlie Wu	( )

Ditetapkan di : Jakarta
Tanggal : 20 Juni 2015

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan ke hadirat Allah SWT, karena hanya atas berkah dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tesis berjudul : **"Analisis AVO pada Reservoar Lapisan Tipis (Studi Kasus: Lapangan ABC pada Cekungan Sumatera Selatan)"**. Penulisan tesis ini dilaksanakan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Sains pada Program Studi Magister Fisika, Kekhususan Geofisika Umum dan Reservoar, Universitas Indonesia.

Tesis ini membahas mengenai analisis AVO pada reservoar yang ketebalan lapisan pada reservoar itu dibawah $\frac{1}{4}\lambda$. Usaha preconditioning dilakukan kembali pada data PSTM gather untuk mendapatkan resolusi dan kondisi Signal to Noise ratio yang lebih baik, Sehingga diharapkan hasil dari analisis AVO dengan menggunakan metode Cross plotting dari tiap atribut dapat menghasilkan analisis yang lebih baik.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai dengan penyusunan tesis ini, sulit kiranya bagi penulis untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT atas semua berkah, karunia, rahmat, kemudahan dan nikmat-Nya. Semoga kita selalu dapat bersyukur dan selalu bisa mengingat-Nya setiap saat.
2. Kedua orang tuaku dan mertua atas kasih sayang, kebebasan dan kepercayaan yang telah diberikan untuk meraih cita-cita.
3. Istri dan anak-anak yang memberikan dorongan moril sehingga selalu terpacu untuk menyelesaikan tesis ini.
4. Bapak Dr. Eng. Supriyanto selaku pembimbing I yang selalu memberikan waktu, kemudahan dan kelancaran dalam proses pengerjaan tesis ini.
5. Ibu Julikah, M.Eng dan pak Humbang selaku pembimbing kedua atas penyediaan data untuk penelitian tesis, waktu bimbingan dan kemudahan yang diberikan.

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

6. Temanku Angga, Agus dan teman-teman angkatan atas dukungan dan kerjasamanya.
7. Pak Suparman dan Pak Samidi selaku Tata Usaha yang selalu membantu menyelesaikan proses administrasi hingga penulis dapat melaksanakan sidang Tesis.
8. Seluruh pihak yang membantu dalam pengerjaan Tesis ini baik secara langsung dan tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga kebaikan semua pihak yang telah disebutkan maupun tidak dapat diberikan keberkahan, keselamatan, rizki dan kemudahan dalam hidupnya oleh Allah SWT. Akhir kata, penulis berharap tesis ini dapat menjadi bahan yang bermanfaat bagi perkembangan keilmuan geofisika serta ilmu lainnya.

Jakarta, 20 Juni 2015

Penulis

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama	: Andre Seno Pujolaksono
NPM	: 1306361570
Program Studi	: Magister Fisika
Departemen	: Geofisika Reservoar
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya	: Tesis

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

Analisis AVO pada Reservoar Lapisan Tipis (Studi Kasus: Lapangan ABC pada Cekungan Sumatera Selatan)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada Tanggal : 20 Juni 2015

Yang menyatakan,

(Penulis)

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

ABSTRAK

Nama	:	Andre Seno Pujolaksono
NPM	:	1306361570
Program Studi	:	Magister Fisika
Kekhususan	:	Geofisika Reservoar
Judul	:	Analisis AVO pada Reservoar lapisan Tipis (Studi Kasus: Lapangan ABC pada Cekungan Sumatera Selatan)

Reservoar gas pada lapisan tipis merupakan sesuatu yang menarik untuk dianalisis karena reflektor yang mengalami destruktif apabila berada dibawah *tuning thickness* atau 1/4λ. Penelitian ini adalah penelitian dengan mencoba *preconditioning* kembali data *PSTM gather* yang nantinya akan menjadi input analisis AVO. Peningkatan resolusi dan nilai *signal to noise ratio* menjadi tujuan dari penelitian ini. Usaha prosesing yang dilakukan adalah proses *F-K Filter, Trimming Statics* dan *Super Gather*. Setelah melalui ketiga proses diatas, analisis AVO pun dilakukan dengan metode *cross plottin*g. Hasil *preconditioning* pada penelitian ini menunjukkan bahwa ada anomali AVO yang merupakan jenis AVO klas IV. Hasil ini diperkuat dengan metode analisis *Cross Plotting* pada setiap atribut dari AVO itu sendiri.

Katakunci : *tuning thickness*; *pre-conditioning*; *Cross Plotting*

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

ABSTRACT

Name	:	Andre Seno Pujolaksono
Student Number	:	1306361570
Study Program	:	Master of Physics
Section	:	Reservoir Geophysics
Thesis Title	:	AVO Analysis of Thin Layer Reservoir (Case Study of ABC field at South Sumatera Basin)

Gas reservoir on thin layer is something interested to analyze due to destructive reflector which is below 1/4λ or tuning thickness condition. This research is trying to do re-preconditioning on PSTM gather which will be input of AVO analysis. Increased in resolution and signal to noise ratio become goal of this research. Processing efforts had been done, such as: F-K Filter, Trimming Statics and Super Gather. After all process above, AVO analysis was conducted by using Cross Plotting method. Result of re-preconditioning in this research tells class IV of AVO anomaly. The result is strengthen by analysis method of Cross Plotting which are came from AVO attributes of Cross Plot.

Keyword : *tuning thickness; pre-conditioning; Cross Plotting*

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
KATA PENGANTAR iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS vi
ABSTRAK vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xiv

BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Perumusan Masalah 1
1.3. Tujuan Penelitian 2
1.4. Batasan Penelitian 2
1.5. Sistematika Penulisan 3

BAB 2 TEORI PENUNJANG 4
2.1. *Common MidPoint (CMP)* dan *Common Depth Point (CDP)* 4
2.2. *Velocity* dan *Koreksi Normal Moveout (NMO)* 4
2.3. Resolusi pada Seismik 5
2.4. *F-K Filter* 6
2.5. *Trim Statics* 7
2.6. *Super Gather* 7
2.7. Teori Lapisan Tipis (*Thin Layer theory*) 8
2.8. *AVO Cross Plotting* 10
2.9. Geologi Regional 13
2.9.1. Tektonik Regional 13
2.9.2. Stratigrafi Regional 13
2.9.3. Struktur Geologi Regional 17

BAB 3 METODE DAN PENGOLAHAN PENELITIAN 20
3.1. Kerangka Kerja Penelitian 20
3.2. Persiapan Data Seismik dan Reformat 20
3.3. *Preconditioning* 21
3.3.1. Koreksi *Forward NMO (Normal Moveout)* 21
3.3.2. *F-K Filter* 21
3.3.3. *Trimming Static* 22
3.3.4. *Super gathers* 23
3.4 Prediksi Pembuatan data log *S-wave* 23
3.5. Korelasi Data Seismik dan Data Sumur (*Seismic Well Tie*) 23
3.3. Analisis *AVO (Amplitude Variation versus Offset)* 23

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

BAB 4 PEMBAHASAN DAN HASIL 25
4.1. Persiapan Data seismik dan Reformat 25
4.2. *Preconditioning* 29
4.2.1. *F-K Filter* 29
4.2.2. *Trimming Statics* 35
4.2.3. *Super Gather* 39
4.3. Korelasi Data Sumur dan Data Seismik 41
4.4. Analisis AVO 42
4.4.1. Analisis Atribut AVO 43
4.4.2. *AVO Cross Plotting* 49

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 58
5.1. Kesimpulan 58
5.2. Saran 58

DAFTAR ACUAN 59

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Gambar Tentang Geometri Perekaman dan Jalan Sinar atau Ray Path Berhubungan dengan Reflektor Datar (Yilmaz, 1987) 4

Gambar 2.2. Efek Fokus dari Migrasi pada Seismik 2D dan 3D. Zona *Fresnel* akan Berkurang Menjadi Elips yang Tegak Lurus pada Lintasan Migrasi 2D dan Menjadi Bola Kecil pada Migrasi 3D (Brown, 1999) 6

Gambar 2.3. Skema *F-K Filter* untuk Metode atau Teknik *Fan Filter*. 7

Gambar 2.4. Diagram Skema Resolusi pada Data Seismik (Widess, 1973) 8

Gambar 2.5. Hubungan antara Amplitudo Refleksi dan Ketebalan Formasi 8

Gambar 2.6. Contoh Cross Plotting antara Atribut-Atribut AVO, yaitu: a) *Cross Plotting* antara *Gradient* dan *Intercept* dan b) *Cross Plotting* antara *P-Wave* dan *S-Wave* 11

Gambar 2.7. Contoh Model AVO 12

Gambar 2.8. Geografi Cekungan Sumatera Selatan. 13

Gambar 2.9.1 Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan Terdiri dari Fase Transgresi dan Fase Regresi dan Dipengaruhi oleh 3 Orogenesia Utama (Bishop, 2000). 14

Gambar 2.9.2 Tatanan Tektonik Pulau Sumatera. 19

Gambar 3.1. Alur Kerangka Kerja Penelitian. 20

Gambar 4.1. Tampilan Pengecekan Data Seismik Menggunakan Perangkat Lunak *Geoplus* 25

Gambar 4.2.1. Tabel Log A-79. Kurva Kuning pada Kolom 2 Menandakan Indikator Gas. 27

Gambar 4.2.2. Tabel Log A-81. Kurva Kuning pada Kolom 2 Menandakan Indikator Gas. 28

Gambar 4.3. Alur Kerja Pembuatan Analisis Frekuensi 30

Gambar 4.4.1 Analisis Frekuensi pada CDP 30

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

Gambar 4.4.2. Analisis Frekuensi pada CDP dengan Rentang Lebih Detil pada Rentang:25Hz-100Hz 31

Gambar 4.4.3. Perbandingan pada Salah Satu *CDP antara Data Ori (Sebelum Terkena F-K Filter, Data Sesudah Terkena F*-K Filter dan Hasil Pengurangan Keduanya untuk Memastikan bahwa Tidak Ada Data Terbuang Setelah Proses *F-K Filter* 32

Gambar 4.4.4. Perbandingan Spektrum pada Data Sebelum Pemakaian F-K Filter dan Sesudahnya. Lingkaran Kuning Menunjukkan Ada Kenaikan Amplitudo pada Frekuensi Tinggi. 33

Gambar 4.4.5. Perbandingan Spektrum pada Data Bagian Reservoar 33

Gambar 4.4.6. Gambar perbandingan Pemakaian Sebelum dan Sesudah F-K Filter dalam Salah Satu *Inline stack*. 34

Gambar 4.5.1. Perbandingan antara Data Sebelum Pemakaian *Trimming Statics* dan Sesudahnya 35

Gambar 4.5.2. Gambar Perbandingan Spektrum Sebelum dan Sesudah *Trimming Statics* 36

Gambar 4.5.3.Gambar Perbandingan Stack Sebelum Proses *Trimming Statics* dan Sesudahnya. 37

Gambar 4.5.4.Gambar Perbandingan Stack Sebelum Proses *Trimming statics* dan Sesudahnya. 38

Gambar 4.5.5. Gambar CDP Stack pada Inline 2358 38

Gambar 4.5.6. Gambar CDP Stack pada Inline 2337 39

Gambar 4.6.1. Tampilan Super Gather pada Sekitar Data Sumur 40

Gambar 4.6.2. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Proses *Super Gather* 40

Gambar 4.7.1. Gambar Korelasi Sumur dan Data Seismik pada A-79 41

Gambar 4.7.2. Gambar Korelasi Data Seismik dan Data Sumur A-81 42

Gambar 4.8.1. Gambar Super Gather dengan Analisa *Angle* 43

Gambar 4.8.2. Gambar *Angle Gather* 44

Gambar 4.8.3. *Angle Stack* untuk Range 0-10 Derajat 45

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

Gambar 4.8.4. Gambar *Angle Stack* untuk rentang 10-20 derajat 45

Gambar 4.8.5. Gambar *Angle Stack* untuk rentang: 20-30 derajat 46

Gambar 4.8.6. Gambar Tabel Anomali *AVO* 46

Gambar 4.8.7. Gambar *Intercept Stack* 47

Gambar 4.8.8. Gambar *Gradient stack* 47

Gambar 4.8.9. Perkalian *A*B* 48

Gambar 4.9.1. Gambar Indikator *Poisson's Ratio Stack* 49

Gambar 4.9.2. Grafik *Cross Plot* antara *Vp dan VS.*Dilakukan Zona Filter dengan Elips Kuning untuk Gas *Sandstone,* Warna Coklat *Shale* dan Warna Krem *Water Sandstone* 50

Gambar 4.9.3. Sketsa *Crossplot* antara *P-wave dan S-wave (Castagna et al., 1985; Fatti et al., 1994)* 51

Gambar 4.9.4. Grafik *VVp/Vs* dengan *Poisson's Ratio.* Sebagai Pembuktian bahwa di Daerah Reservoar Merupakan Gas *Sandstone* dengan Harga *Nilai Poisson's Ratio 0,1.* 52

Gambar 4.9.5. Grafik Hubungan *Vp/Vs* dan *Poisson's Ratio (Russell, 2000)* 53

Gambar 4.9.6. Gambar Grafik Amplitudo *Horizon Picking* pada Daerah Reservoar Terhadap *Offset* 53

Gambar 4.9.7. Gambar Grafik Amplitudo *Horizon Picking* pada Daerah Reservoar Terhadap *Angle* 54

Gambar 4.9.8. Grafik Hubungan antara *Intercept* dan *Gradient* pada *Inline 2358* dan *Xline 10496* yang Merupakan Daerah Sekitar Data Sumur 55

Gambar 4.9.9. Grafik antara *Rp* dan *Angle of Incident* 56

Gambar 4.9.9(a). Gambar Pemetaan Distribusi Gas di Sekitar Reservoir Lapisan Tipis 57

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Informasi *Header byte* 2

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lapangan ABC pada cekungan Sumatera Selatan telah terbukti memiliki kandungan reservoar yang cukup potensial. Kandungan kerogen berupa gas ditemukan didaerah lapangan ABC, yang sebagian besar ditemukan pada formasi Talang Akar.

Namun hasil akusisi pada lapangan ABC yang memiliki *raw data seismic* yang kualitas *Signal to Noise ratio* yang rendah dan resolusi yang kurang bagus.

Pada lapangan ABC, reservoar berada pada lapisan yang tipis, yaitu dibawah dari 1/4λ (λ = panjang gelombang), yaitu sekitar (9.5-10) m. Dimana, kesulitan ditemui ketika mengidentifikasikan batas awal dan akhir dari lapisan batuan tersebut dan menganalisa sifat fisik dari lapisan batuan yang bersangkutan.

Berdasarkan hal-hal diatas, penulis mencoba melakukan penelitian pada lapangan ABC dengan melakukan *reprocessing* agar bisa menampilkan data tampilan bawah permukaan bumi yang lebih akurat dan relevan dengan data geologi regional yang ada. Dan dilanjutkan dengan analisis AVO pada lapisan tipis tersebut. Dimana, input AVO diharapkan telah memiliki kualitas data seismik yang lebih baik setelah *reprocessing*.

1.2. Perumusan Masalah

Data seismik yang digunakan sebagai input analisis AVO adalah *3D Pre-Stack Migration Gather* yang kualitas *S/N ratio* dan resolusinya masih perlu diperbaiki untuk mendapatkan analisis AVO yang maksimal dan akurat.

Pada data seismik *3D PSTM gather* masih terlihat *noise* yang diakibatkan oleh efek migrasi yang terlalu kuat sehingga menyebabkan reflektor data signal tertutupi oleh koheren *noise*. Pada data seismik juga

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

masih terlihat koreksi statik yang masih kurang maksimal. Hal ini bisa terlihat pada reflektor di *near offset* yang sudah *flat*/lurus ketika diberikan koreksi *NMO*, sementara pada daerah *far offset* reflektor seperti terlihat *under corrected*. Di sisi lain, reflektor waktu/*time* atas sudah *flat*/lurus, sementara reflektor di waktu/*time* di antaranya seperti *under correction*. Hal-hal ini mencirikan koreksi statik yang kurang maksimal pada pengolahan *preconditioning* sebelum proses migrasi.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Meningkatkan kualitas data seismik terutama pada reservoar lapian tipis.
2. Melakukan analisis AVO dengan menggunakan data seismik yang telah ditingkatkan kualitas data seismiknya, dari faktor resolusi dan Signal to Noise ratio.
3. Selanjutnya melakukan pemetaan distribusi reservoar gas pada reservoar lapisan tipis.

1.4. Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini batasan-batasan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Data yang digunakan adalah *3D Pre-Stack Time Migration Gather* (SEG-Y) dengan parameter sebagai berikut:
  - *Record Length* : *6 Seconds*
  - *Sample Rate* : *2ms*
  - *Bin Size* : 25 X 25
  - *Xline range* : 10041-10621
  - *Inline range* : 2180-2419
  - Jumlah *fold* : 25

Informasi header yang didapat adalah:

Informasi Header (*byte*)	**Keterangan**
21 - 24	Nomer CDP
121 - 124	CDP Koordinat X
125 - 128	CDP koordinat Y

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

173 - 176	Nomer Inline
177 - 180	Nomer Xline
161 - 164	Nomer SP (*Shot Point*)
201 - 202	Koreksi Datum CMP

Tabel 1. Informasi *Header Byte*

- Data sumur dengan menggunakan 2 sumur, yaitu: A-79 dan A-81. Adapun data yang tersedia adalah: *Resistivity, Caliper, Neutron Porosity, Densitas, porosity*, *P-Wave* (*Sonic Log*), dan *Gamma Ray*.
- *Software* yang digunakan adalah *LandMark's Promax, Hampson-Russell, Texpad*, dan *Geoplus*.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini secara singkat dijelaskan sebagai berikut. Pada BAB I berisi pendahuluan. Bab ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan tesis ini.

Dalam BAB II berisi tinjauan pustaka yang membahas mengenai teori dasar atas teknik re-processing yang dilakukan, teori dasar tentang analisis AVO dan yang berkaitan dengannya dan geologi regional daerah penelitian. Selanjutnya, pada BAB III merupakan metodologi penelitian, desain penelitian, jenis dan metode pemrosesan data.

Kemudian, pada BAB IV berisi hasil dan pembahasan. Disini penulis menganalisis dan menginterpretasikan hasil penelitian secara komprehensif dari metode yang digunakan. Pada BAB V, penulisan memaparkan kesimpulan dari analisis dan pembahasan penelitian ini.

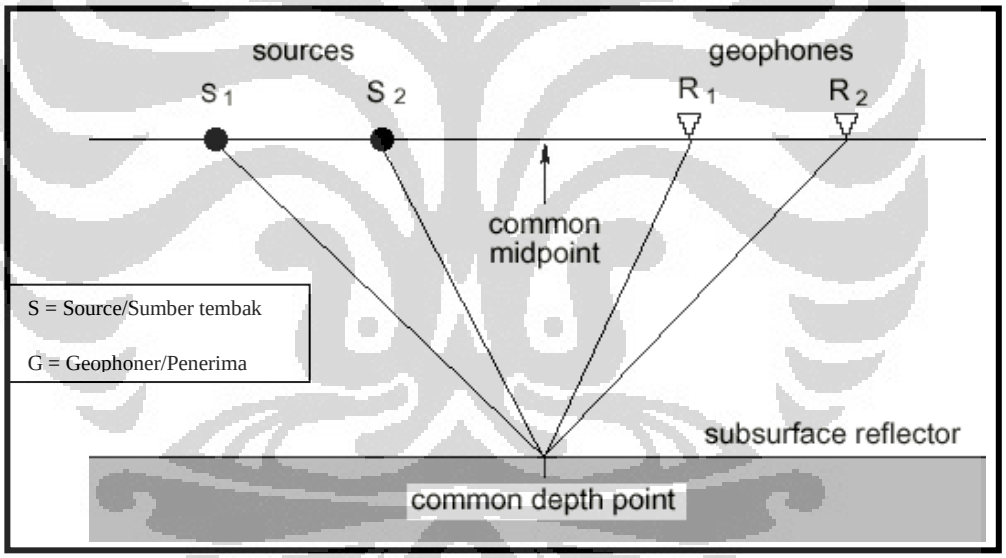
Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

BAB 2
TEORI PENUNJANG

2.1 *CMP (Common MidPoint)* dan *CDP (Common Depth Point)*

Menurut Yilmaz (1987) CMP dan CDP itu identik apabila *depth point* atau titik kedalaman berkumpulnya gelombang pantul dari sumber menuju penerima adalah bidang yang horizontal. Bila dua kondisi diatas tidak terpenuhi, maka definisi CDP dan CMP adalah berbeda. Dan sebaiknya istilah CMP dipakai daripada CDP.

Pengertian CDP sendiri adalah banyaknya titik kumpul gelombang pantul antara sumber dan penerima yang merupakan titik tengah dari jarak antara sumber dan titik tengah. Berikut gambar yang menjelaskan pengertian CDP atau CMP itu sendiri:



Gambar 2.1 Diagram Gambar Tentang Geometri Perekaman dan Jalan Sinar atau *Raypath* Berhubungan dengan Reflektor Datar (Yilmaz, 1987)

2.2 *Velocity* dan Koreksi *NMO (Normal MoveOut)*

Koreksi NMO adalah usaha prosesing yang menggunakan parameter *velocity* atau kecepatan sebagai alat untuk mengkoreksi perbedaan waktu yang dikarenakan oleh *offset* antara sumber gelombang dan penerima gelombang dan mengkoreksi semua trace menjadi *zero offset*, yaitu antara sumber dan penerima pada titik permukaan yang sama (Gadallah, M. A., 1994). Koreksi NMO sendiri

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

dilakukan pada order CDP dan *offset*. Kecepatan yang dipakai adalah kecepatan *RMS (Root Mean Square)* atau bisa disebut juga kecepatan NMO yang merupakan hasil *picking velocity*/kecepatan analisis per lapisan bawah permukaan bumi pada data seismik pada setiap order CDP. Namun, penulis tidak melakukan proses ini dikarenakan data *velocity*/kecepatan yang sudah tersedia.

Definisi dari kecepatan RMS sendiri didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut (Yilmaz, 1987):

$$\boldsymbol{v_{rms}^2} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{t_0}} \sum_{\boldsymbol{i=1}}^{\boldsymbol{N}} \boldsymbol{v_i^2}\, \boldsymbol{\Delta\tau_i} \qquad (2.1)$$

Dengan $\boldsymbol{\Delta\tau_i}$ adalah waktu tempuh dua arah secara vertikal melalui hingga lapisan I dan $\boldsymbol{t_0} = \sum_{\boldsymbol{i=1}}^{\boldsymbol{N}} \boldsymbol{\Delta\tau_i}$.

Software LandMark's Promax menggunakan persamaan berikut untuk koreksi NMO:

$$\boldsymbol{t^2} = \boldsymbol{t_0^2} + \frac{\boldsymbol{x^2}}{\boldsymbol{v_{nmo}^2}} \qquad (2.2)$$

Definisi *interval velocity* atau kecepatan interval adalah kecepatan yang diukur dari perbandingan antara kedalaman suatu bawah permukaan lapisan bumi h terhadap selisih antara waktu tempuh pada permukaan awal $\boldsymbol{t_0}$ hingga waktu tempuh pada batas akhir permukaan $\boldsymbol{t_{akhir}}$

$$\boldsymbol{v_{interval}} = \frac{\boldsymbol{h}}{\boldsymbol{t_{akhir} - t_0}} \qquad (2.3)$$

Manipulasi $\boldsymbol{v_{rms}}$ menjadi *interval velocity* menggunakan modul *velocity manipulation* pada *LandMark's Promax* dan menggunakan persamaan Dix sebagai berikut:

$$\boldsymbol{V_{int}^2} = \frac{(\boldsymbol{V_{rms,1}^2} \cdot \boldsymbol{t1}) - (\boldsymbol{V_{rms,2}^2} \cdot \boldsymbol{t2})}{\boldsymbol{t2 - t1}} \qquad (2.4)$$

2.3 Resolusi pada seismik

Resolusi didefinisikan sebagai ukuran untuk mengetahui seberapa besar suatu objek diperlukan untuk terlihat pada data seismik. Resolusi pada seismik terbagi menjadi 2, yaitu: resolusi vertikal dan horizontal.

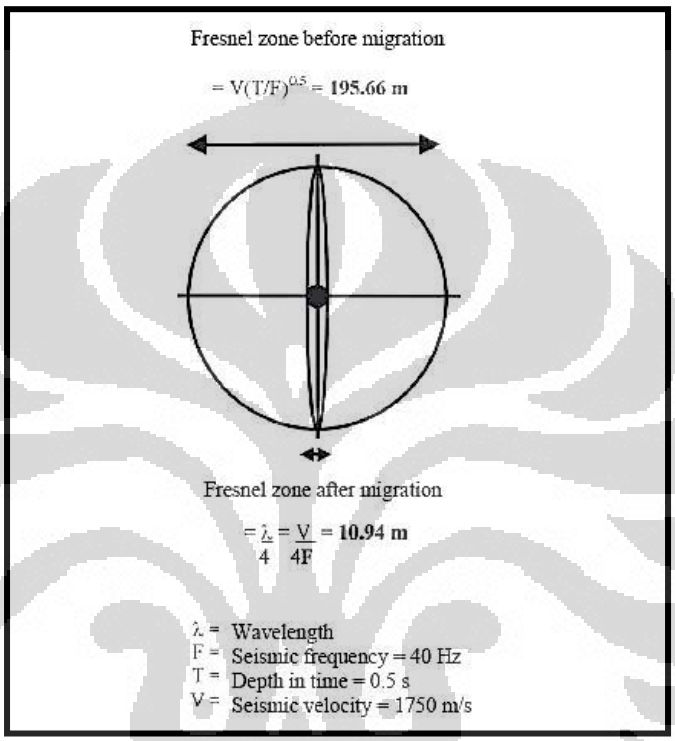
Resolusi vertikal didefinisikan dapat terukur pada $\frac{\boldsymbol{\lambda}}{\boldsymbol{4}}$. Lamdha atau panjang gelombang dapat diukur dengan persamaan sebagai berikut:

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

$$\boldsymbol{\lambda} = \frac{v}{f} \quad \text{(2.5)}$$

yaitu: v adalah kecepatan dalam m/s, f adalah frekuensi dalam Hz dan λ adalah panjang gelombang (Rafaelsen, 2002).

Sementara resolusi horizontal berasal dari zona *Fresnel*, yaitu: bagian dari reflektor yang tertutupi oleh signal seismik pada kedalaman tertentu (Rafaelsen, 2002).



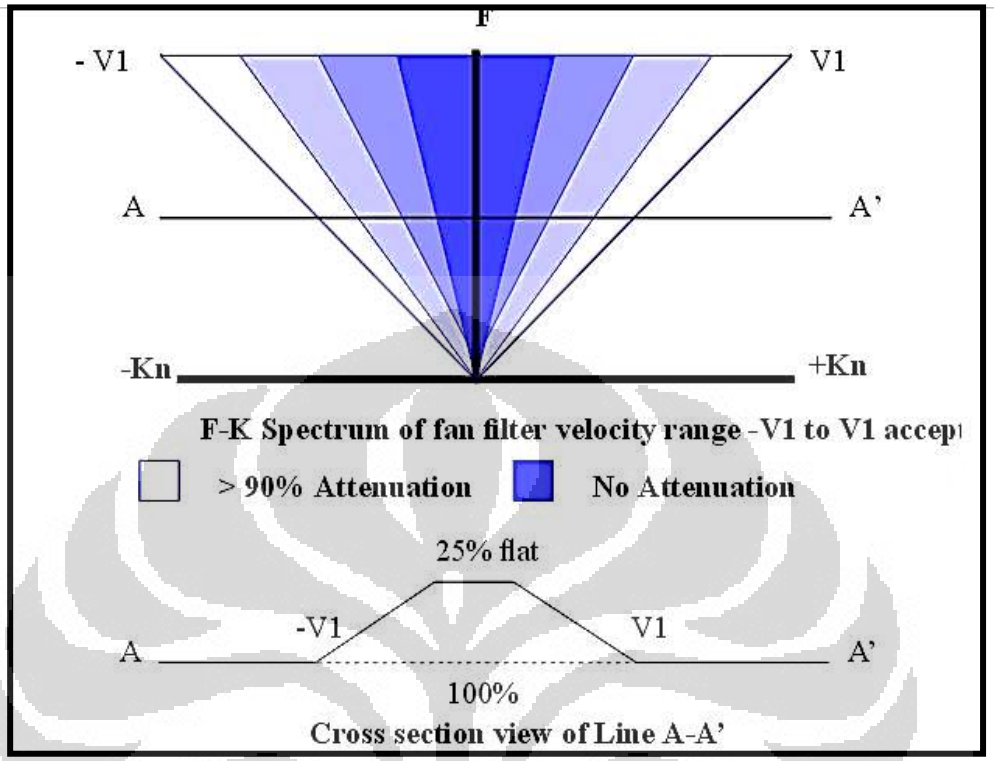
Gambar 2.2 Efek Fokus dari Migrasi pada Seismik 2D dan 3D. Zona Fresnel akan Berkurang Menjadi Elips yang Tegak Lurus pada Lintasan Migrasi 2D dan Menjadi Bola Kecil pada Migrasi 3D (Brown, 1999).

2.4 F-K Filter

Metode F-K Filter adalah metode untuk menghilangkan koheren *noise* dengan cara mengubah data dari domain T-X ke domain F-K dan mendesain filter untuk mengurangi koheren noise pada data.

Parameter yang digunakan untuk mendesain filter adalah *velocity* dan frekuensi.

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.



Gambar 2.3. Skema *F-K Filter* untuk Metode atau Teknik *Fan Filter*

2.5 *Trim Statics*

Proses *Trim Statics* digunakan untuk memperbaiki *move-out* problem pada data *pre-stack time migration*.

Sistem kerjanya adalah menggunakan teknik *cross-correlation* antar *traces* dengan menggunakan referensi *trace*. Hal ini bisa memperbaiki *shifting* yang terjadi pada *traces.*

2.6 *Super Gather*

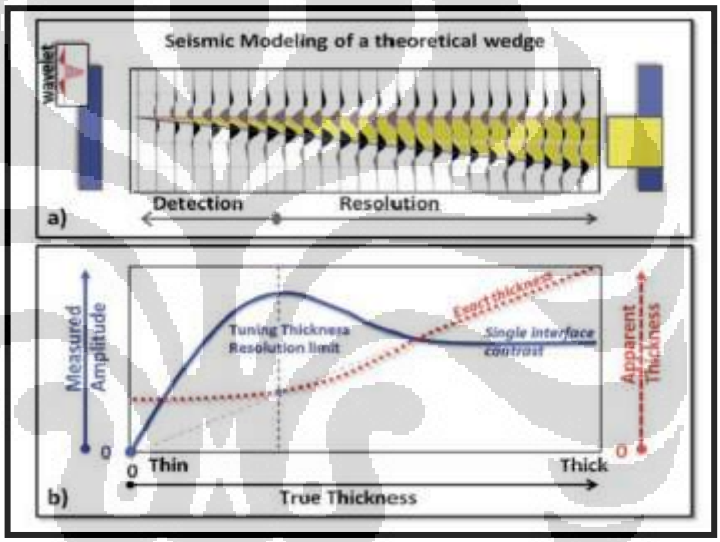
Proses *Super gather* adalah proses untuk memperbaiki *Signal to Noise ratio*.

Sistem kerjanya dengan menggabungkan beberapa *CDP* dan menjumlahkannya. Sehingga setiap *traces* mewakili rentang ofset dan tetap mempertahankan amplitudo disetiap rentang ofset.

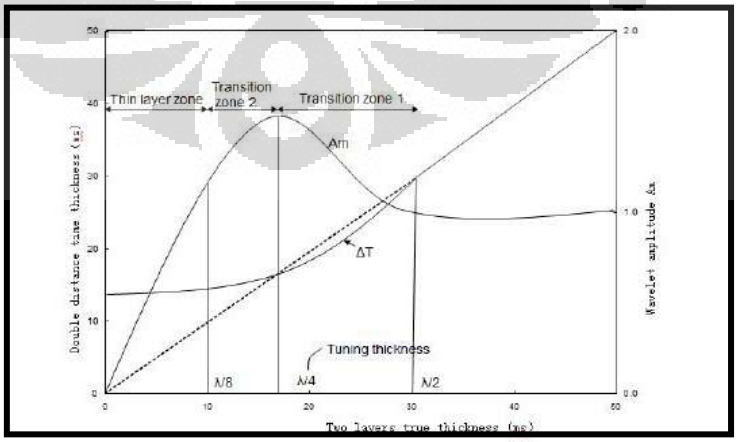
2.7 Teori Lapisan tipis (*Thin Layer Theory*)

Teori Widess (1943) yang mempelajari efek dari ketebalan formasi batuan pada muka gelombang refleksi dengan menggunakan metode *forward modelling*. Hasil dari penelitiannya menemukan amplitudo Am adalah amplitudo maksimum dengan jarak antara *crest* dan *trough* dari gelombang kompleks yang dipantulkan oleh atas dan bawah dari *wedge*, sementara ketebalan waktu (ΔT) atau *apparent thickness* adalah perbedaan waktu antara *crest* dan *trough*.

Berdasarkan teori tersebut, Su Shengfu (1988) membagi kurva ketebalan amplitude pada gambar 2.4 menjadi 3 zona yaitu pada gambar 2.5.



Gambar 2.4 Diagram Skema Resolusi pada Data Seismik (Widess, 1973)



Gambar 2.5 Hubungan antara Amplitudo Refleksi dan Ketebalan Formasi

Terbagi menjadi beberapa zona, yaitu:

- Zona thick layer atau lapisan tebal

  Pada zona ini, ketebalan h sama atau lebih besar dari setengah panjang gelombang dominan (λ), dengan kata lain $h \geq \lambda/2$. Amplitudo Am berhubungan dengan *incident wave amplitude* dan *interface reflection coefficient*, dan berubah secara proporsional dengan koefiesien refleksi, sementara mengubah sedikit dari ketebalan formasi. *Apparent thickness* sama dengan *true thickness* dan titik perpotongan adalah pada garis 45^0.

- *Transition Zones* terbagi 2 bagian, yaitu :

  a. Transition zone 1 ($\lambda/4 \leq h < \lambda/2$)

  Interferensi konstruktif terjadi antara dua gelombang terpantul dari atas dan bawah, dan amplitudo yang berisikan gelombang terpantul meningkat secara gradual dengan menurunnya ketebalan ketika ketebalan lapisan menurun dari λ/2 sampai λ/4. *Apparent thickness* lebih kecil dari *true thickness.*

  Maksimum amplitudo terbentuk ketika ketebalan lapisan sama dengan λ/4. Ketebalan pada titik ini dikenal dengan *tuning thickness* dan *apparent thickness* sama dengan *true thickness*.

  b. Transition zone 2 ($\lambda/8 < h < \lambda/4$)

  Interferensi destruktif akan terjadi antara pantulan 2 gelombang dari atas dan bawah. Dan amplitudo dari pantulan yang berisikan gelombang menurun secara non-linier dengan penurunan ketebalan formasi ketika ketebalan lapisan menurun dari λ/4 menuju λ/8. *Apparent thickness* tetap tidak berubah.

- *Thin Layer zone* (zona Lapisan tipis)

  Zona ini memiliki range $0 \leq h \leq \lambda/8$. *Apparent thickness* ΔT tetap tidak berubah ketika ketebalan

berkurang dari λ/8 menuju nol dan ini adalah batas nilai yang dikenal sebagai *time resolution limit* T_R.

Karakteritik reflektansi diatas adalah teori dasar untuk estimasi kualitatif ketebalan reservoar tipis menggunakan amplitudo.

Widess mengemukakan hubungan antara ketebalan lapisan tipis h dan amplitudo maksimum Am dari *wavelet* dapat diestimasikan dengan formula berikut:

$$\boldsymbol{Am} = \frac{\boldsymbol{4\pi Ah}}{\boldsymbol{\lambda}} \quad \text{..... (2.6)}$$

Dimana, A adalah rata-rata dari amplitudo maksimum dan amplitudo minimum dari *peak* dan *trough* gelombang pantul di lapisan tipis ketika Koefisien Refleksi pada batas atas dan batas bawah sama dengan lapisan tipis. Formula ini menunjukkan bahwa formasi yang sangat tipis mungkin untuk mendeteksi refleksi.

2.8 *AVO Cross-Plotting*

Persamaan Zoeppritz banyak digunakan untuk menjelaskan pemantulan dan transmisi dari gelombang pada bidang dan terpilih untuk membentuk dasar teori dari teknik AVO. Zoeppritz menemukan bahwa Koefisien Refleksi tidak hanya berkolerasi dengan sifat fisik diatas dan bawah bidang batuan tapi juga dengan sudut datang ketika gelombang seismik longitudinal menuju medium elastik yang solid bidang R dengan sudut jatuh/datang α yang tidak 0. Pantulan gelombang longitudinal PR (sudut pantul α_1), transmisi gelombang longitudinal PT (sudut transmisi α_2), pantulan gelombang transversal SR (sudut pantul β_1), dan transmisi gelombang *shear* ST (sudut transmisi β_2) dapat dihasilkan dari 2 sisi sebuah bidang. Berikut persamaan Zoeppritz:

$$\begin{pmatrix} \sin\alpha_1 & \cos\beta_1 & -\sin\alpha_2 & \cos\beta_2 \\ -\cos\alpha_1 & \sin\beta_1 & -\cos\alpha_2 & -\sin\beta_2 \\ \sin 2\alpha_1 & \frac{v_{p1}}{v_{s1}}\cos 2\beta_1 & \frac{\rho_2 v_{p2} v_{s2}^2}{\rho_1 v_{p1} v_{s1}^2}\sin 2\alpha_2 & -\frac{\rho_2 v_{p2} v_{s2}}{\rho_1 v_{s1}^2}\cos 2\beta_2 \\ \cos 2\beta_1 & -\frac{v_{s1}}{v_{p1}}\sin 2\beta_1 & -\frac{\rho_2 v_{p2}}{\rho_1 v_{p1}}\cos 2\beta_2 & -\frac{\rho_2 v_{s2}}{\rho_1 v_{p1}}\sin 2\beta_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_{pp} \\ R_{ps} \\ T_{pp} \\ T_{ps} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin\alpha_1 \\ -\cos\alpha_1 \\ \sin 2\alpha_1 \\ -\cos 2\beta_1 \end{pmatrix} \quad \text{..... (2.7)}$$

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

Berdasarkan gambar 2.5 tentang diagram gelombang seismik refleksi dan gelombang transmisi, pada tahun 1985, Shuey menganalisa efek dari *Poissons's ratio* pada Koefisien Refleksi berdasarkan penelitian sebelumnya dan menyederhanakan persamaan Zoeppritz menjadi:

$$R(\alpha) \approx R_0 + \left[A_0 B_0 + \frac{\Delta\sigma}{(1-\sigma)^2} \right] \sin^2\alpha + \frac{1}{2}\frac{\Delta v_P}{v_P}\left(\tan^2\alpha - \sin^2\alpha\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.8)$$

Persamaan diatas bisa disederhanakan menjadi:

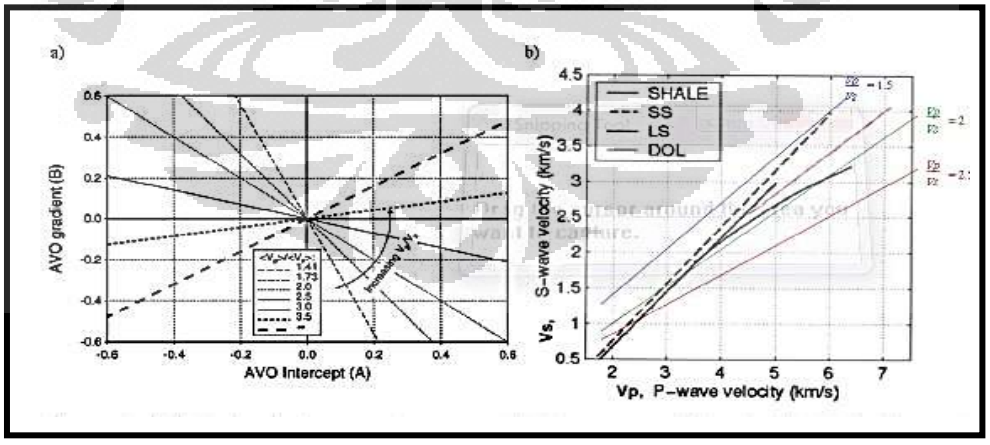
$$R_{pp}(\alpha) = A + B\sin^2\alpha + C\left(\tan^2\alpha - \sin^2\alpha\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.9)$$

Untuk sudut α lebih kecil dari 30^0, harga ($\tan^2\alpha - \sin^2\alpha$) sama dengan 0. Sehingga persamaaan bisa dituliskan sebagai berikut:

$$R_{pp}(\alpha) = A + B\sin^2\alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.9.1)$$

Dimana, R_{pp} (α) Koefisien Refleksi dari gelombang P, A dan B disebut *intercept P* dan *gradient G* dapat diperoleh setelah menyamakan garis lurus pada system koordinat.

AVO crossplotting pertama kali ditemukan oleh Castagna dan Swan (1997). Skema klasifikasi AVO dipresentasikan oleh Castagna dan Swan, yang dikembangkan dari hasil kerja Rutherford dan Williams (1989). Castagna dan Swan juga meneliti perilaku dari trend konstan V_p/V_s.



Gambar 2.6. Contoh *Cross Plotting* antara Atribut-Atribut AVO, yaitu: a) *Cross Plotting* antara *Gradient* dan *Intercept* dan b) *Cross Plotting* antara *P-Wave* dan *S-Wave*

Hubungan V_p dan V_s bisa didapat dari persamaan *Castagna*, yaitu:

$$V_p = V_s + \mathrm{C} \quad \text{(2.9.2)}$$

Dimana m dan c adalah koefisien empirik. Bila v_p/v_s konstan, maka c bisa hilang, sehingga persamaan diatas bisa ditulis:

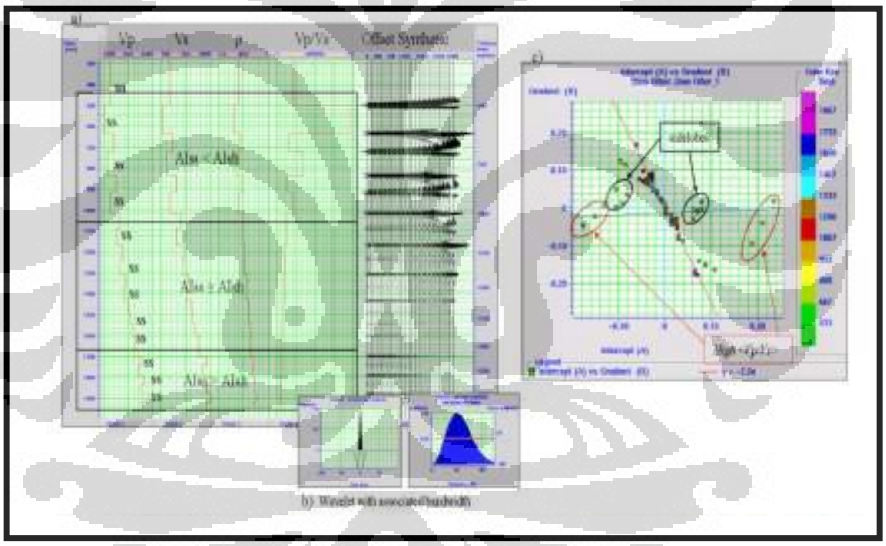
$$m = V_P/V_S = \langle V_P \rangle / \langle V_S \rangle = \Delta V_P / \Delta V_S. \quad \text{(2.9.3)}$$

Persamaan Gardner juga mendukung pengerjaan analisis AVO. Dimana, Gardner (1974) mengemukakan hubungan densitas dan velocity/ kecepatan pada batuan sedimen sebagai berikut:

$$\frac{\Delta\rho}{\langle\rho\rangle} \sim g\frac{\Delta V_P}{\langle V_P \rangle}. \quad \text{(2.9.4)}$$

Dimana g adalah faktor konstan sama dengan ¼ untuk batuan sedimen.

Berikut contoh gambar model AVO dibawah ini:



Gambar 2.7 Contoh Model AVO.

Adapun yang merupakan atribut-atribut dari AVO adalah:

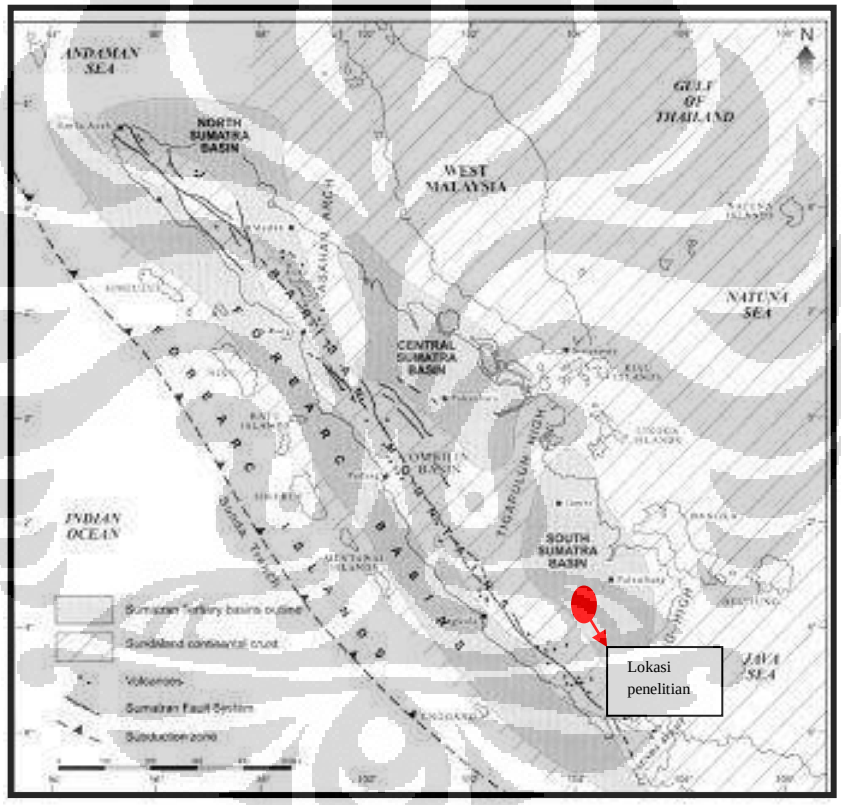
- Intercept (A)
- Gradien (B)
- Perkalian A*B
- Reflektivitas P (Rp) dn Reflektivitas S (Rs)
- *Angle gather*

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

2.9 Geologi Regional

2.9.1 Tektonik Regional

Daerah penelitian termasuk ke dalam Cekungan Sumatera Selatan. Cekungan Sumatera Selatan merupakan cekungan belakang busur berumur *Tersier* yang terbentuk sebagai akibat adanya interaksi antara paparan Sunda (sebagai bagian dari lempeng kontinen Asia) dan Lempeng Samudera Hindia. Batas-batas cekungan ini adalah Paparan Sunda disebelah timur, Bukit barisan disebelah barat, Tinggian Lampung di sebelah selatan, dan Pegunungan Tiga Puluh di sebelah utara (Koesoemadinata, dkk.,1976).



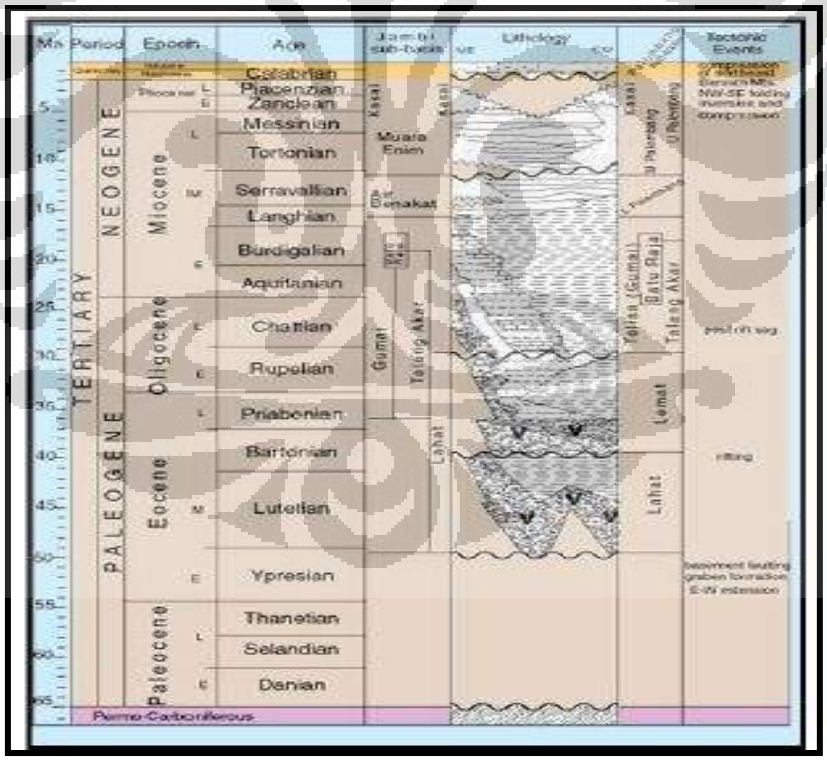
Gambar 2.8 Geografi Cekungan Sumatera Selatan

2.9.2 Stratigrafi Regional

Sedimentasi di Cekungan Sumatera Selatan terbagi atas dari seri transgresi dan regresi (Jakson, 1961 op. cit. Koesoemadinata, dkk., 1976). Penjelasannya sebagai berikut:

1. Fase Transgresi, ditandai dengan pengendapan kelompok Telisa secara tidak selaras diatas batuan dasar berumur Pra *tersier*. Selama pengendapan yang terjadi pada fase transgresi, penurunan dasar cekungan lebih cepat daripada proses sedimentasi, sehingga terbentuk urutan fasies *non marine*, transisi, laut dangkal, dan laut dalam (Pulunggono, 1969; De Coster, 1974; Koesoemadinata, dkk., 1976).
2. Fase Regresi, ditandai dengan pengendapan kelompok Palembang. Pada fase ini, pengendapan lebih cepat daripada penurunan dasar cekungan, sehingga terbentuk urutan yang berkebalikan dengan fase transgresi, yaitu fasies laut dangkal, transisi, dan *non marine* (Pulunggono, 1969; De Coster, 1974; Koesoemadinata, dkk., 1976).

Urutan stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan dari tua ke muda adalah batuan dasar, formasi Lahat, formasi talang akar, formasi Baturaja, formasi Gumai, formasi formasi Air Benakat, formasi Muara enim, formasi Kasai, dan endapan Kuarter (Bishop, 2000)



Gambar 2.9.1 Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan Terdiri dari Fase Transgresi dan Fase Regresi dan Dipengaruhi oleh 3 *Orogenesia* Utama (*Bishop, 2000*)

Berikut penjelasan formasi-formasi yang terdapat pada Cekungan Sumatera Selatan:

1. Batuan Dasar

Batuan dasar yang tersingkap di pegunungan Gumai terdiri dari dua unit batuan yang hubungan satu dengan yang lainnya tidak jelas. Kedua unit tersebut adalah formasi Saling dan formasi Lingsing. Formasi Saling terdiri dari Breksi vulkanik berlapis buruk, tuf, dan lava basaltik-andesitik, mempunyai sisipan batu gamping dengan fosil berumur Mesozoikum (Pulunggono, 1976). Formasi Lingsing terdiri dari serpih dan sabak abu-abu hitam dengan sisipan batuan andesitic-basaltik, rijang, dan batu gamping Orbitulina berumur kapur awal. Kedua formasi tersebut diterobos oleh intrusi granodiorit berumur Kapur akhir atau tersier awal (Pulunggono, 1976).

2. Formasi Lahat

Formasi lahat diendapkan secara tidak selaras diatas batuan dasar, merupakan lapisan tebal (mencapai 3350 m) yang terdiri dari breksi vulkanik andesitik, tuf, endapan lahar, dan aliran lava, di bagian tengah terdapat batu pasir kuarsa. Formasi ini terdiri dari 3 anggota, yaitu (Pulunggono, 1976):

- Anggota tuf kikim Bawah, terdiri dari tuf andesitic, breksi, dan lapisan lava. Ketebalan anggota ini bervariasi, antara 0 – 800 m
- Anggota batu pasir Kuarsa, diendapkan secara secara selaras diatas anggota pertama. Terdiri dari konglomerat dan batu pasir berstruktur crossbedding. Butiran didominasi oleh kuarsa.
- Anggota Tuf Kikim Atas, diendapkan secara selaras dan bergradasi diatas anggota batu pasir Kuarsa, terdiri dari tuf dan batu lempung tufan berselingan dengan endapan mirip lahar.

3. Talang Akar

Formasi Talang Akar diendapkan secara selaras diatas formasi Lahat (Pulunggono, 1976), berumur Oligosen Akhir hingga Miosen Awal. Bagian bawah formasi ini terdiri dari batu pasir, serpih, batu lempung, batu lanau, dan

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

sisipan batubara. Bagian atasnya berupa perselingan antara batupasir dan serpih. Ketebalan formasi ini mencapai 400-850 meter. Formasi Talang Akar diendapkan pada lingkungan laut dangkal hingga fluvial (pulunggono, 1976).

4. Fomasi Baturaja

Formasi ini diendapkan secara selaras diatas formasi Talang Akar dengan ketebalan antara 200-250 meter. Litologi terdiri atas batu gamping, batu gamping pasiran, serpihan, serih gampingan dan napal kaya foraminifera, moluska dan koral. Formasi ini diendapkan pada lingkungan litoral-neritik dan berumur Miosen Awal (Pulunggono, 1976).

5. Formasi Gumai

Menandai terjadi transgresi maksimum di Cekungan Sumatera Selatan. Diendapkan secara selaras diatas formasi Baturaja pada lingkungan laut dalam. Ketebalan formasi ini secara umum tidak kurang dari 1500 meter, terdiri dari batu pasir gampingan dan sisipan batu gamping, serpih gampingan kaya foraminifera, napal, dan batu lanau pada bagian bawahnya. Dibagian atasnya berupa perselingan antara batu pasir dan serpih. Formasi umai berumur Miosen awal-Miosen tengah (Pulunggono, 1976).

6. Formasi Air Benakat

Diendapkan secara selaras diatas formasi Gumai dan karakter litologinya mencirikan awal terjadinya fase regresi di Cekungan Sumatera Selatan. Ketebalan formasi Air Benakat bervariasi antara 100-1300 meter dan berumur Miosen tengah-Miosen akhir, lingkungan pengendapannya adalah laut dangkal (Pulunggono, 1976). Formasi ini terdiri atas perselingan batu lempung dengan batu pasir dan sisipan batu lanau. Batu lempung berwarna abu-abu sampai coklat dan abu-abu kebiruan, berlapis baik dengan tebal lapisan berkisar antara 15-40cm, umumnya gampingan dan karbonan. Batu pasir berwarna abu-abu kehijauan sampai hijau tua, kompak, berlapis baik dengan tebal lapisan 10-30cm, berbutir halus sampai sedang, mengandung glaukoir dan sisa tumbuhan terutama pada bidang perlapisan. Konglomerat terdapat pada puncak formasi secara local, berwarna abu-abu tua, disusun oleh komponen berukuran 2-25mm. Komponennya terdiri dari batu pasir, batuan beku dan cangkang moluska. Tebal lapisan

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

konglomerat sampai 1,5m. Formasi diendapkan di lingkungan laut dangkal dan diendapkan selaras diatas formasi Gumai (Pulunggono, 1976).

7. Formasi Muara Enim

Formasi ini diendapkan secara selaras diatas formasi Air Benakat pada lingkungan laut dangkal, paludal, dataran delta dan non marine. Bagian atas dan bawah dicirikan oleh munculnya lapian batu bara yang menerus secara lateral. Litologi terdiri dari batu pasir, batu lanau, batu lempung berfosil berwarna kuning kelabu dengan sisipan batu bara mengandung oksida besi berupa kongkresi dan lapisan tipis. Batu asir pada formasi ini mengandung glaukonit dan debris volkanik (Pulunggono, 1976). Ketebalan formasi ini mencapai 500-1000 meter dengan memiliki umur pada waktu Miosen akhir – Pliosen awal (Pulungggono, 1976).

8. Formasi Kasai

Formasi ini diendapkan ecara tidak selaras diatas formasi Muara Enim, berumur Pliosen akhir-Plistosen. Formasi ini memiliki ketebalan 850-1200 meter, terdiri dari batu pasir tufan dan tefra riolitik di bagian bawah. Bagian atas terdiri dari *tuf pumice* kaya kuarsa, batu pasir, dan konglomerat, banyak dijumpai sisa tumbuhan dan apisan tipis lignit dan kayu tersilisifikasi (Pulunggono, 1976). Litologi formasi Kasai merupakan hasil erosi dan formasi yang lebih tua. Sebagian besar merupakan endapan *synorogenic*, terbentuk terutama di bagian sinklin. Formmasi Kasai diendapkan pada lingkungan *fluvial* dan *alluvial fan* (Puunggono, 1976).

9. Endapan Kuarter

Litologi termuda tidak dipengaruhi oleh orogenesa Plio-Plistosen digolongkan dalam sedimen Kuarter. Golongan ini diendapkan secara tidak selaras di atas formasi yang lebih tua, dicirikan oleh kehadiran batuan vulkanik andeitik-basaltik berwarna gelap (Pulunggono, 1976).

2.9.3. Struktur Geologi Regional

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

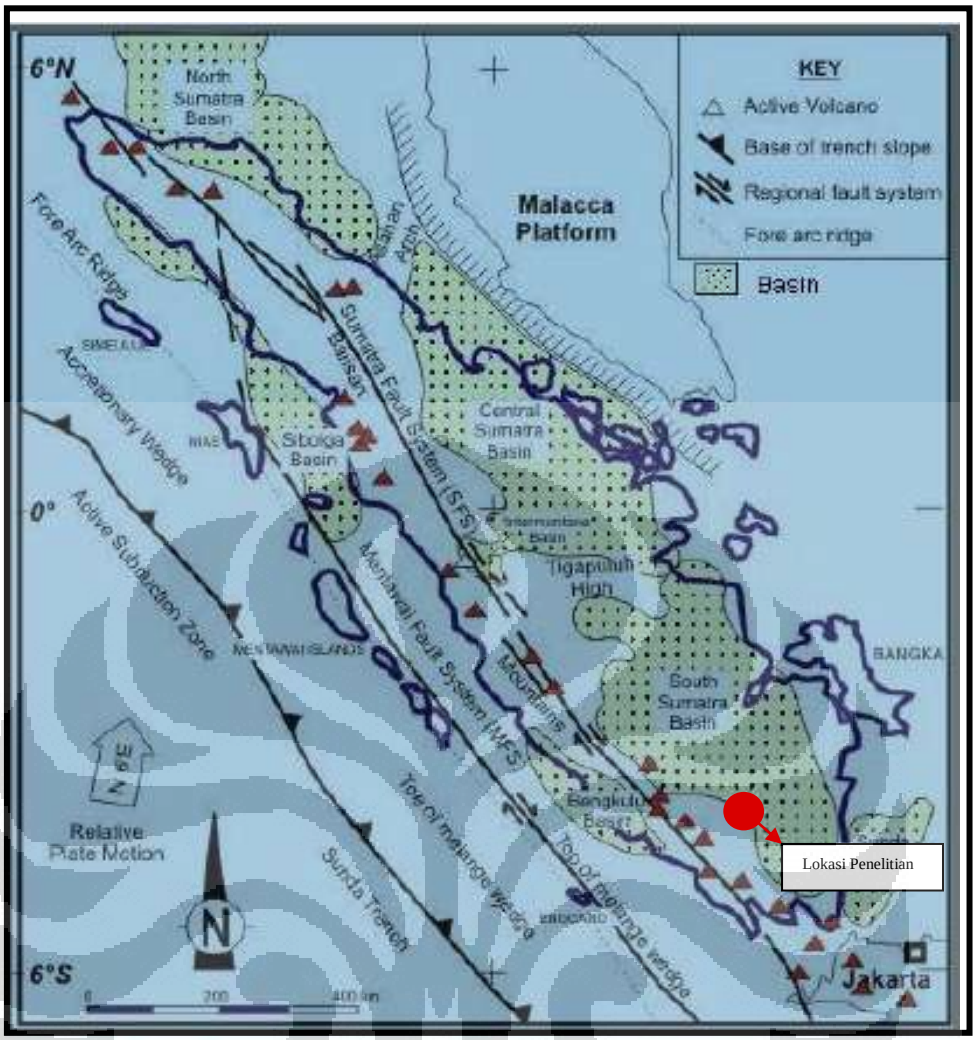
Struktur geologi Cekungan Sumatera Selatan tidak dapat dari tatanan tektonik regional pulau Sumaterea dengan unsur utama subduksi oblique lempeng Indo-Australia terhadap kontinen Sunda dengan kecepatan 6-7 cm tahun.

Secara umum, Sumatera dapat dibagi menjadi 5 bagian, yaitu:

- Busur Luar Sunda, berupa busur non-volkanik yang terletak di luar pantai barat pulau Sumatera, yaitu sepanjang pulau Singkil, Nias, kepulauan Mentawai, dan enggano, menerus ke selatan pulau Jawa. Busur ini memisahkan cekungan depan busur dengan palung tempat menunjamnya lempeng Indo-Australia ke kontinen Sunda.
- Cekungan depan Busur, terletak di antara busur luar non-volkanik dan busur volkanik Sumatera.
- Cekungan Belakang Busur, termasuk Cekungan Sumatera Selatan dan Cekungan Sumatera Tengah. Cekungan – cekungan ini terbentuk oleh depresi batuan dasar di kaki pegunungan Barisan.
- Jalur pegunungan Barisan, dan memanjang arah barat laut-tenggara, sejajar dengan pulau Sumatera.
- Cekungan *intermontane*, atau *intra-arc basin*.

Cekungan Sumatera Selatan terbentuk pada masa Pra-Tersier akhir melalui proses ekstensi berarah barat-timur (Daly et. Al., 1987 op. cit. Darman dan Sidi, 2000). Aktivitas orogenesa selanjutnya berlangsung hingga Eosen membentuk 4 sub-cekungan dalam cekungan ini, berupa konfigurasi *half graben, horst* dan *fault block*.

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

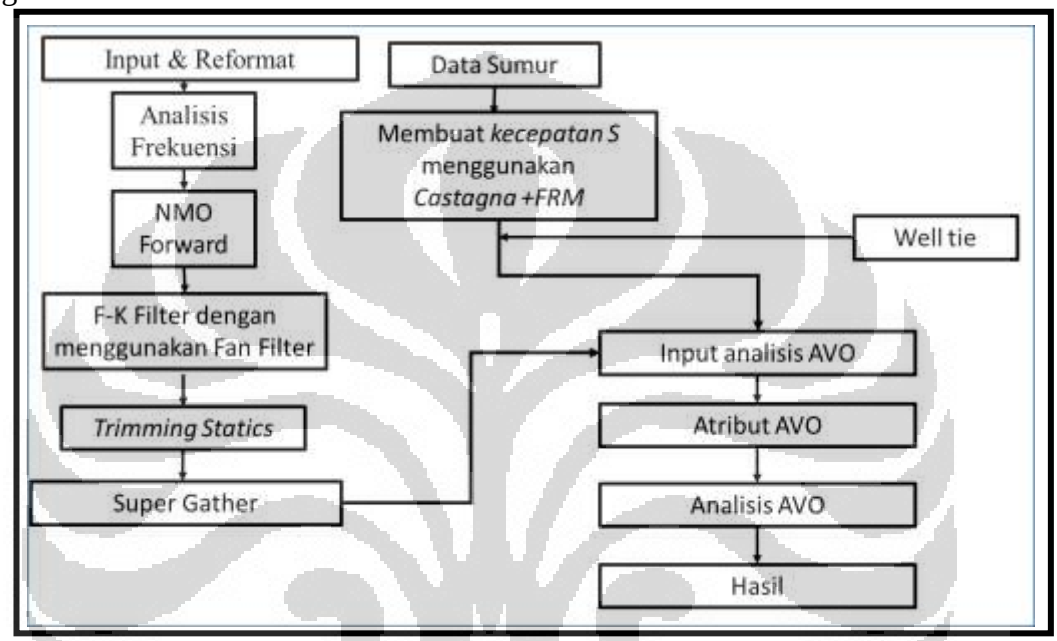


Gambar 2.9.2 Tatanan Tektonik Pulau Sumatera

BAB 3
METODE DAN PENGOLAHAN PENELITIAN

3.1 Kerangka Kerja Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti kerangka alur kerja seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Alur Kerangka Kerja Penelitian

3.2 Persiapan data seismik dan reformat

Data seismik yang digunakan merupakan data 3D PSTM (*Pre-Stack Time Migration*) *gather* dengan format SEG-Y.

Pengecekan informasi header *byte* dilakukan terlebih dahulu untuk memastikan bahwa data bisa dibaca dan menghindari kesalahan pada reformat. Pengecekan menggunakan perangkat lunak *Seisee* dan *LandMark's Promax*.

Setelah menyakini informasi *header byte* pada data seismik cocok dengan informasi yang ada maka reformat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *LandMark's Promax*.

Data sumur yang dimiliki adalah: A-79 dan A-81. Log pada data sumur itu meliputi: log Gamma Ray, log Caliper, log SP, log densitas, log sonic (*P-wave*),

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

log resistivitas, data *checkshot* yang berasal dari data VSP. Disamping itu ada data pendukung lainnya, seperti: koordinat sumur.

Pengecekan atau *QC* (*Quality Control*) pada log dari tiap sumur dilakukan. Dari data yang ada, diketahui pada log A-79 dan A-81 memiliki kandungan reservoar gas pada kedalaman masing-masing, yaitu: 2222,5m sampai dengan 2232m pada sumur A-79 dan 2173m sampai dengan 2188m pada sumur A-81.

3.3 *Preconditioning*

Preconditioning pada penelitian ini meliputi proses-proses pengolahan data sebagai berikut dibawah ini:

3.3.1 Koreksi *Forward* NMO (*Normal Moveout*)

Data kecepatan *TWT (Two Way Time)* berupa kecepatan *RMS (Root Mean Square)* telah dimiliki oleh penulis. Format data kecepatan adalah berupa *ASCII*.

Data seismik 3D gather dikenai koreksi *NMO* menggunakan data kecepatan tersebut diatas. Aplikasi koreksi *NMO* pada perangkat lunak *LandMark's Promax* menggunakan rumus sebagai berikut:

$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2}{v^2}$ (Yilmaz, 1987) ..... (3.1)

Dimana, t adalah aktual waktu refleksi dari seismik akibat efek NMO, t_0 adalah waktu refleksi *zero offset* dari seismik, x adalah jarak (*offset*) antara posisi sumber dan penerima, dan v adalah kecepatan *stack* pada reflektor tertentu.

Koreksi NMO dilakukan pada perangkat lunak *LandMark's Promax*. Kecepatan yang dipakai adalah kecepatan *RMS* yang telah disediakan oleh pak Humbang, selaku penyedia data penelitian dari pihak LEMIGAS.

3.3.2 *F-K Filter*

Setelah data seismik *3D gather* telah dikenai koreksi *NMO*, proses *preconditioning* dilanjutkan dengan proses *F-K filter*.

Modul *F-K filter* ini ada di perangkat lunak *LandMark's Promax*.

Pemakaian *F-K filter* dilakukan untuk menghilangkan efek *'swing'* dari proses migrasi. Proses F-K Filter ini dilakukan dalam sorting pertama *CDP* dan sorting

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

kedua *offset*.Jenis *F-K filter* yang digunakan adalah *Fan Filter*. Parameter yang dipakai pada *Fan Filter* ini adalah:

- *Type of F-K Filter : Fan Filter*
- *Units of pie slice parameterization : Velocity*
- *Distance between input traces : 319313*
- *Test the filter impulse response : No*
- *Percent flat for time ramping : 90*
- *Percent flat for offset ramping : 90*
- *Mode of F-K filter operation : Accept*
- *Percent flat for F-K filter windowing : 50*
- *Time Length of F-K Filter (ms) : 50*
- *Spatial extent of F-K Filter (traces) : 50*
- *Re-apply T-X trace mute after filter : yes*
- *Fan Filter parameters : -1000, 5000, 6, 100*
- *Wrap fan in K-space past Nyquist : yes*
- *Percent K-space restricted for fan : 0*

3.3.3 *Trimming Statics*

Setelah dilakukan proses koreksi *Inverse NMO*, proses *preconditioning* dilanjutkan dengan proses *trimming statics*.

Proses *trimming statics* ini dilakukan pada perangkat lunak *Hampson Russell (HRS)*.

Pada dasarnya modul *Trim Statics* ini, bekerja dengan memberikan optimum *shifting* pada setiap traces di input *gather*. *Shifting* ini dilakukan dengan *cross* korelasi pada tiap *traces* dengan *trace* yang menjadi referensi. Dan biasanya pada *trac*e di *CDP stack.*

Parameter *trim statics* yang dipakai adalah:

- *Correlation Start time : at a constant time 1523ms*
- *Window Length (ms) : 12*
- *Maximum Time Shift (ms) : 10*
- *Number of Corr. Windows : 2*

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

- *Correlation Window Step (ms)* : *100*

3.3.4 *Super Gathers*

Proses *Super Gather* dilakukan setelah proses *trimming statics*.

Penggunaan *Super Gather* digunakan untuk menaikkan *Signal to Noise ratio* dari data seismik *gather*.

Pada dasarnya sistem kerja proses *Super Gather* ini adalah melakukan proses pengelompokan *offset* dalam beberapa inline dan crossline. Setelah itu proses *offset stacking* dilakukan.

3.4 Prediksi Pembuatan data log *S-Wave*

Data log *S-wave* tidak dimiliki oleh penulis untuk penelitian analisis AVO ini. Sehingga prediksi pembuatan data log *S-wave* pun dilakukan dengan menggunakan persamaan *Castagna* pada perangkat lunak *HRS*.

Adapun persamaan *Castagna* yang dipakai mengacu pada hubungan *P-wave* dan *S-wave* sebagai berikut:

$V_p = 1,16V_s + 1,36$ (*Castagna et.al, 1985*)…….. (3.3)

Dimana, kecepatan dalam km/s.

3.5 Korelasi Data Seismik dan Data Sumur (*Seismic Well Tie*)

Proses diatas adalah usaha membandingkan dan mengkorelasikan antara data sumur dengan data seismik yang kita punya.

Sistem kerja proses ini adalah dengan mengkorelasikan antara *event* pada data sintetik dengan data seismik. Data sintetik sendiri dihasilkan dari ekstrak *wavelet* dengan metode statistikal pada data *stack* dengan mendefinisikan rentang waktu daerah reservoar yang kita analisis. Kemudian dengan bantuan data *checkshot* dan *bulk shifting*/*stretching* pada modul HRS, korelasi pun dilakukan antara data sintetik dan data seismik.

3.6 Analisis *AVO (Amplitude Variation versus Offset)*

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

Setelah semua tahapan diatas, tahapan paling penting, yaitu: analisis *AVO* bisa dilakukan. Analisis *AVO* dengan menggunakan metode *Cross plotting* pada atribut-atribut dari *AVO*. Atribut-atribut itu adalah:

1. *Gradient (A)*
2. *Intercept (B)*
3. *Angle Gather*
4. *Angle Stack, yang terdiri dari: Near stack, Mid stack dan far stack*
5. Perkalian A*B
6. Reflektifitas Rp dan Reflektifitas Rs

Dilakukan juga analisis data-data log dan harga *Poisson's ratio* untuk analisis litologi dari reservoar dilapisan tipis itu sendiri dan sifat fisik batuan yang disesuaikan dengan data geologi diaerah cekungan Sumatera Selatan.

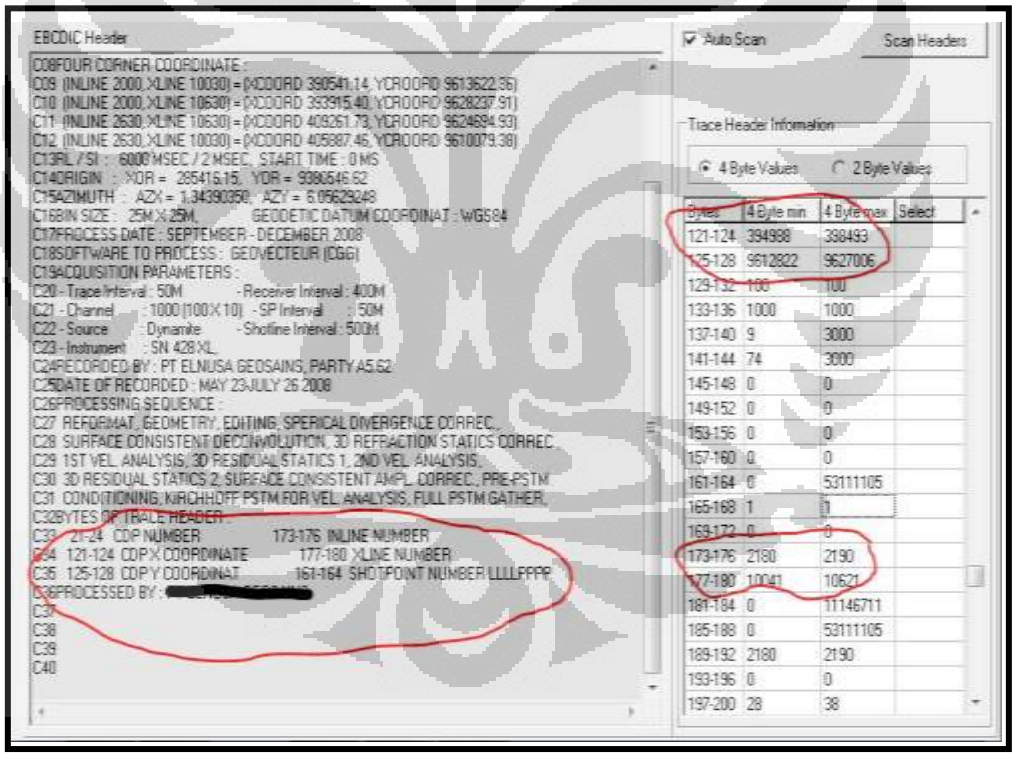
Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

BAB 4
PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Persiapan Data Seismik dan Reformat

Data seismik yang dimiliki adalah 3D PSTM (Pre-Stack Time Migration) gather. Format yang dimiliki adalah: SEG-Y. Rentang *Inline*: 2180-2419, *Crossline*: 10041-10621, jumlah *fold*: 25, dan *bin size*: (25X25) m. Informasi mengenai informasi *header byte* tercantum pada tabel 3.1.

Persiapan data seismik dimulai dengan melakukan pengecekan terhadap informasi header byte yang dimiliki. Pengecekan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Geoplus*. Seperti yang terlihat dibawah ini.



Gambar 4.1. Tampilan Pengecekan Data Seismik Menggunakan Perangkat Lunak *Geoplus*

Lingkaran merah menunjukkan informasi pada header informasi dengan *text header* memiliki kesamaan. Sehingga bisa dipastikan bahwa informasi *header* pada data seismik sudah benar.

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

Pada penelitian ini masih terdapat kekurangan informasi koordinat *source* dan *Receiver* yang sangat diperlukan dalam pembuatan kembali geometri. Informasi geometri dari data SPS pun tidak dimiliki.

Reformat pun dilakukan setelah melakukan pengecekan data seismik. Tujuan dari reformat adalah untuk menyesuaikan format dari data seismik yang dimiliki, yaitu: SEG-Y dengan data format perangkat lunak yang digunakan. Sehingga, proses pengolahan seismik, yaitu: *preconditioning* dapat dilakukan pada perangkat lunak *LandMark's Promax*.

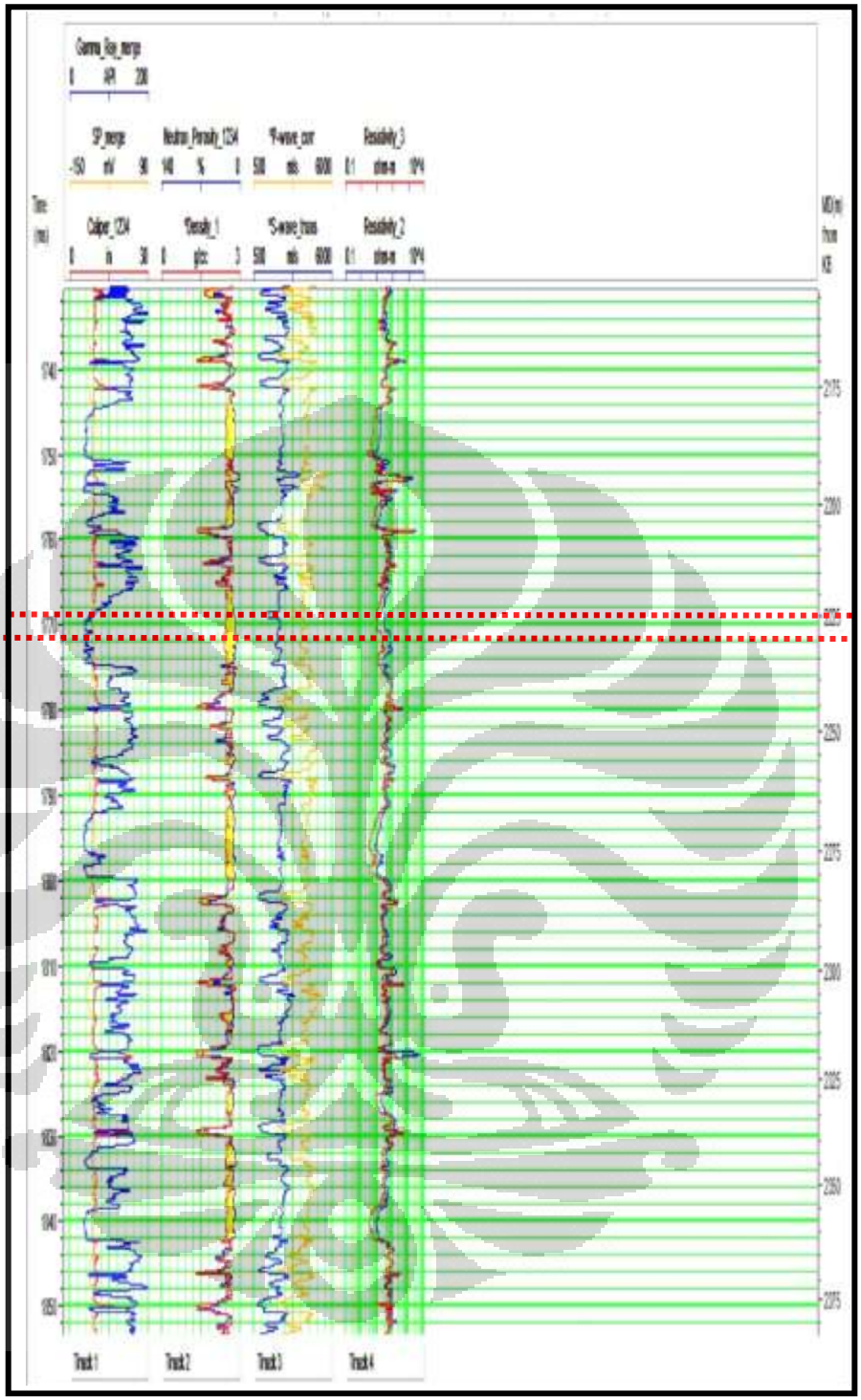
Pengecekan pun dilakukan kembali setelah proses reformat pada *LandMark's Promax*. Hal ini dilakukan dengan melakukan *listing header* dan membandingkan *header* yang tertulis pada tabel 1.1.

Persiapan pada data sumur pun dilakukan dengan mengimpor data *.las pada perangkat lunak *Hampson Russel (HRS)*. Letak setiap log pun diatur sehingga mudah dalam pembacaan atau interpretasi litologi pada data sumur. Seperti contoh, yaitu:

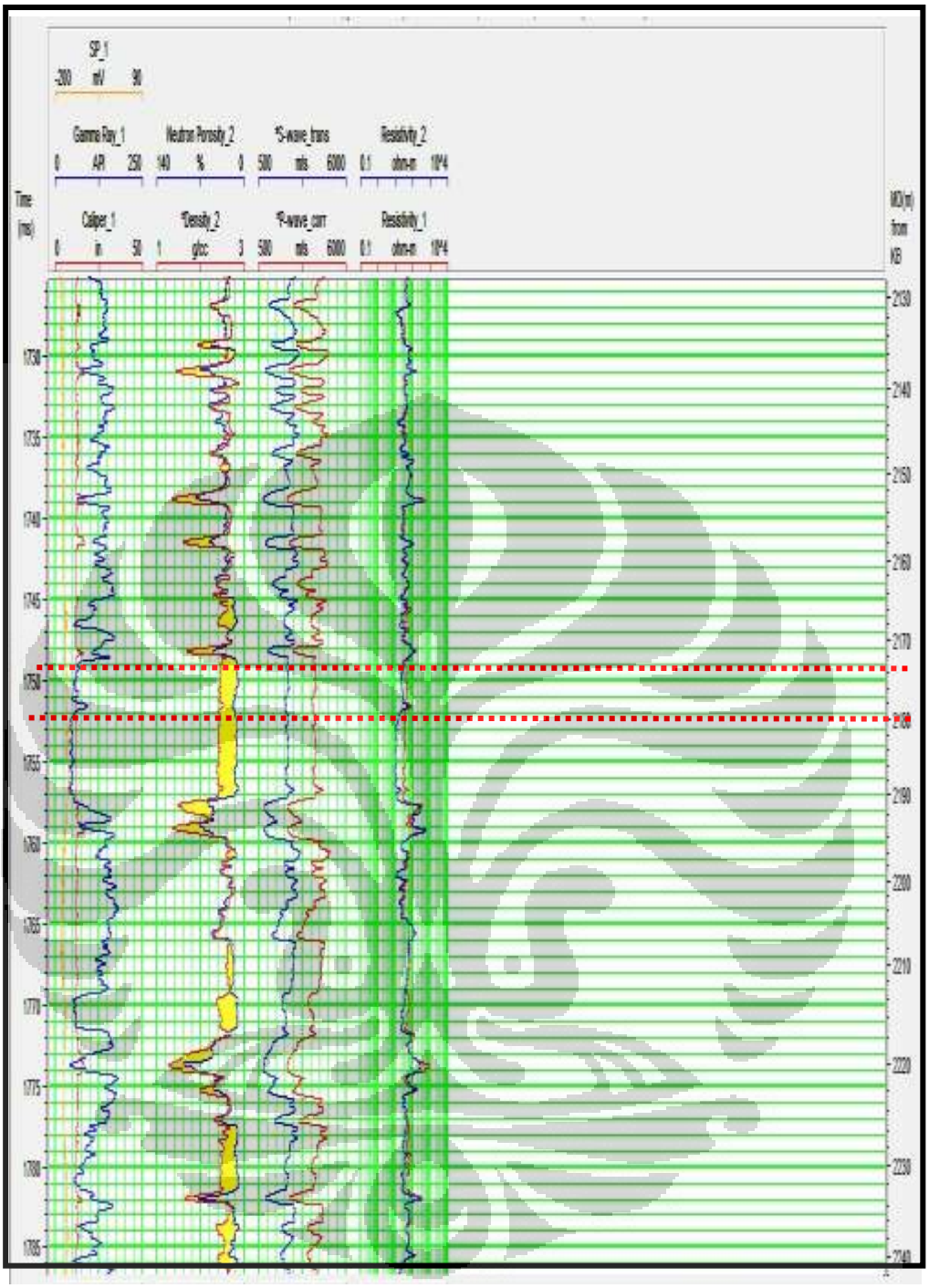
- Kolom 1 terdiri dari: log *Gamma Ray, SP* dan *Caliper*.
- Kolom 2, yaitu: log *Density* dan *Neutron Porosity*. Posisi satuan log *Density* dan log *Neutron porosity* diatur untuk bersebrangan. Sehingga bila ada anomali gas terlihat dengan kurva warna kuning pada kolom 2.
- Kolom ketiga, yaitu: *P-wave, S-wave (*Setelah melakukan kalkulasi *S-wave*)
- Kolom keempat, yaitu: *Resistivity* untuk *shallow* dan *deep*.
- Kolom kelima, yaitu: *P-Wave corr* (Bila telah dilakukan korelasi data seismik dan data data sumur)
- Kolom keenam, yaitu: P-wave chk (Bila telah dilakukan koreksi *check shot*)

  Kolom kelima dan kolom keenam bisa diatur terbalik. Disesuaikan dengan keinginan.

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.



Gambar 4.2.1. Tabel log A-79. Kurva Kuning pada Kolom 2 Menandakan Indikator Gas.



Gambar 4.2.2. Tabel Log A-81. Kurva Kuning pada Kolom 2 Menandakan Indikator Gas.

Data sumur yang dimiliki adalah A-79 dan A-81. Keduanya memiliki kesamaan *layer* atau lapisan, yaitu: *layer AS*. Diperkirakan *layer AS* ini adalah lapisan tipis pada reservoar yang berindikasikan gas. Hal ini ditunjukkan dengan

garis merah putus-putus pada gambar. Ketebalan pada A-79, yaitu: 2222,5m hingga 2232m (9,5m). Sedangkan pada A-81, yaitu: 2173m hingga 2183m (10m).

Dikatakan lapisan tipis karena ketebalannya kurang dari 1/4λ. Kondisi 1/4λ merupakan kondisi *tunning thickness*, yang artinya kondisi ketika kondisi setengah putaran dari wavelet dan maksimum amplitudo terbentuk (Xiaohong, 2012).

Penelitian ini mencoba melakukan *preconditioning* untuk menaikkan resolusi dan nilai *Signal to Noise ratio*. Sehingga diharapkan kondisi reservoar dengan ketebalan dibawah *tunning thickness* masih dapat dikenali dan dianalisis anomali amplitudonya dengan analisis *AVO*.

4.2 Preconditioning

Berikut langkah-langkah proses pengolahan *preconditioning* yang dilakukan.

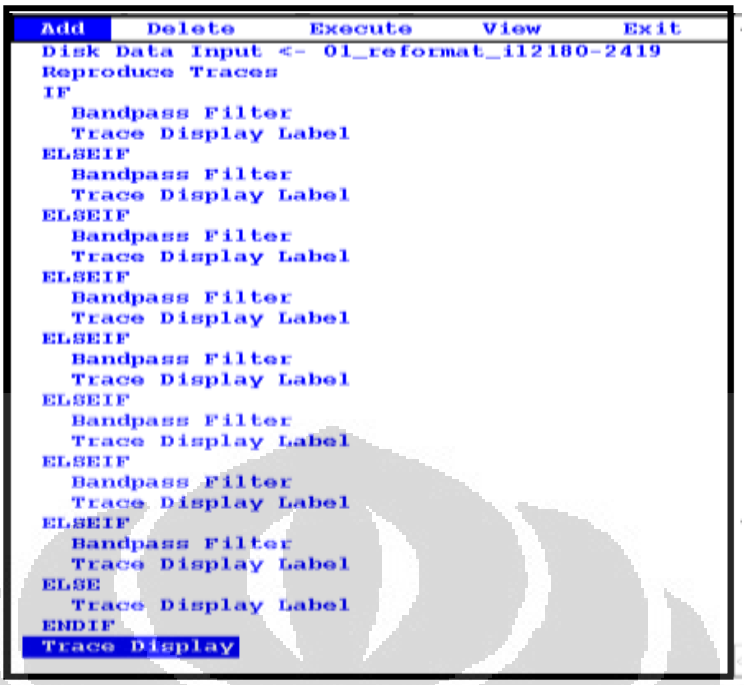
4.2.1 F-K Filter

Proses *F-K Filter* dilakukan terlebih dahulu untuk mengurangi *noise* yang diakibatkan proses migrasi dan koheren noise lain yang masih tertinggal.

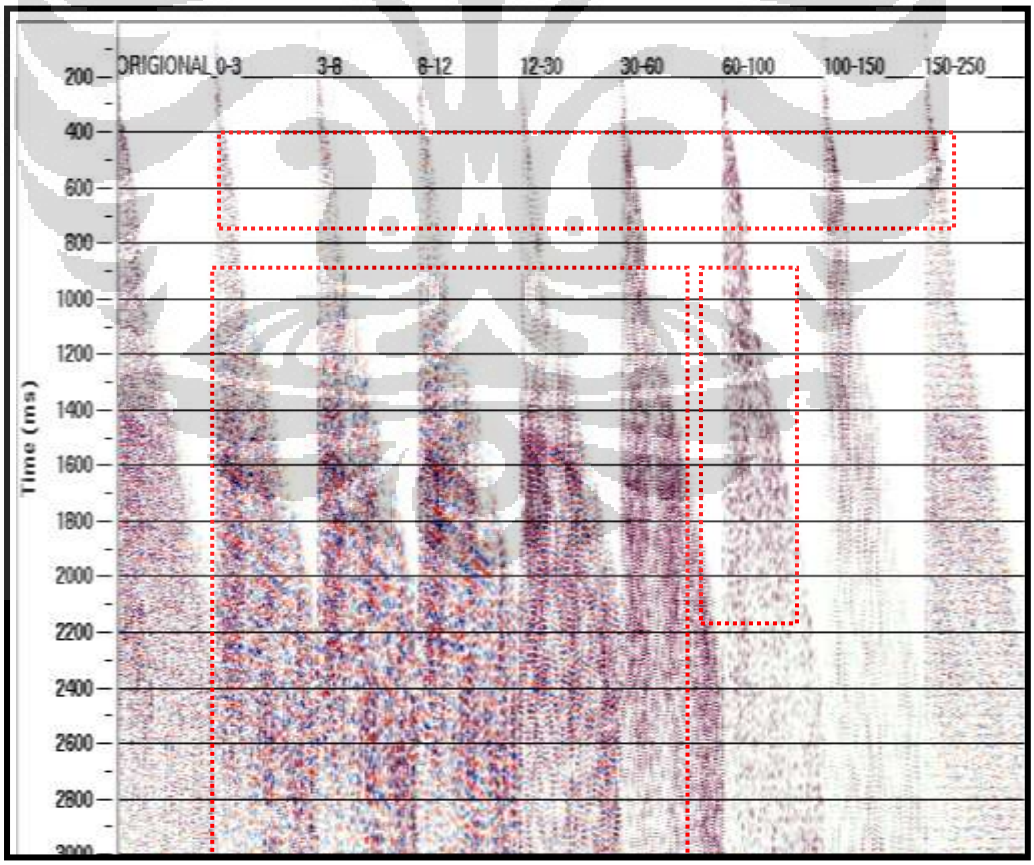
Sebelum memulai proses F-K Filter, analisis frekuensi pun dilakukan. Hal ini bertujuan untuk membedakan frekuensi signal atau data dengan frekuensi *noise*.

Berikut alur kerja yang dipakai untuk membuat analisis frekuensi pada data gather. Beberapa CDP dikenai perlakuan frekuensi yang berbeda-beda untuk membedakan frekuensi data dan *noise*.

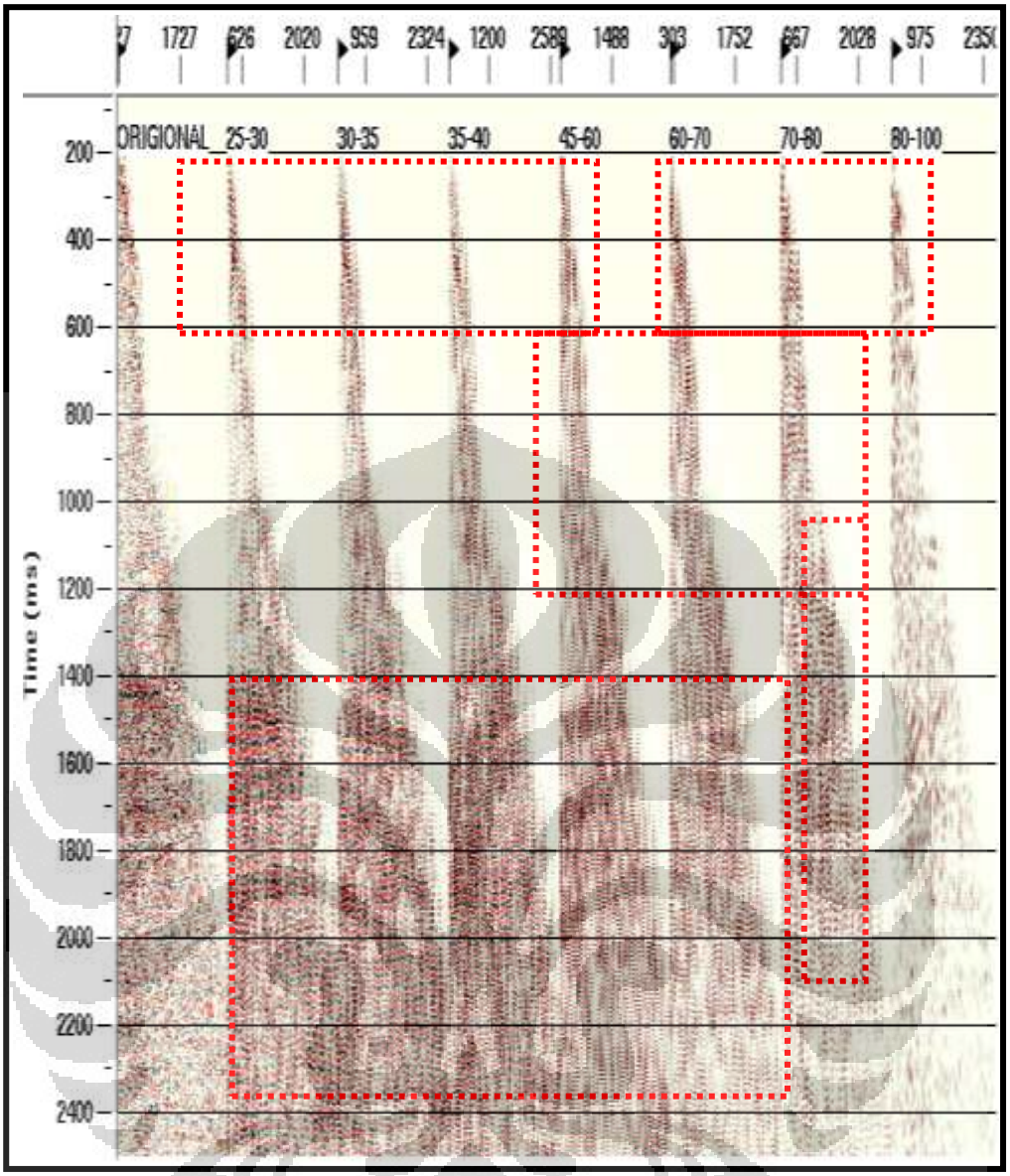
Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.



Gambar 4.3. Alur Kerja Pembuatan Analisis Frekuensi



Gambar 4.4.1 Analisis Frekuensi pada CDP

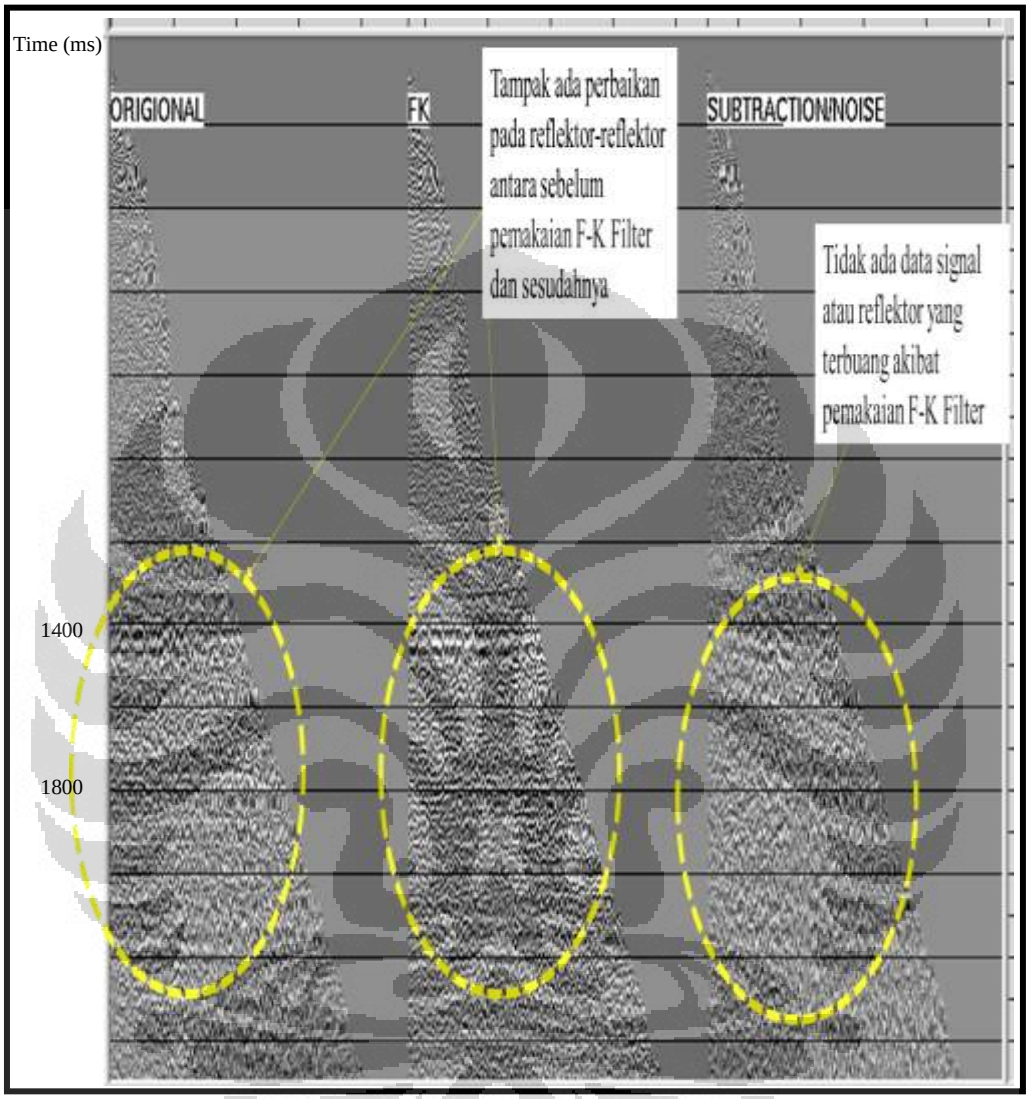


Gambar 4.4.2 Analisis Frekuensi pada CDP dengan Rentang Lebih Detil pada Rentang:25Hz-100Hz.

Hasil analisis frekuensi memperlihatkan rentang frekuensi 3Hz hingga 100Hz masih merupakan frekuensi data. Sementara frekuensi diluar rentang tersebut dipastikan *noise*. Walaupun pada rentang frekuensi 3Hz hingga 8Hz, *noise* masih terlihat bercampur dengan data signal.

Kemudian dilanjutkan dengan proses koreksi *NMO forward*. Tujuan dari koreksi ini adalah untuk meminimalisir data ikut terbuang oleh proses *F-K Filter* ini. Asumsinya adalah membuang reflektor pada data yang memiliki *event* tidak lurus atau *flat* yang diakibatkan koreksi *NMO*.

Setelah dari hasil pengamatan dan tes didapatkan parameter F-K Filter yang telah dituliskan pada bab 3. Dengan asumsi, parameter tersebut mampu mengurangi efek migrasi yang berlebih dan koheren *noise* lainnya.

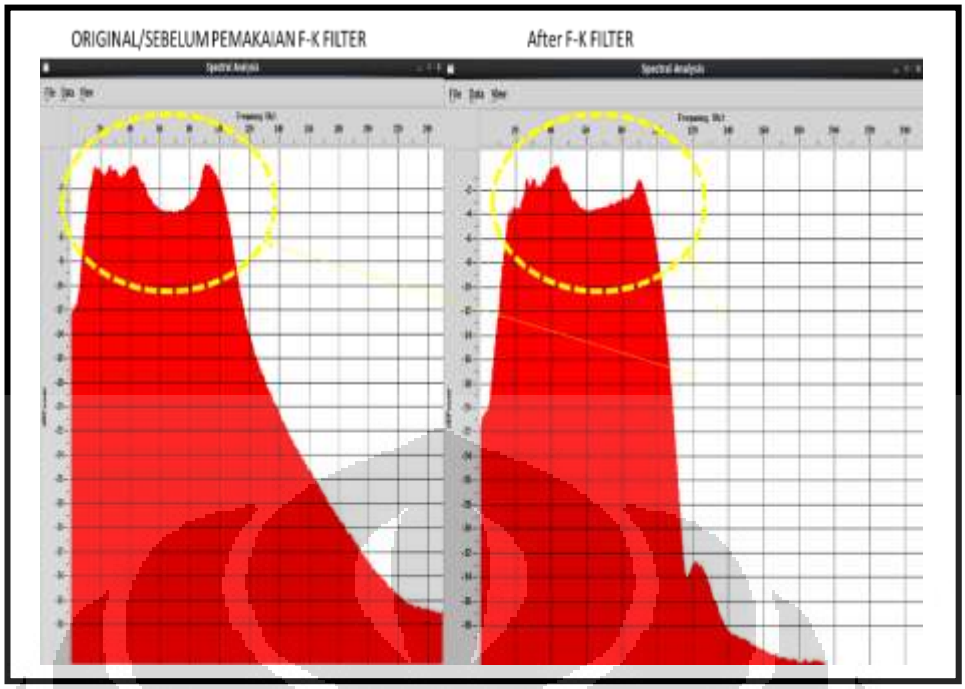


Gambar 4.4.3 Perbandingan pada Salah Satu *CDP antara Data Ori (Sebelum Terkena F-K Filter, Data Sesudah Terkena F*-K Filter dan Hasil Pengurangan Keduanya untuk Memastikan Bahwa Tidak Ada Data Terbuang Setelah Proses *F-K Filter*

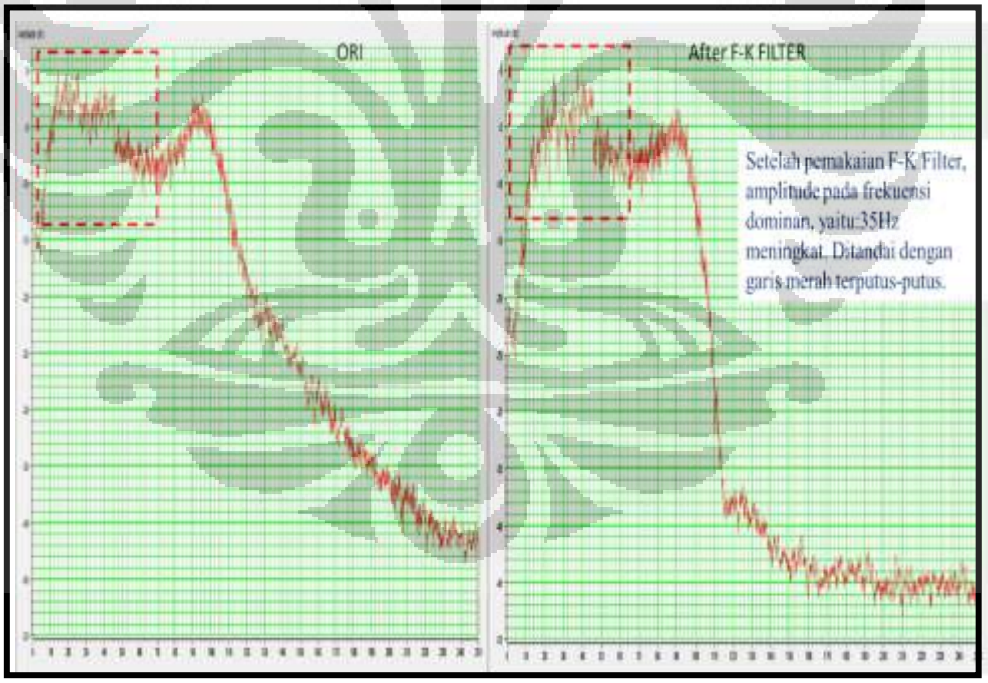
Dari gambar 4.4.3 diatas, reflektor di waktu sekitar 1400ms dan reflektor lainnya menjadi lebih jelas setelah proses F-K Filter. Sehingga dari penampakan kasat mata, nilai *Signal to Noise ratio* lebih baik dari sebelumnya.

Untuk memastikan kandungan frekuensinya, dilakukan analisa spektrum pada CDP gather. Sehingga didapatkan hasil seperti dibawah ini.

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.



Gambar 4.4.4 Perbandingan Spektrum pada Data Sebelum Pemakaian F-K Filter dan Sesudahnya. Lingkaran kuning Menunjukkan Ada Kenaikan Amplitudo pada Frekuensi Tinggi.

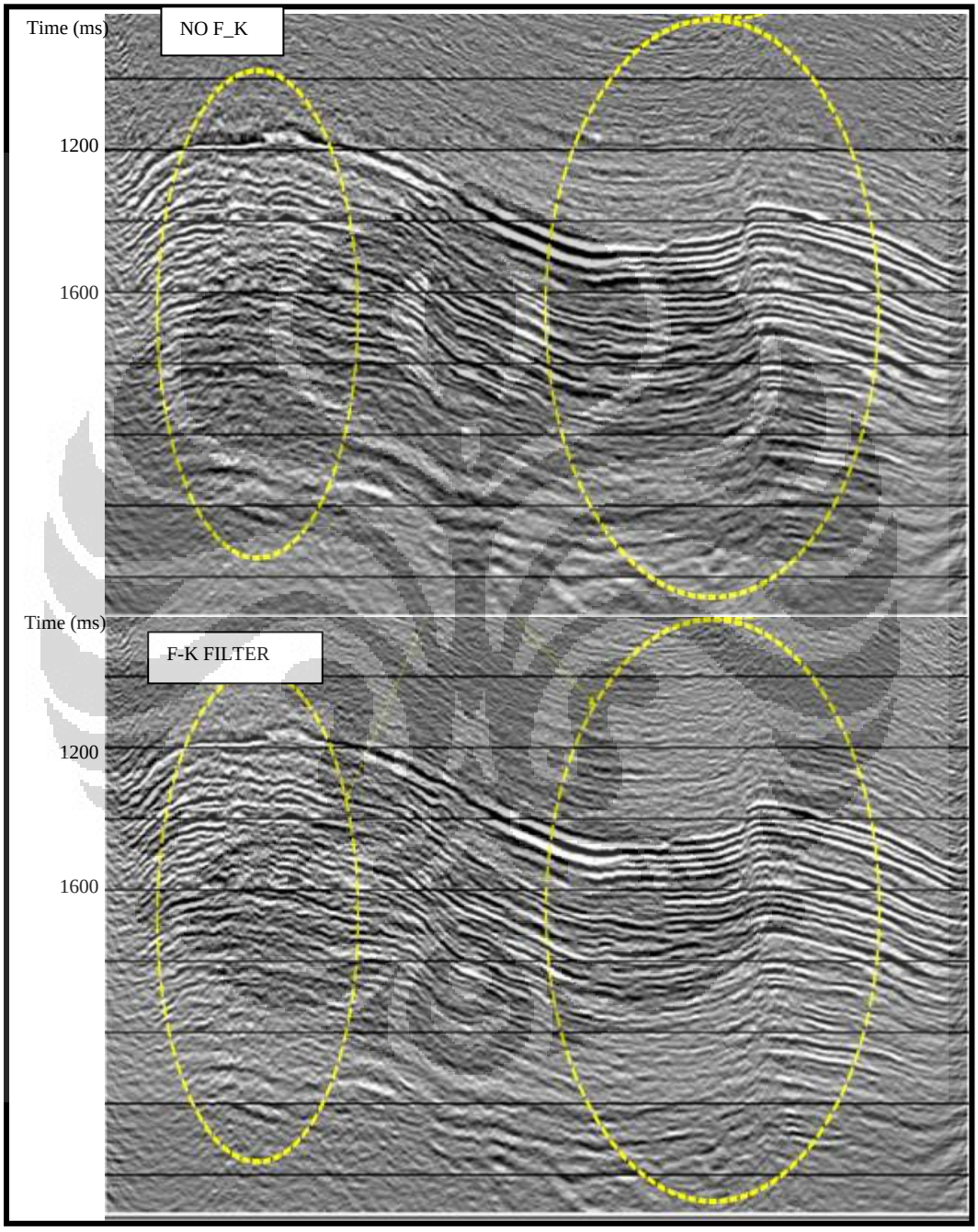


Gambar 4.4.5 Perbandingan Spektrum pada Data Bagian Reservoar

Gambar 4.4.4 dan 4.4.5 menggambarkan bahwa pemakaian *F-K Filter* mengakibatkan kenaikan amplitudo pada frekuensi tinggi. Sehingga bisa

diasumsikan bahwa resolusi di daerah reservoar pun meningkat akibat pemakaian *F-K Filter*.

Perbandingan pemakaian *F-K Filter* pun dilakukan pada data stack. Berikut salah satu contoh perbandingan pada data stack.



Gambar 4.4.6. Gambar Perbandingan Pemakaian Sebelum dan Sesudah F-K Filter dalam Salah Satu *Inline Stack*.

Pada gambar 4.4.6 memperlihatkan F-K Filter mampu mengurangi efek migrasi dan koheren noise lainnya. Sehingga resolusi dan nilai *Signal to Noise ratio* pun lebih baik dengan menggunakan F-K *Filter*.

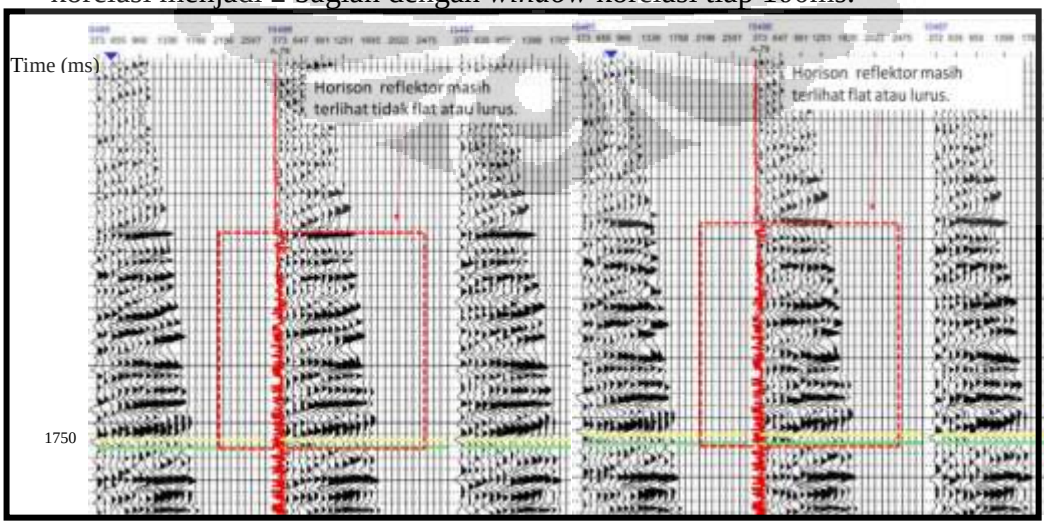
4.2.2 Trimming Statics

Proses ini sebenarnya dilakukan untuk mengkoreksi reflektor pada data yang masih memiliki *shifting* atau waktu jeda yang berbeda pada satu atau beberapa horison. Hal ini bisa disebabkan oleh *preconditioning* sebelumnya yang kurang tepat pada proses koreksi statik ataupun ketika pemilihan analisis *velocity*/kecepatan.

Penulis sudah mencoba untuk melakukan analisis *velocity* kembali. Namun, kendala yang dihadapi adalah untuk melakukan analisis *velocity* dibutuhkan informasi geometri pada informasi *header byte* ataupun data SPS.

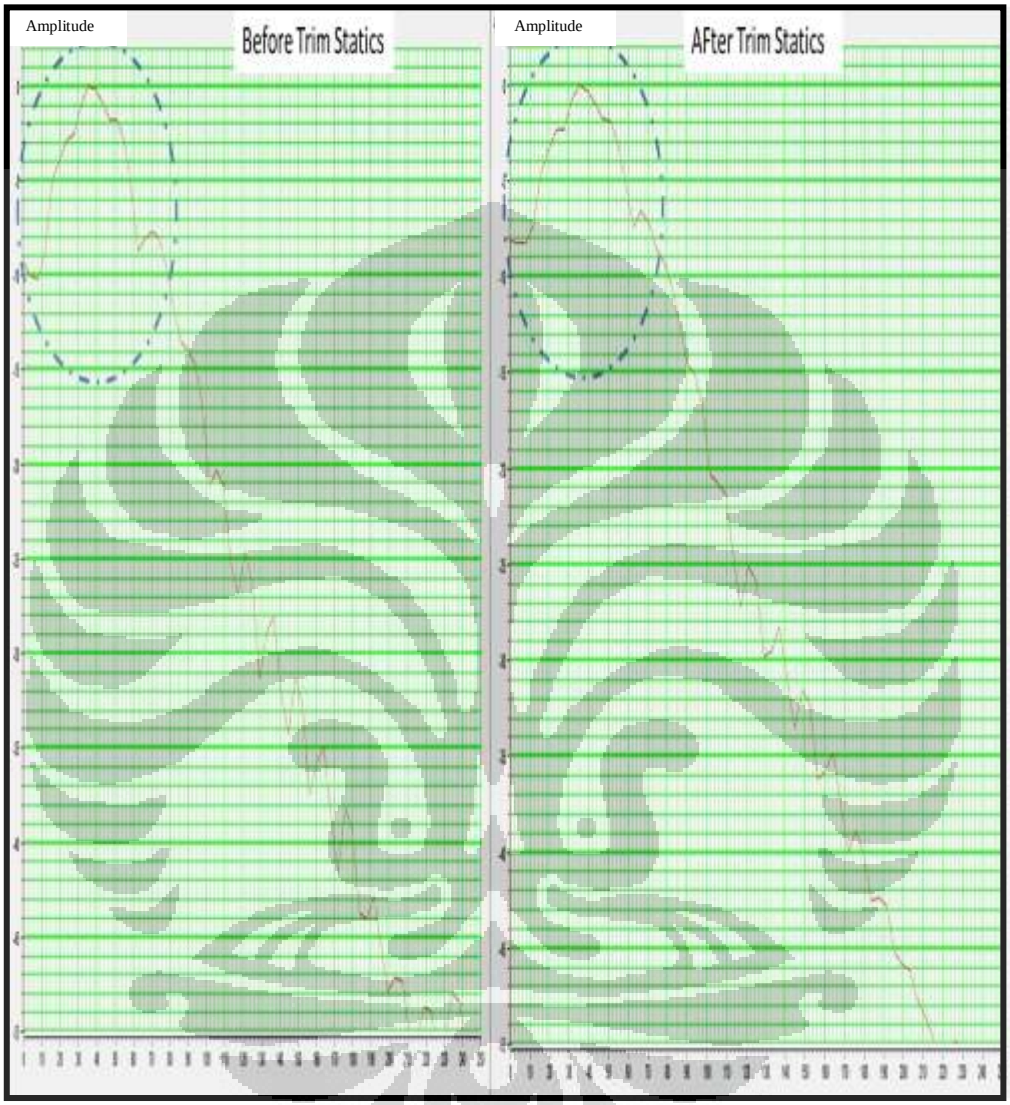
Akhirnya, pemakaian modul *trimming Statics* pada perangkat lunak HRS pun dipilih sebagai koreksi atas reflektor yang masih mengalami problem *shifting* pada satu horison.

Beberapa pengamatan dan percobaan telah dilakukan untuk mendapatkan parameter yang terbaik seperti yang telah disebutkan pada bab 3. Parameter didapatkan dengan pemilihan *window* analisis yang relatif kecil, yaitu:12ms, maksimum *shifting* yang bisa dikoreksi:10ms, target analisis pada 1523ms, dan untuk menghindari reflektor yang telah flat menjadi tidak flat dipakai jumlah korelasi menjadi 2 bagian dengan *window* korelasi tiap 100ms.



Gambar 4.5.1 Perbandingan antara Data Sebelum Pemakaian *Trimming Statics* dan Sesudahnya.

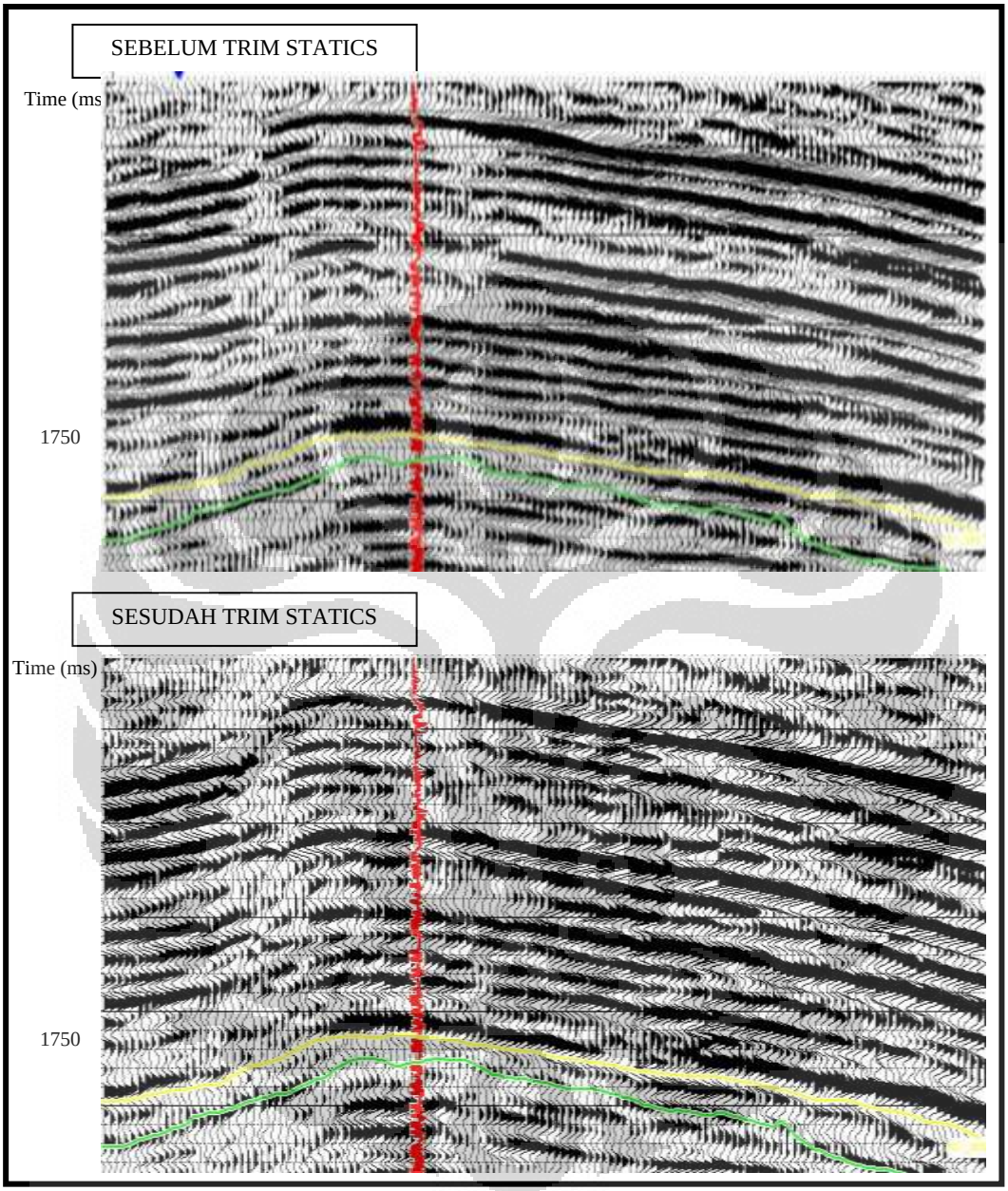
Analisis spektrum pun dilakukan setelah proses Trimming Statics. Berikut hasil yang didapatkan.



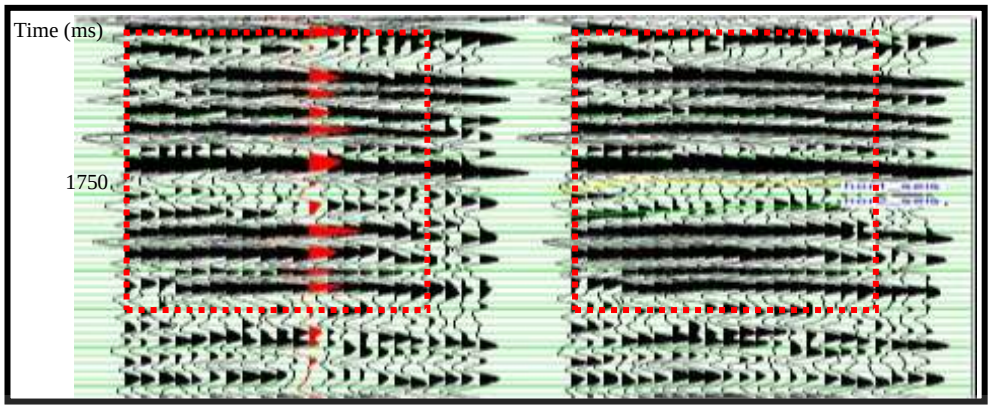
Gambar 4.5.2. Gambar Perbandingan Spektrum Sebelum dan Sesudah *Trimming Statics*

Dari gambar 4.5.2, kenaikan amplitude di *event* sekitar reservoar di frekuensi rendah terlihat. Kemudian diikuti pula dengan kenaikan amplitudo di *event* sekitar reservoar pada frekuensi tinggi.

Perbandingan pada stack sebelum dan sesudah proses *trimming statics* pun dianalisa. Berikut gambar perbandingan tersebut.



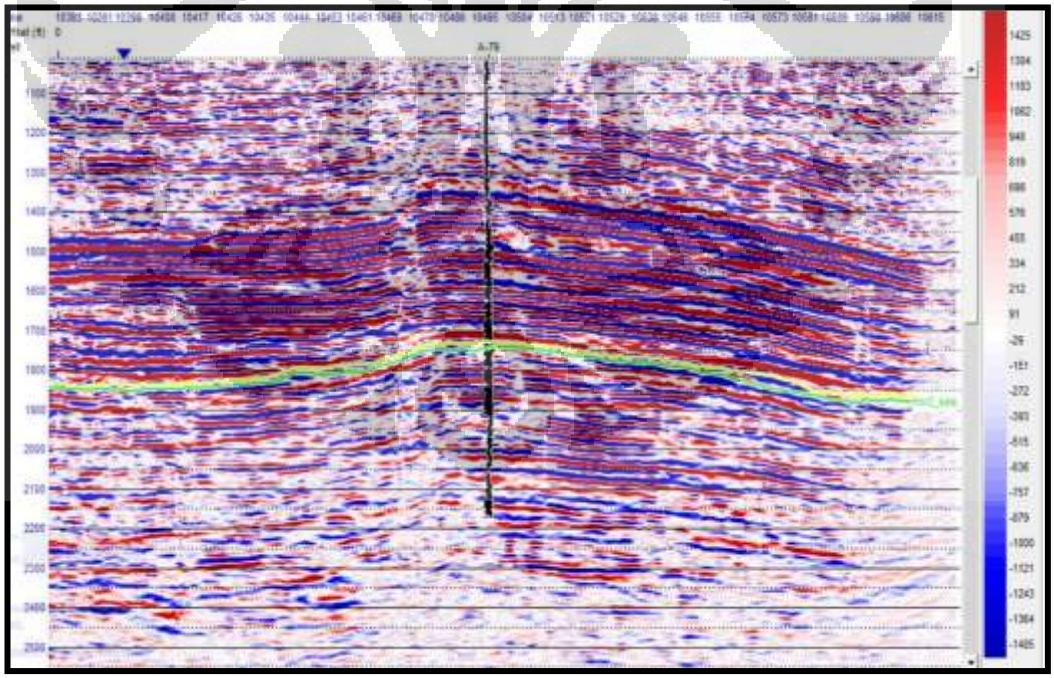
Gambar 4.5.3. Gambar Perbandingan *Stack* Sebelum Proses *Trimming Statics* dan Sesudahnya.



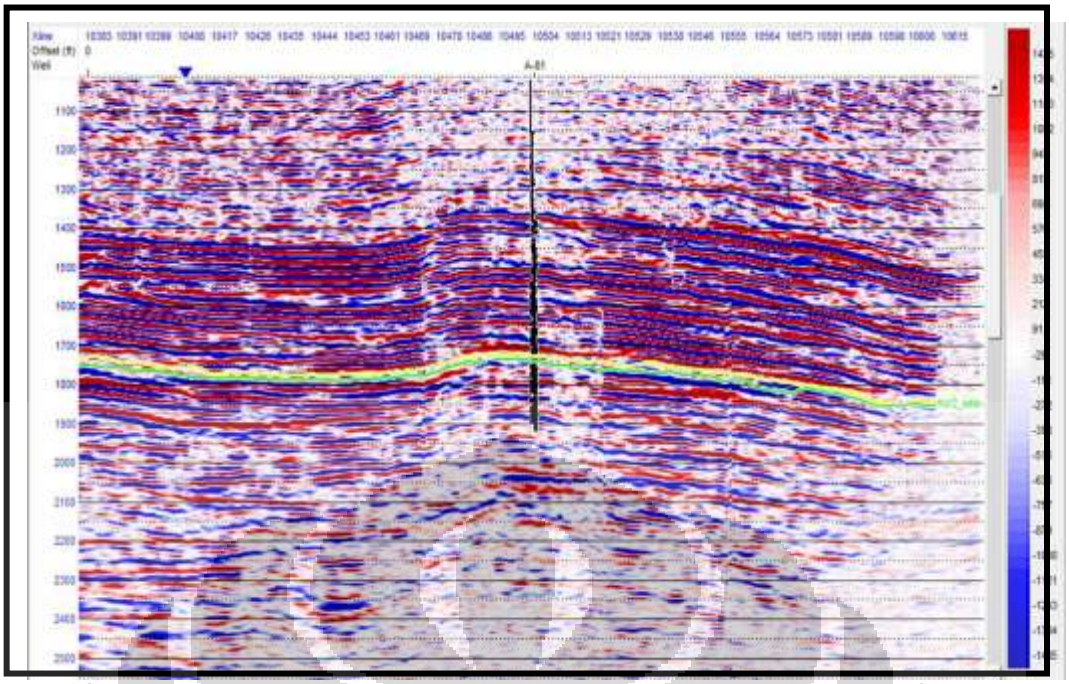
Gambar 4.5.4. Gambar Perbandingan *Stack* Sebelum Proses *Trimming Statics* dan Sesudahnya. Wavelet Berwarna Merah Sebelah Kiri Merupakan Wavelet Sintetik Hasil Ekstraksi Secara Statistikal

Dari gambar 4.5.3 dan gambar 4.5.4, terlihat perbaikan reflektor disekitar data sumur. Hal ini ditunjukkan didalam garis merah terputus-putus. Kemenerusan reflektor berhasil diperbaiki dengan menggunakan proses *Trimming Statics*.

Setelah proses *trimming statics*, proses CDP stack dilakukan untuk melihat struktur dari inline disekitar A-79, yaitu inline:2358 dan inline disekitar A-81, yaitu:2337.



Gambar 4.5.5. Gambar CDP Stack pada Inline 2358



Gambar 4.5.6. Gambar CDP Stack pada Inline 2337

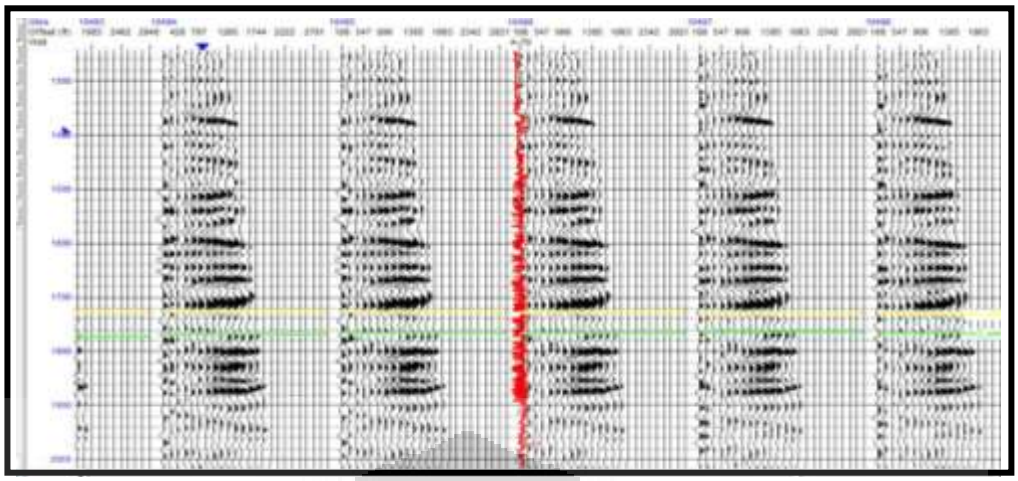
Pada kedua gambar diatas, terlihat anomali amplitudo pada daerah sekitar data sumur sekitar 1700ms hingga 2000ms.

4.2.3 Super Gather

Pengolahan *super gather* terbukti dapat meningkatkan *Signal to Noise ratio* pada data seismik.

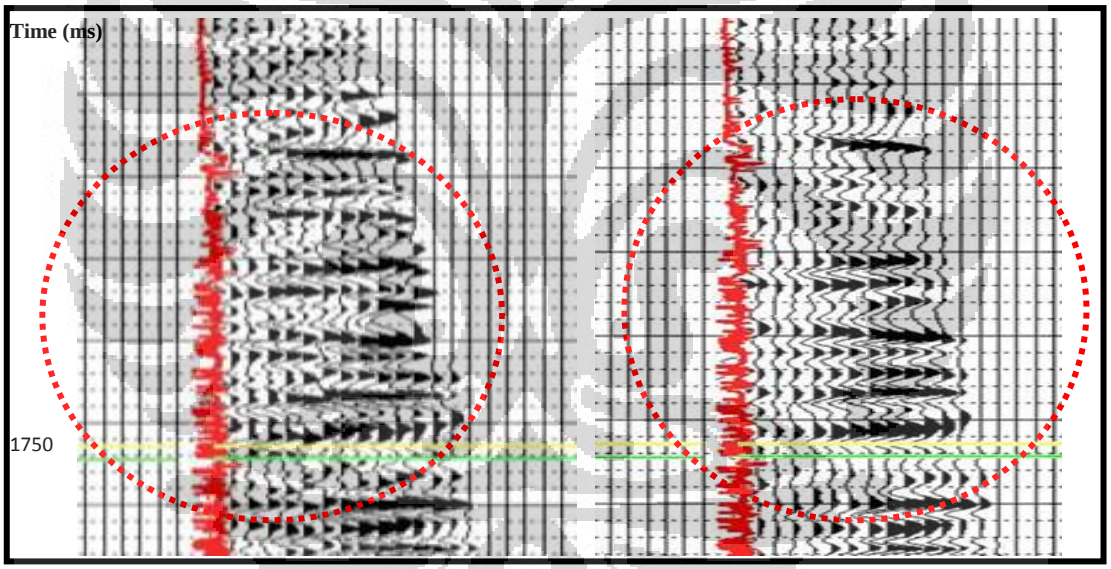
Metode dari *super gather* adalah melakukan *stacking offset* pada pengelompokan *offset* pada beberapa *Inline* dan *Crossline.* Jumlah *Inlne* dan *Crossline* yang digunakan pada penelitian ini untuk proses pengolahan super gather adalah masing-masing 5 dengan jumlah offset yaitu 25, sesuai dengan jumlah fold.

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.



Gambar 4.6.1 Tampilan Super Gather pada Sekitar Data Sumur

Perbandingan antara data sebelum dan sesudah proses super gather ditampilkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.6.2 Perbandingan Sebelum dan Sesudah Proses *Super Gather*

Gambar 4.6.2 memperlihatkan kondisi *Signal to Noise ratio* yang lebih baik setelah proses *super gather*.

Pemilihan jumlah *offset* disesuaikan dengan jumlah *fold*, yaitu: 25. Pemakaian jumlah *Inline: 5* dan *crossline: 5* digunakan pada desain proses *Super Gather*.

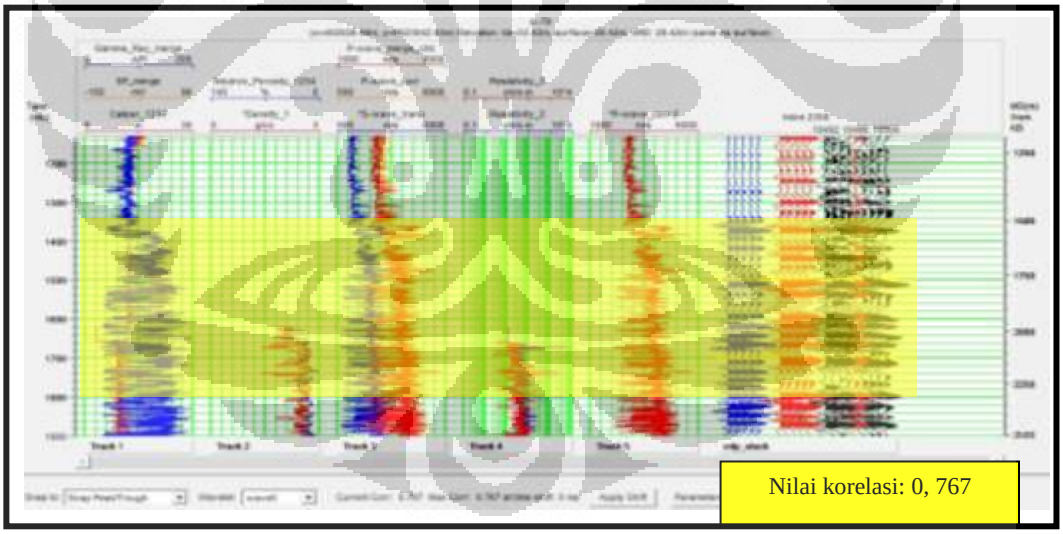
Hasil proses *super gather* digunakan sebagai input untuk analisis AVO. Pengharapannya adalah analisis AVO pada reservoar lapisan tipis bisa terdeteksi dengan lebih baik setelah melewati tahapan-tahapan *preconditioning* diatas.

4.3. Korelasi Data Sumur dan Data Seismik

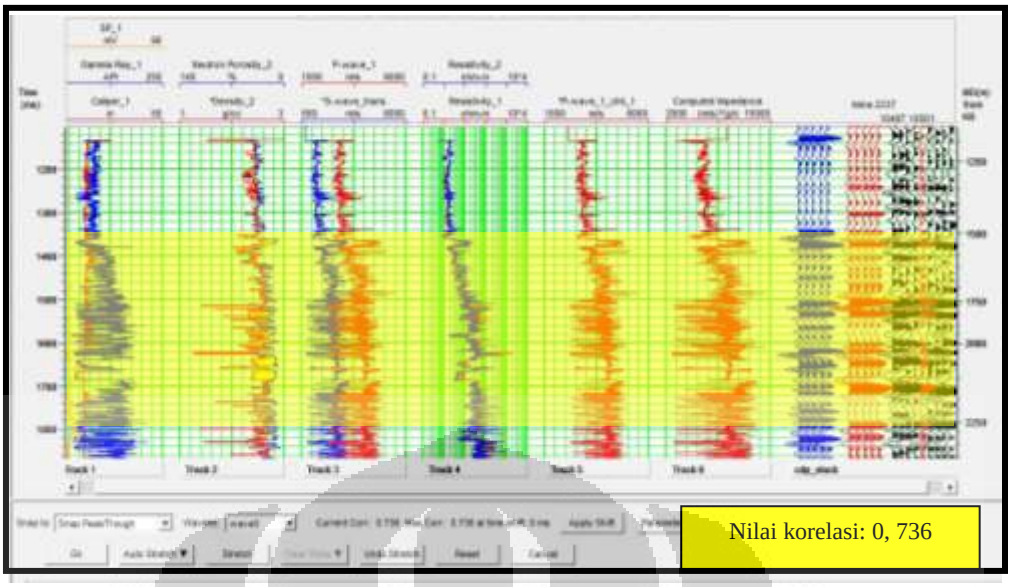
Sebelum masuk ke analisis AVO perlu dilakukan korelasi data sumur dengan data seismik. Sehingga analisis AVO tidak meleset dari target reservoar yang dianalisis.

Korelasi ini sebenarnya adalah konversi data sumur dari kedalaman ke waktu. Dengan bantuan data *checkshot* yang ada, diharapkan konversi berjalan dengan baik. Pembuatan sintetik pun dilakukan dengan menggunakan metode statistikal pada modul perangkat lunak HRS. Seismik sintetik ini digunakan untuk korelasi dengan data seismik stack.

Korelasi dilakukan pada dua sumur, yaitu: A-79 dan A-81. Dengan bantuan data *checkshot* dan *bulkshifting* atau *stretching* didapatkan hasil korelasi sebagai berikut.



Gambar 4.7.1. Gambar Korelasi Sumur dan Data Seismik pada A-79



Gambar 4.7.2. Gambar Korelasi data Seismik dan Data Sumur A-81

Korelasi data sumur dengan data seismik dilakukan dengan menjadikan formasi Baturaja sebagai acuan/marker. Formasi Baturaja ditandai dengan nilai impedansi, kecepatan/velocity yang tinggi. Hal ini sesuai bila dikaitkan dengan referensi litologi dari daerah sekitar cekungan Sumatera Selatan, yaitu memiliki kandungan dominan batu gamping pada formasi Baturaja. Kemudian, rentang waktu yang dipakai sebagai analisis korelasi adalah: 1350ms hingga 1800ms. Pemilihan rentang waktu diatas disesuaikan dengan daerah sekitar target reservoar.

4.4. Analisis AVO

Reservoar pada penelitian ini berada pada ketebalan sekitar 9,5m hingga 10m. Pengamatan spectrum sebelumnya menunjukkan bahwa reservoar memiliki frekuensi dominan sekitar 35 Hz. Dari data kecepatan kecepatan *P-wave*, didapatkan kecepatan reservoar sekitar 3050m/s. Sehingga bisa dihitung dengan menggunakan rumus $\boldsymbol{\lambda = \frac{v}{f}}$……(4.1). Didapatkan harga λ= 87,4m. Jadi, ketebalan *tunning thickness* adalah 1/4λ, yaitu: 21,8m. Apabila dibandingkan dengan ketebalan *layer AS*, yang merupakan ketebalan reservoar target penelitian ini, yaitu: 9,5m hingga 10m. Ketebalan *layer*

AS berada di bawah *tuning thickness* dimana reflection telah mengalami yang destruktif.

Berdasarkan (sheng Fu, 2012) yang mengembangkan teori dari *Widess* tentang *tuning thickness*, bahwa daerah penelitian berada pada zone lapisan tipis, yaitu: di area 0 hingga λ/8. Pada Area ini telah terjadi pengaruh destruktif yang terjadi pada batas atas dan bawah dari dua gelombang yang terefleksi. Dimana, amplitude pada gelombang yang terefleksi menurun secara non linier.

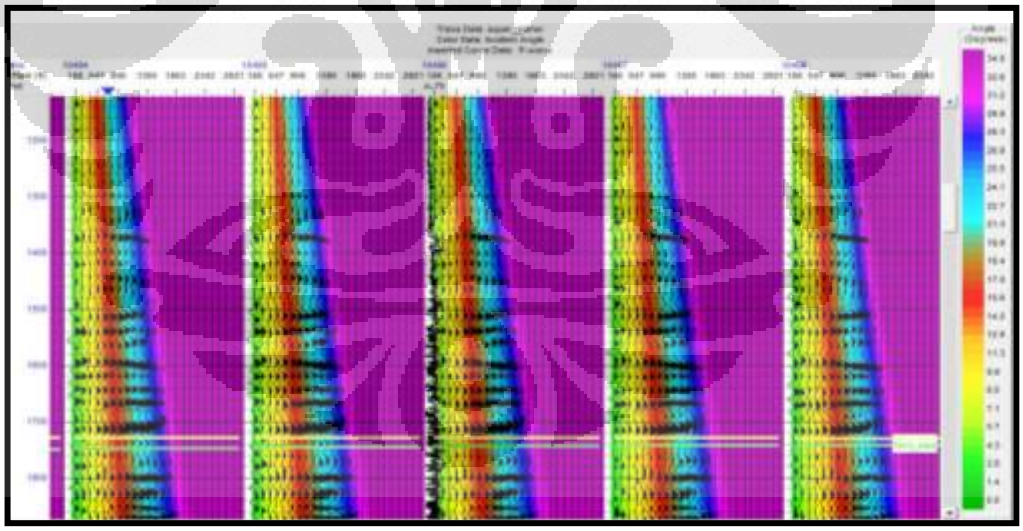
Diharapkan dengan usaha pengolahan *preconditioning* diatas, pengaruh desktruktif bisa diminimalisir dan analisis AVO bisa lebih terdeteksi.

4.4.1. Analisis Atribut AVO

Analisis AVO dilakukan dengan metode *CrossPlotting* pada tiap atribut AVO yang ada. Atribut-atribut AVO yang digunakan adalah:

1. Angle gather

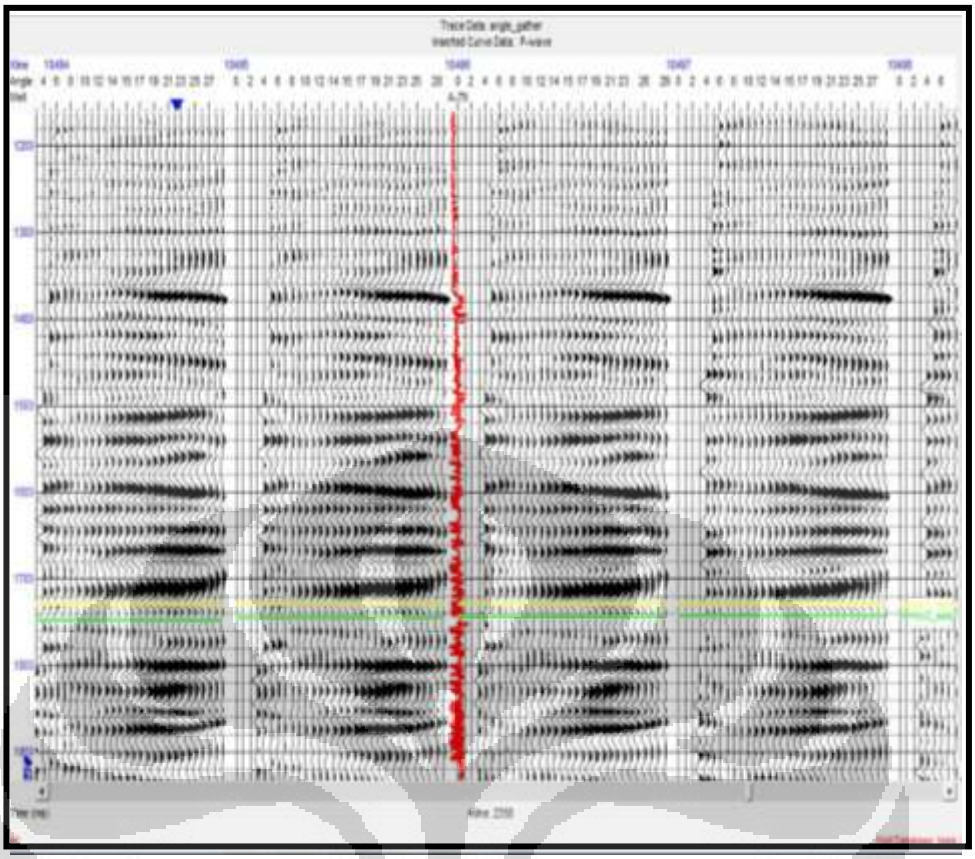
   Dihasilkan dari input *super gather*. Analisa *angle* dilakukan dengan menggunakan aplikasi HRS sebelum data *angle gather* di-*output* keseluruhan.



Gambar 4.8.1 Gambar *Super Gather* dengan Analisa *Angle*.

Berdasarkan gambar 4.8.1, reflektor data berada pada rentang angle: 0-30. Sehingga setelah di-*output* secara keseluruhan berdasarkan informasi tersebut, didapatkan hasil sebagai berikut.

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.



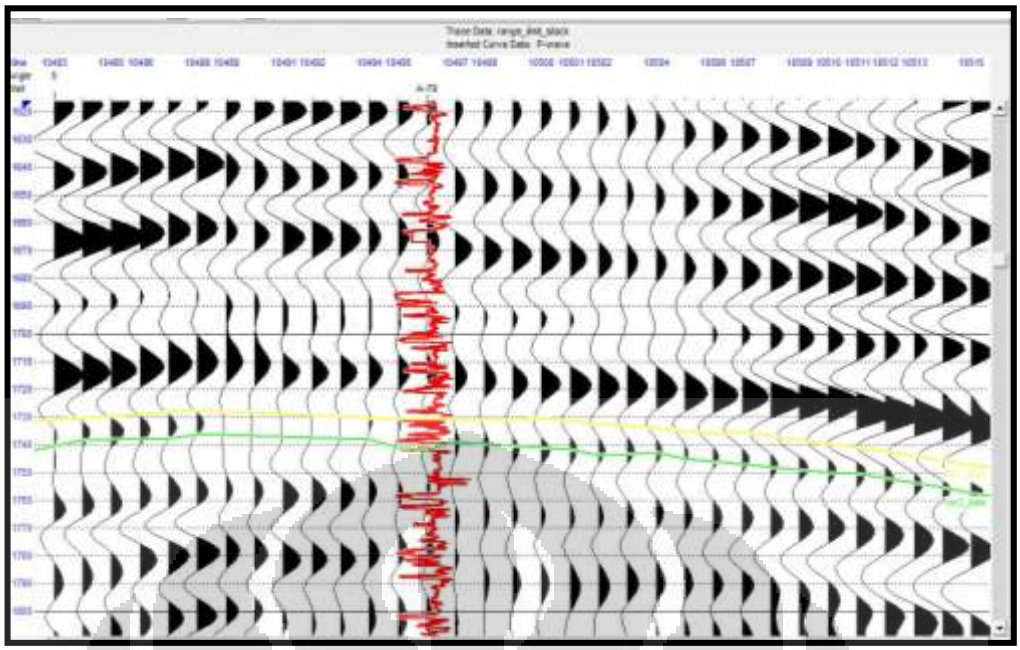
Gambar 4.8.2. *Gambar Angle Gather*

2. Angle Stack

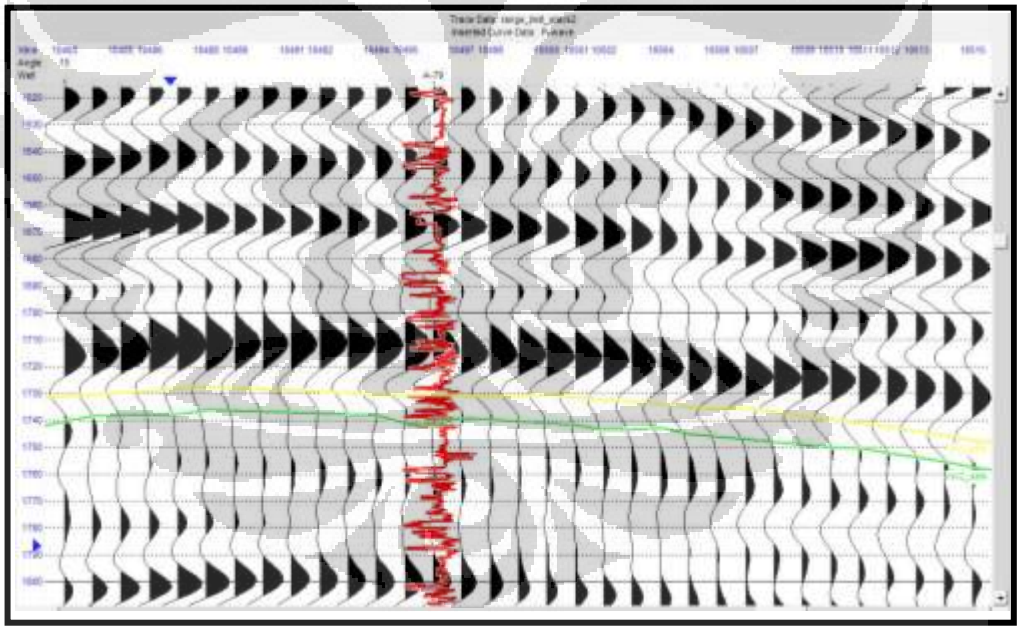
Berdasarkan informasi rentang angle diatas, *angle stack* terbagi atas 3 bagian, yaitu: 0-10, 10-20 dan 20-30. Atau kita bisa sebut secara berurutan *near stack*, *mid stack* dan *far stack.*

Dari informasi *Angle stack*, kita bisa melihat perilaku amplitudo terhadap ofset. Setelah melihat dan membandingkan antara data *near stack*, *mid stack* dan *far stack* terlihat bahwa amplitudo mengalami penurunan seiring dengan kenaikan ofset.

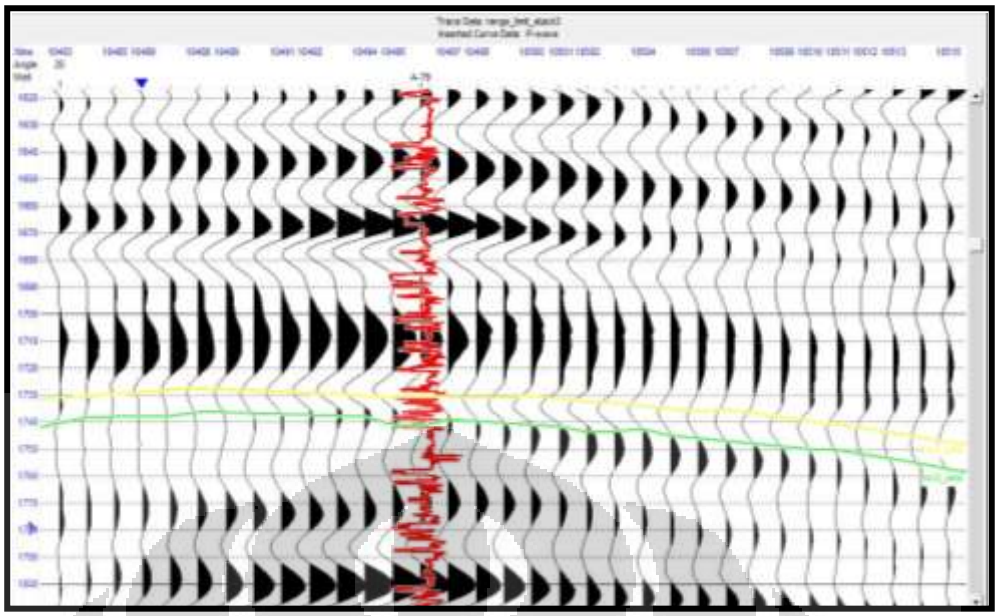
Berikut tampilan *Angle stack.*



Gambar 4.8.3. *Angle Stack* untuk Range 0-10 Derajat.



Gambar 4.8.4. Gambar *Angle Stack* untuk Rentang 10-20 Derajat



Gambar 4.8.5. Gambar *Angle Stack* untuk Rentang: 20-30 Derajat.

Dari gambar 4.8.3 hingga 4.8.5, terlihat adanya pengaruh destruktrif pada reflektor sekitar horizon yang menandakan reservoar, yaitu: *hor2_seis* (warna hijau). Kemudian terlihat amplitudo yang semakin kecil dari *near stack* hingga menuju *far stack*.

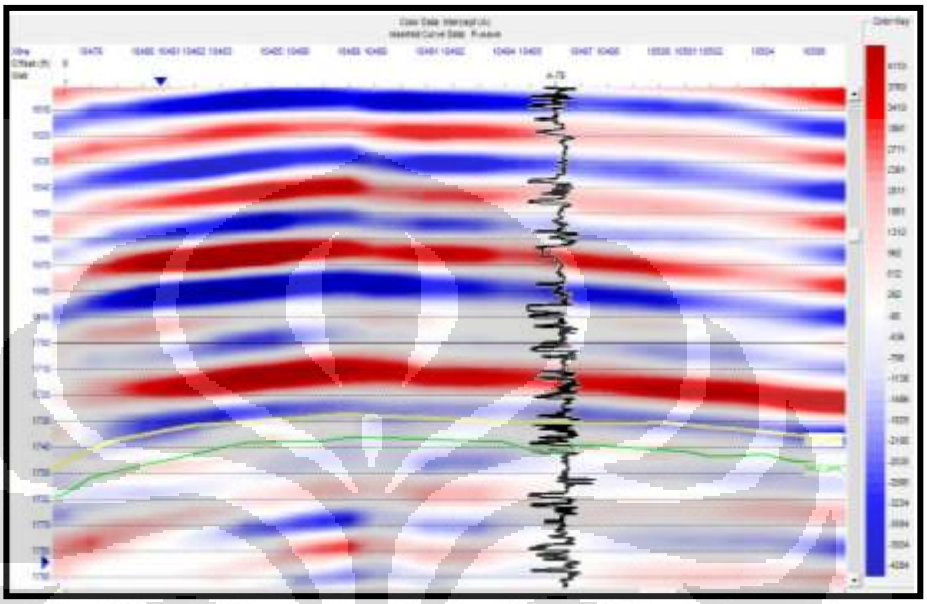
Mengacu dari gambar tabel anomali AVO (Castagna, 1997) dibawah ini, reservoar dilapisan ini merupakan anomali AVO tipe I atau IV.

Class	Relative Impedance	Quadrant	A	B	Amplitude vs. Offset
I	Higher than overlying unit	IV	+	-	Decreases
II	About the same as the overlying unit	II, III, or IV	+ or -	-	Increase or decrease; may change sign
III	Lower than overlying unit	III	-	-	Increases
IV	Lower than overlying unit	II	-	+	Decreases

Gambar 4.8.6. Gambar Tabel Anomali AVO

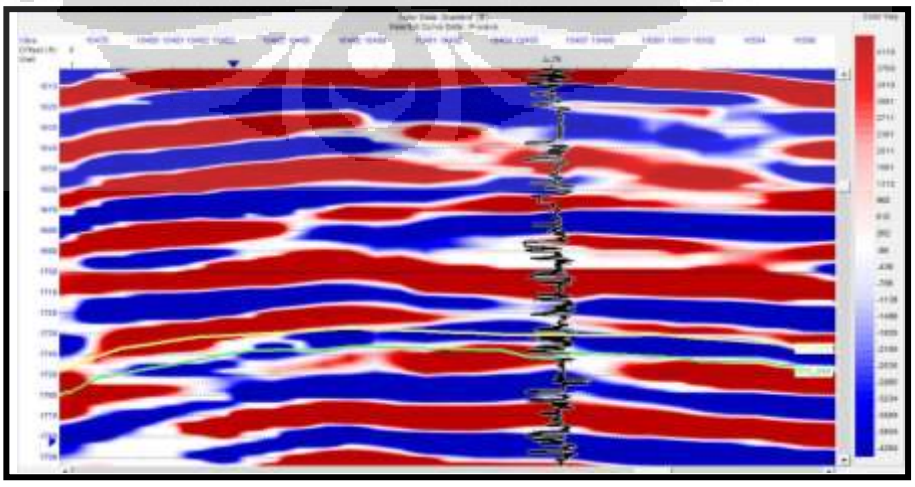
3. Intercept (A), Gradient (B) dan perkalian A*B

Kemudian dengan menggunakan input *Super Gather*, dilakukan proses AVO attribute volume yang mengeluarkan atribut-atribut seperti: Intercept (A), Gradient (B) dan perkalian A*B. Perhitungn *AVO Attribute Volume* menggunakan persamaan *two term Aki-Richards*.



Gambar 4.8.7. Gambar *Intercept* Stack

Pada gambar 4.8.7, terlihat *hor2_seis* yang merupakan horison penanda reservoar memiliki amplitudo yang positif. Pada lapisan horison atas, *hor1_seis1* telah mengalami destruktif.

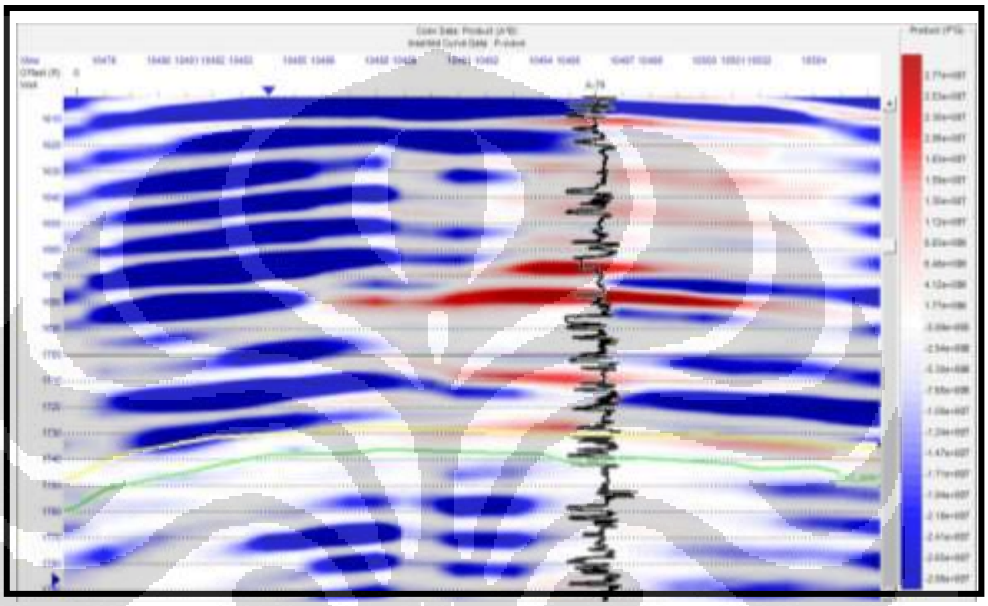


Gambar 4.8.8. Gambar Gradient Stack

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

Pada gambar 4.8.8, horizon *hor2_seis* memiliki amplitude bernilai negative dan telah mengalami destruktif. Sementara *hor1_seis* memiliki amplitude bernilai positif.

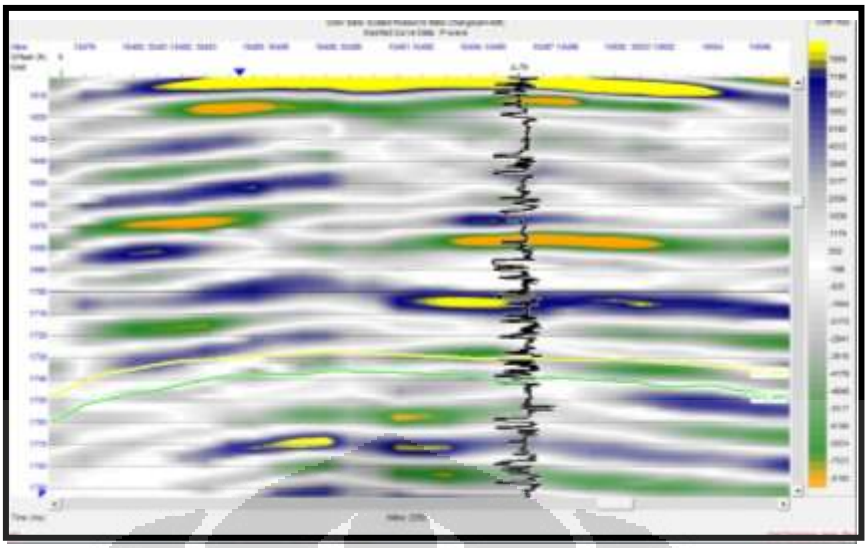
Dari hasil atribut *Intercept Stack, Gradient Stack* dan *Angle Stack* bisa disimpulkan bahwa reservoar di penelitian ini merupakan anomali AVO tipe IV. Hal ini mengacu pada tabel anomali AVO.



Gambar 4.8.9. Perkalian A*B

Dari gambar 4.8.9, memperlihatkan *perkalian dari A*B stack*. Hasil yang bisa disimpulkan dari gambar ini adalah batas atas dan bawah dari lapisan reservoar penelitian ini. Dimana, nilai amplitudo pada hor2_seis lebih kecil dibandingkan sekitarnya, ditandai dengan warna putih. Horison hor2_seis dan hor1_seis pun terlihat mengalami reflektor destruktif.

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.



Gambar 4.9.1.. Gambar Indikator *Poisson's Ratio Stack*

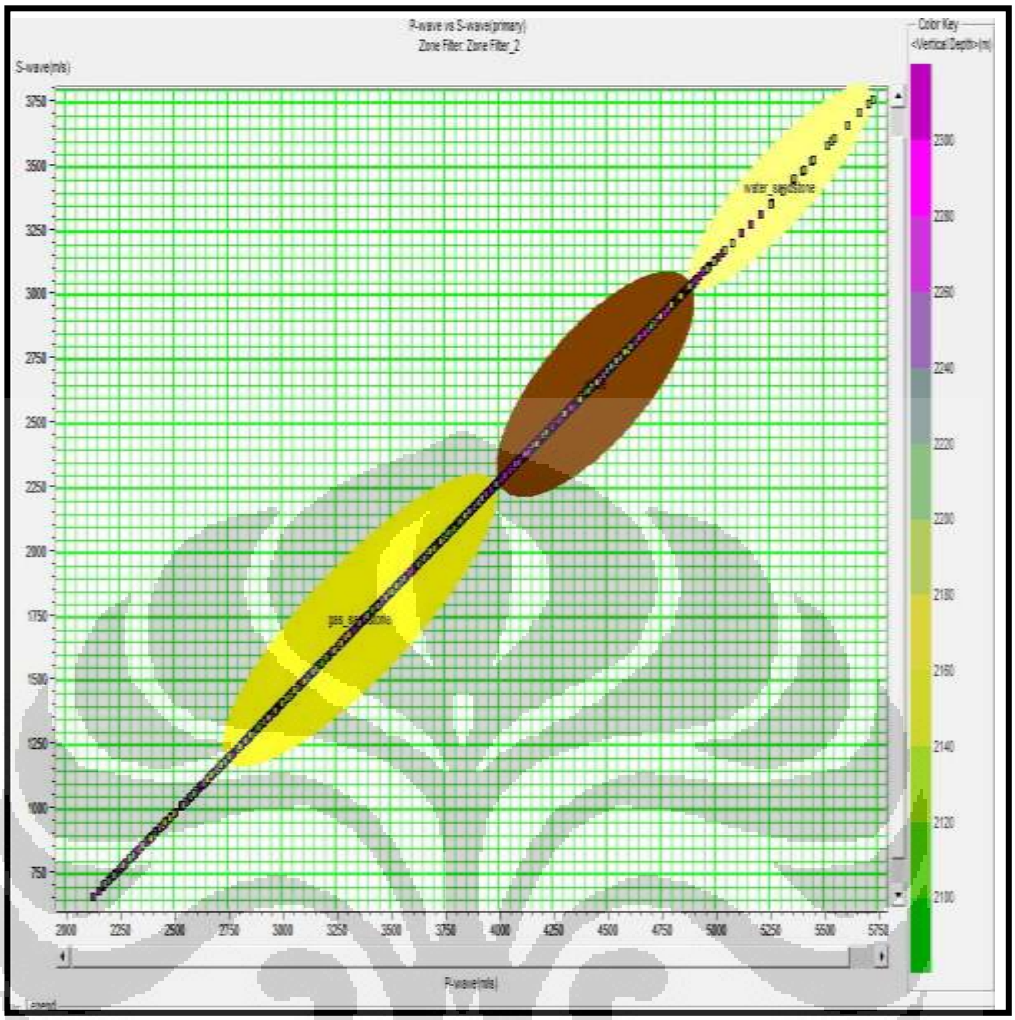
Nilai *poisson's ratio* pada lapisan sekitar reservoar terlihat memiliki amplitudo yang rendah.

Mengacu pada tabel anomali AVO (Castagna, 1997), hasil dari Intercept (A), Gradient (B), perkalian A*B, dan hasil poisson's ratio menunjukkan bahwa anomali AVO pada reservoar target penelitian adalah anomali AVO tipe IV.

4.4.2. AVO Cross Plotting

Metode ini melakukan Cross plotting pada tiap atribut-atribut AVO yang telah dihasilkan diatas. Berikut gambar-gambar kurva dari AVO *Crossplotting* yang dihasilkan.

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.



Gambar 4.9.2. Grafik Cross Plot antara Vp dan VS.Dilakukan Zona Filter dengan Elips Kuning untuk *Gas Sandstone*, Warna Coklat *Shale* dan Warna Krem *Water Sandstone*.

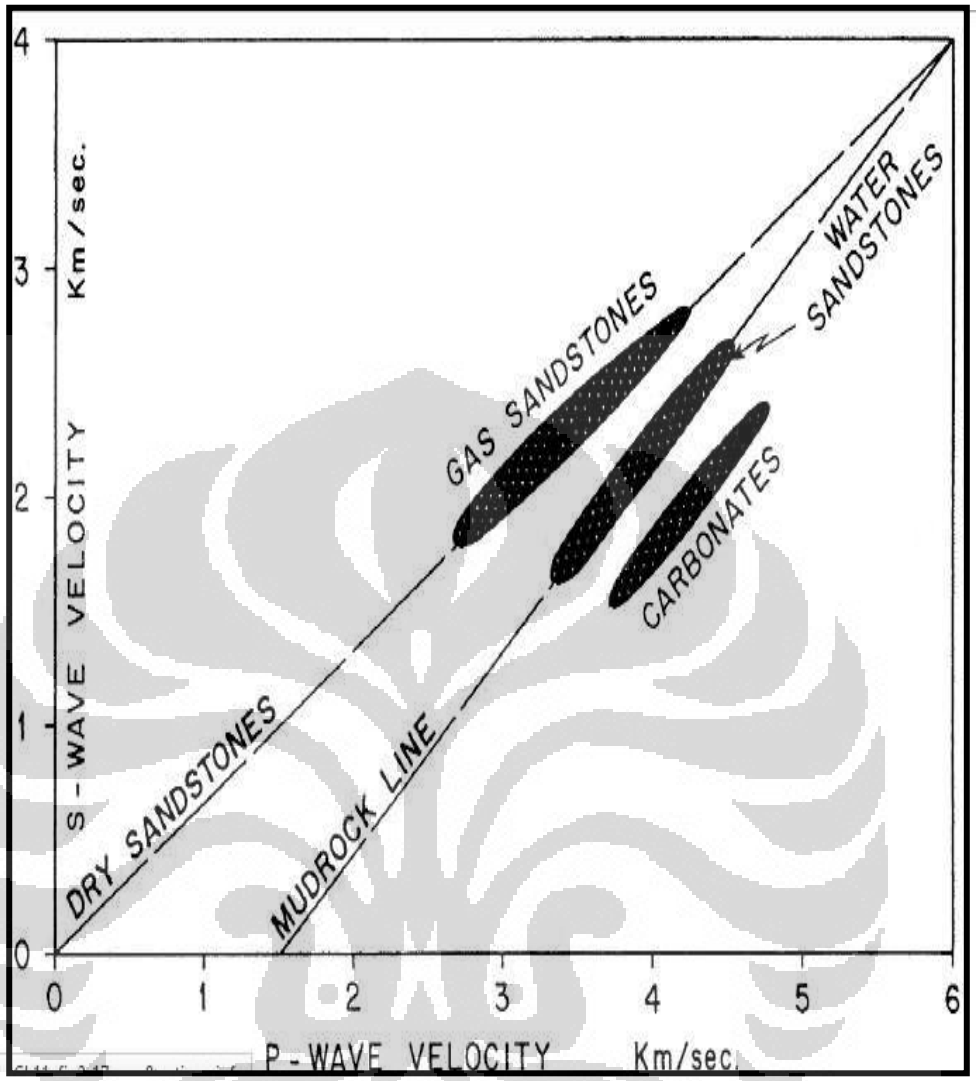
Pada gambar 4.9.2, di atas untuk mempertegas bahwa lapisan reservoar target yang merupakan lapisan tipis ini terdiri dari batuan pasir (*sandstone*) jenis *gas sandstones* bukan *water sandstones*.

Klasifikasi ini dibuat berdasarkan acuan yang dibuat oleh *Castagna et al.* (1985) yang mendefinisikan hubungan *P-wave* dan *S-wave* dalam garis lurus. Hubungan ini disebut juga *Mudrock line* dan diwakili dengan persamaan:

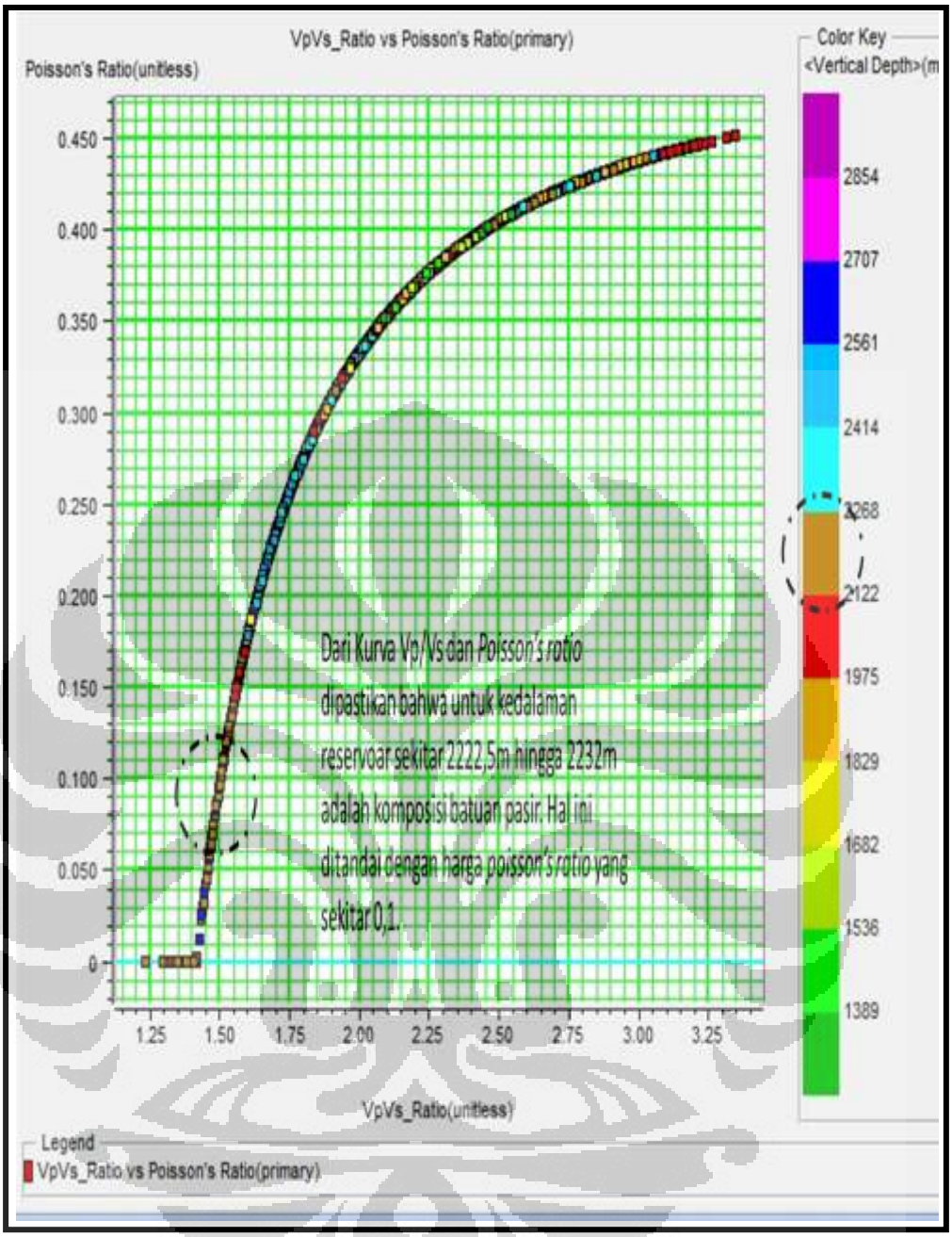
$$\propto = c_0 + c_1\beta \quad \text{(4.2)}$$

Dimana, α adalah kecepatan *P-wave*; β adalah kecepatan *S-wave*; c_0 dan c_1 adalah nilai empirik yang didapat dari berbagai macam batuan.

Klasifikasi diatas juga dengan menganalisa hubungan pada *log Gamma Ray*, *P-wave* atau *log sonic* dan *log resistivitas*. Sehingga klasifikasi di atas bisa diambil.



Gambar 4.9.3. Sketsa *Crossplot* antara *P-wave* dan *S-wave*
(*Castagna et al., 1985; Fatti et al., 1994*)

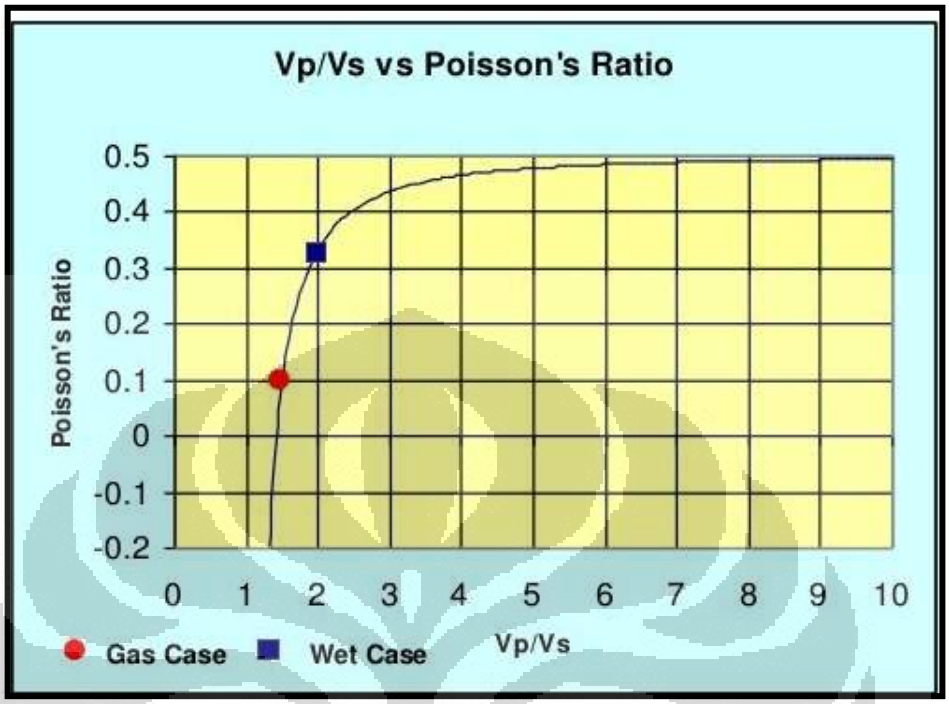


Gambar 4.9.4. Grafik Vp/Vs dengan *Poisson's Ratio*. Sebagai Pembuktian Bahwa di Daerah Reservoar Merupakan *Gas Sandstone* dengan Harga Nilai *Poisson's Ratio* 0,1 .

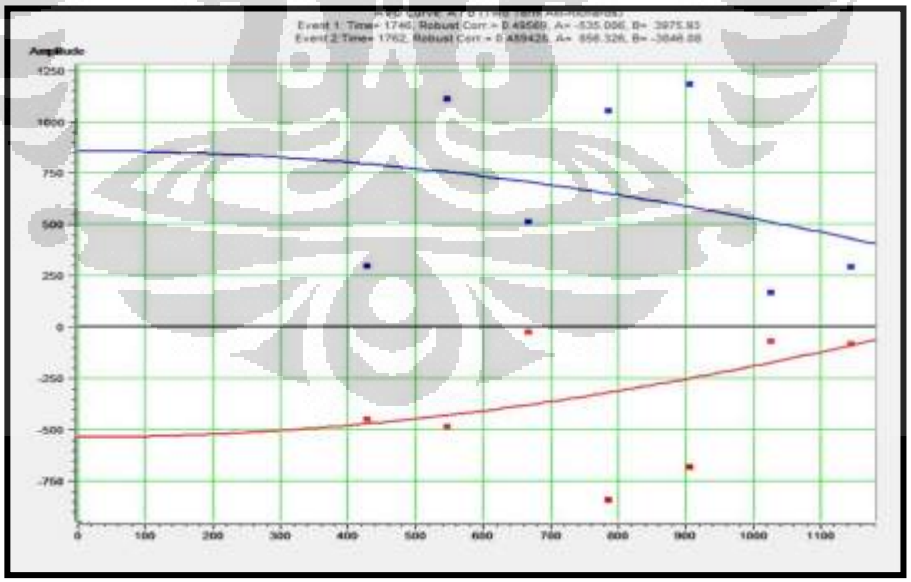
Hal ini mengacu pada teori dari (Russell, 2000) yang menyatakan hubungan Vp/Vs dan *Poisson's ratio* sebagai berikut:

Menurut Russell, reservoar batuan pasir bermuatan gas akan memiliki nilai poisson's ratio sekitar 0,1 dan nilai Vp/Vs yang rendah.

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

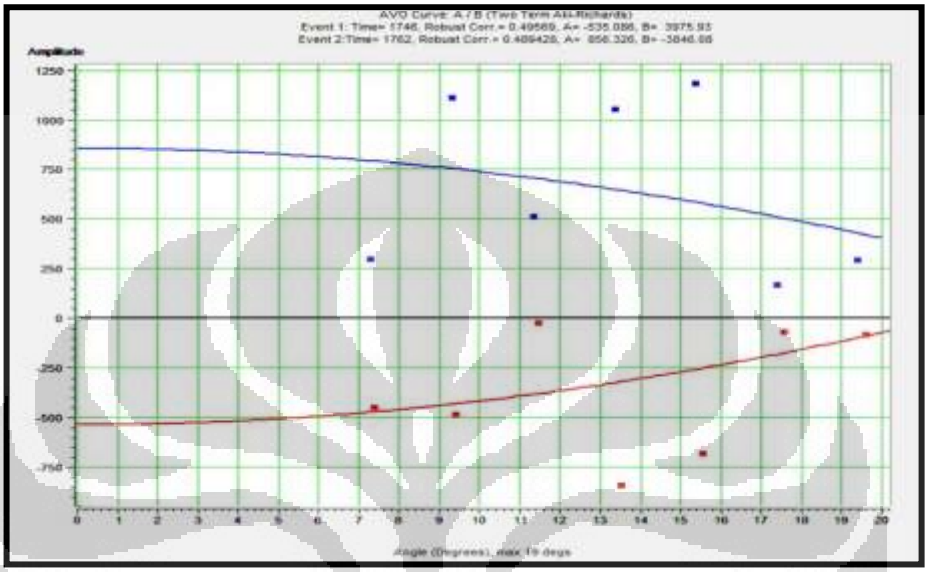


Gambar 4.9.5. Grafik Hubungan Vp/Vs dan *Poisson's Ratio (Russell, 2000)*



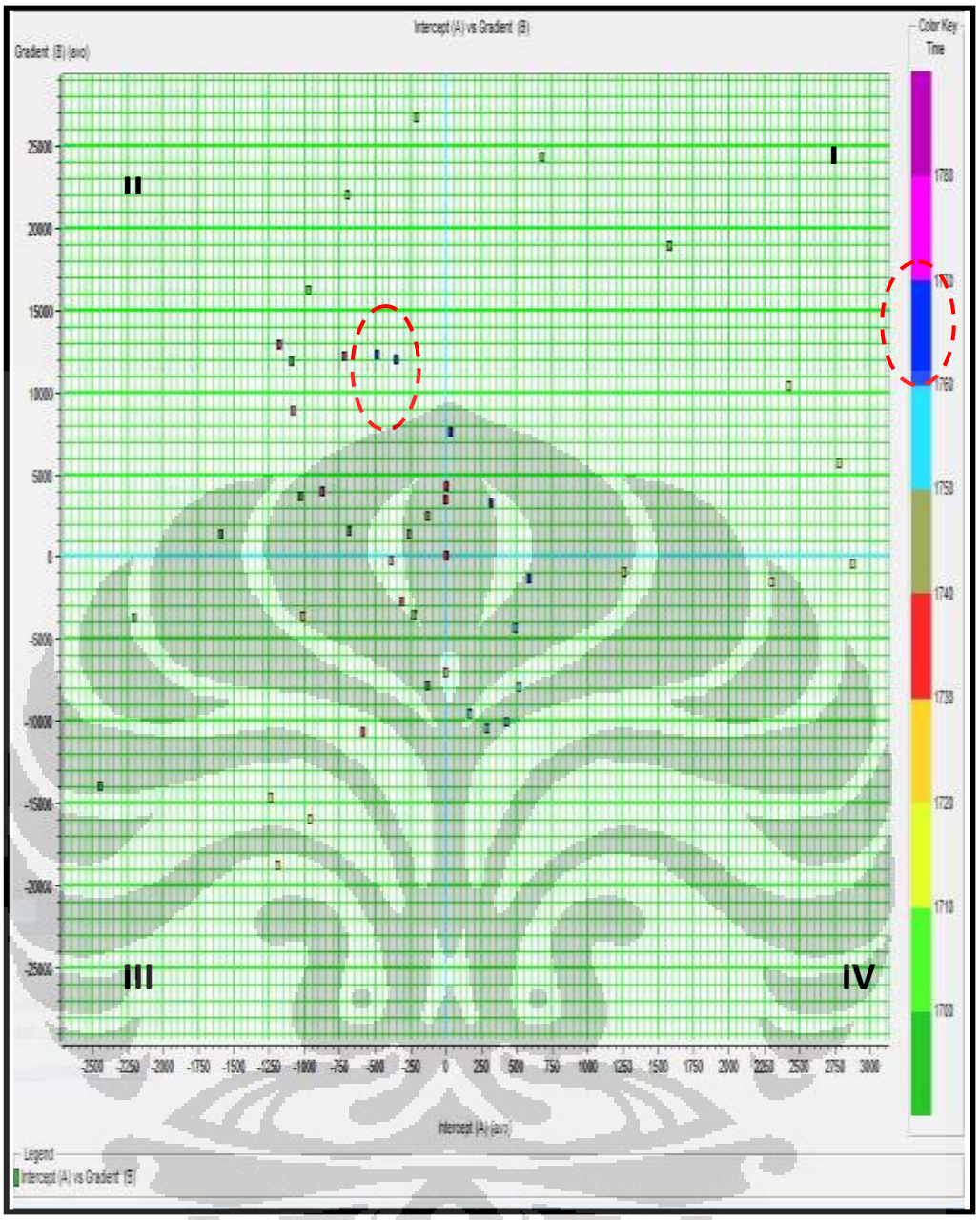
Gambar 4.9.6. Gambar Grafik Amplitudo *Horizon Picking* pada Daerah Reservoar Terhadap Offset.

Grafik pada gambar 4.9.6 menggambarkan amplitudo yang semakin melemah dengan bertambahnya *offset*. Hal ini memiliki kesamaan dengan yang ditampakkan oleh *Angle Stack* untuk *near stack*, *mid stac*k dan *far stack* pada reflektor sekitar reservoar.



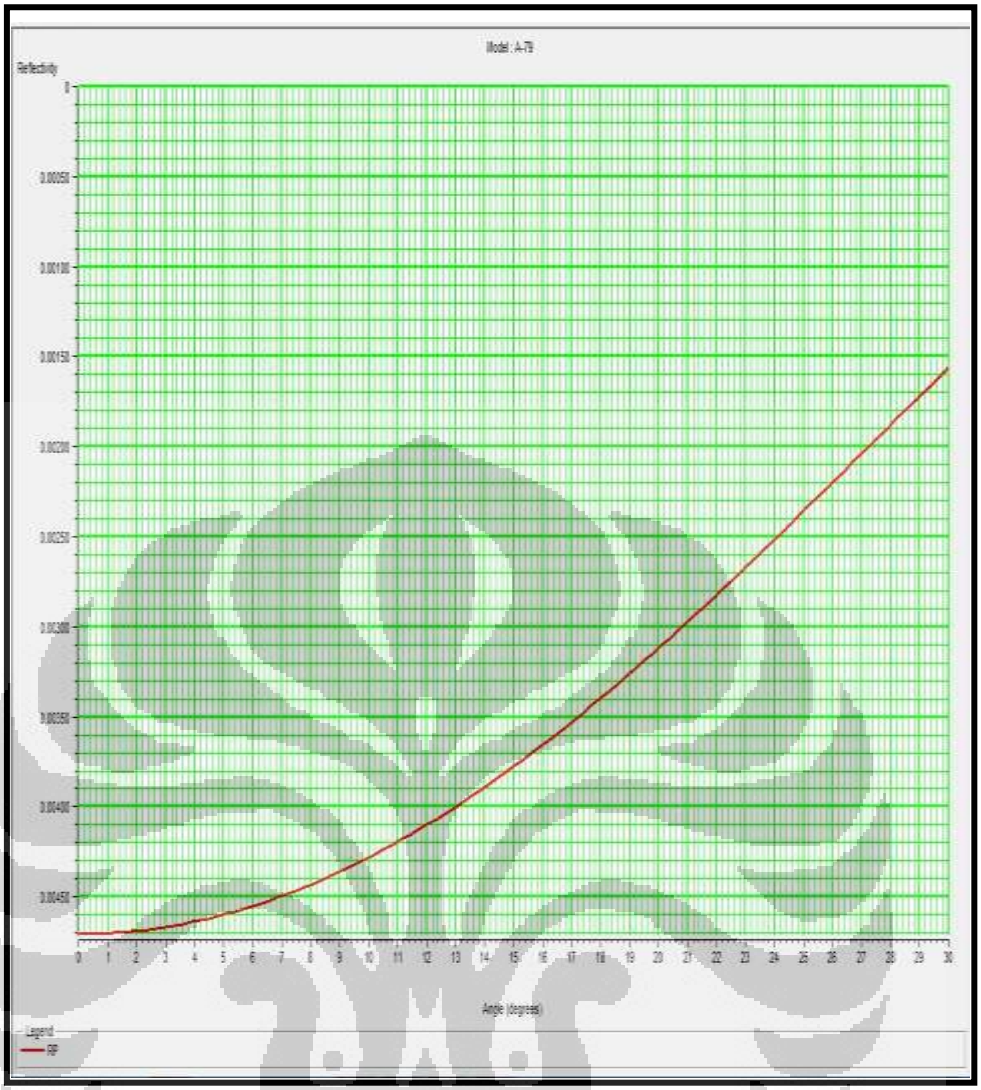
Gambar 4.9.7. Gambar Grafik *Horizon Picking* pada Daerah Reservoar Terhadap *Angle*.

Dari gambar 4.9.7, bahwa amplitudo semakin menurun dengan bertambahnya *Angle*. Grafik ini didapatkan dari menu *gradient* analisis yang ada pada perangkat lunak HRS dengan membandingkan antara amplitudo horison *picking* dan *incident angle* (*degree*)



Gambar 4.9.8. Grafik Hubungan antara Intercept dan Gradient pada Inline 2358 dan Xline 10496 yang Merupakan Daerah Sekitar Data Sumur.

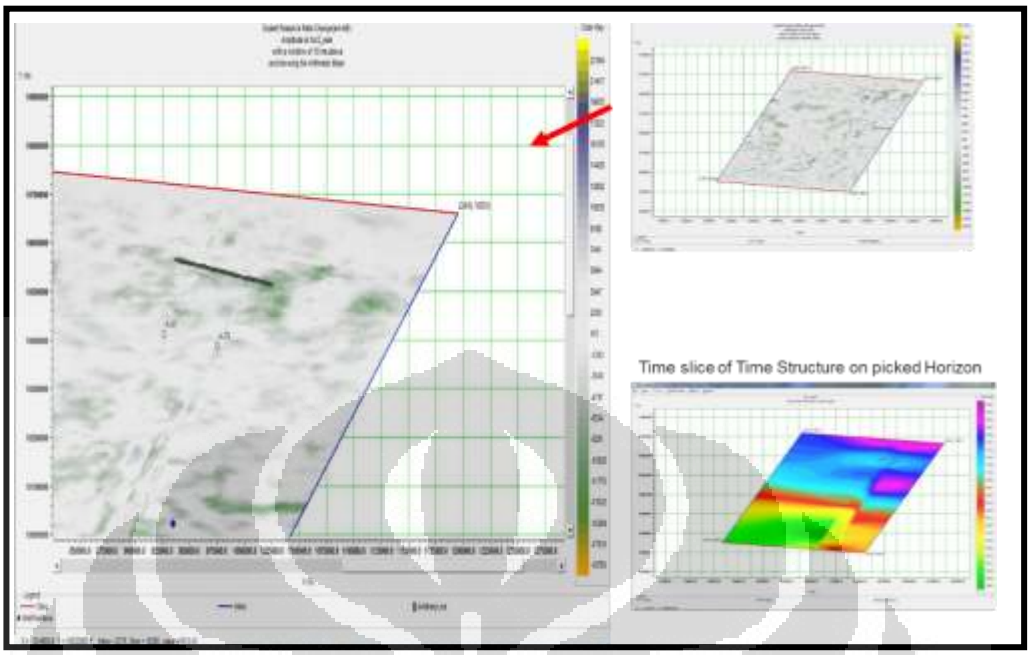
Grafik pada gambar 4.9.8 menjelaskan bahwa pada waktu rentang yang merupakan daerah reservoar lapisan tipis, perkalian A*B berada pada kuadran II. Dimana, menjelaskan anomaly tipe kelas IV.



Gambar 4.9.9. Grafik antara Rp dan A*angle of Incident*.

Grafik 4.9.9 menjelaskan dan sekaligus mempertegas bahwa anomaly AVO di reservoar penelitian adalah anomaly tipe klas IV yang ditandai dengan menurunnya amplitude dengan bertambahnya *angle incident*.

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.



Gambar 4.9.9(a). Gambar Pemetaan Distribusi Gas di Sekitar Reservoir Lapisan Tipis

Dari gambar 4.9.9(a), dilakukan *time slice* pada daerah sekitar reservoar lapisan tipis.

Kemudian dengan melihat anomali nilai amplitudenya, dilakukan *arbitrary line* di sekitar data sumur yang tersedia.

Apabila membandingkan dengan *time slice* dari *time structure*, terlihat bahwa didaerah arbitrary line merupakan daerah cekungan.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian tesis yang berkaitan dengan resrvoar di lapisan tipis adalah:

1. Proses *preconditioning* dengan menggunakan proses pengolahan *F-K Filter*, *Trimming Statics* dan *super gather* mampu menaikkan resolusi dan *Signal to Noise ratio* pada data.
2. Dari hasil analisis AVO dan metode *Cross Plotting* untuk atribut-atributnya, bisa ditarik dugaan bahwa pada reservoar lapisan tipis penelitian ini memiliki tipe anomali AVO tipe IV.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan adalah:

Preconditioning dapat dicoba untuk dilakukan kembali pada data sebelum Pre-STM. Sehingga, preconditioning sebagai input analisis AVO pada lapisan tipis bisa lebih maksimal. Karena pada data penelitian ini, masalah statik dan koreksi waktu akibat *velocity* analisis yang kurang detil masih menjadi penghambat.

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

DAFTAR ACUAN

Brown, A.R., 1999: Interpretation of three-dimensional seismic data, 5th edition. AAPG Memoir 42, Tulsa, Oklahoma, pp. 514.

Chang, C. H., Shih, R. C., Chang, Y. F., 1996, Characteristics of Reflectivity Strength on a Thin Bed, TAO, Vol. 7, No.3, 269-276

Castagna, J. P., Swan, H. W., Foster, D. W., 1998, Framework for AVO gradient and Intercept interpretation, Society of Exploration Geophysicists

Castagna, J. P., 1997, Principles of AVO crossplotting, The Leading Edge

Koesoemadinata, 1980, R. P, Geologi Minyak dan Gas Bumi, penerbit ITB, Bandung

Mamdouh R. Gadalah, 1994, Reservoir Seismology, Geophysics in Nontechnical Language, PennWell Books, p57-61

Paternoster, B., Cauquil, E., Saint-Andre, C., 2011, How Good Seismic Resolutions Needs To Be For Detecting Thin Beds?, OTC (Offshore Technology Conference), Houston, Texas, USA

Pelletier, H., 2009, AVO Crossplotting I: Processing and Calibration Considerations, CSPG CSEG Geo Convention, Calgary, Alberta, Canada

Pelletier, H., 2009, AVO Crossplotting II: Examining V_p/V_s behavior, Frontier+Innovation, CSPG CSEG Geo Convention, Calgary, Alberta, Canada

Pulunggono, A. dan Martodjojo, S., 1994, Perubahan Tektonik Paleogene-Neogene Merupakan peristiwa Tektonik Terpenting I Jawa, Proceeding Geologi an Geotektonik Pulau Jawa, Percetakan NAFIRI, Yogyakarta.

Rafaelsen, B., Andreassen, K., Kuilman, L. W., Lebesbye, E., Hogstad, K. & Midtbø, M. 2002: Geomorphology of buried glacigenic horizons in the Barents Sea from 3-dimensional seismic data. *In* Dowdeswell, J.A.and O'Cofaigh, C., (eds.): *Glacier-Influenced Sedimentation on High-Latitude Continental Margins*, Geological Society of London, Special Publication 203, 259-276.

Yimaz, OZ, 2001, Seismic Data Analysis, Investigations in Geophysics no.10, volume 1, SEG, p.93-94, p.234-241, p.266-269

Yimaz, OZ, 2001, Seismic Data Analysis, Investigations in Geophysics no.10, volume 2, SEG, p.1793-1872

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.

Xiaohong, C., Zhan, L., Zhimin, W., Yunzhuan, W., 2012, The Analysis of Two Reservoir Parameters' Influence on AVO Intercept-Gradient Cross-Plot, EJGE, vol.17

Analisis AVO..., Andre Seno Pujolaksono, FMIPA UI, 2015.