

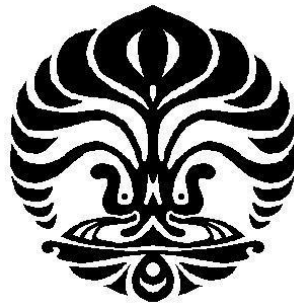
**ANALISIS *SEQUENCE STRATIGRAPHY* MELALUI DATA  
SEISMIK DENGAN METODE AVF: STUDI KASUS DI  
LAPANGAN EBA, EAST NORTH JAVA**

**TESIS**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Master Sains

**Mochamad Wahdanadi Haidar**

**0706171983**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM PASCASARJANA FISIKA  
KEKHUSUSAN GEOFISIKA RESERVOIR  
JAKARTA  
MAY 2009**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : M. Wahdanadi**

**NPM : 0706171983**

**Tanda Tangan :**



**Tanggal : 18 Mei 2009**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : M. Wahdanadi  
NPM : 0706171983  
Program Studi : Pascasarjana Geofisika Reservoir  
Judul Tesis : Analisis *Sequence Stratigraphy* Melalui Data Seismik Dengan Metode AVF: Studi Kasus di Lapangan EBA, North East Java

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Abdul Haris (  )  
Penguji : Prof. Dr. Suprayitno Munadi (  )  
Penguji : Dr. Waluyo (  )  
Penguji : Dr. Charlie Wu (  )  
Ketua Program Studi : Dr. Dedi Suyanto (  )  
Ditetapkan di : Jakarta  
Tanggal : 6 Juni 2009

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kepada ALLAH Yang Maha Kuasa karena hanya atas anugerah-Nya maka tugas akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya sebagai syarat untuk menyelesaikan studi pascasarjana di Program Studi Fisika Kekhususan Geofisika Reservoir, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Tugas akhir ini berjudul "**ANALISIS SEQUENCE STRATIGRAPHY MELALUI DATA SEISMIK DENGAN METODE AVF: STUDI KASUS DI LAPANGAN EBA, EAST NORTH JAVA**", yang membahas peningkatan resolusi vertikal seismik, analisa sequence stratigraphy dari beberapa sumur acuan, dan pemodelan lingkungan pengendapan dari lapisan NM.

Selama melakukan dan menyusun laporan Tugas Akhir penulis banyak mendapatkan dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih seluruh pihak yang telah membantu, antara lain:

1. **Allah SWT** atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya
2. **Orang tuaku tercinta**, terima kasih atas segala Do'a Restu dan cinta yang telah selalu menyertai Anakmu ini.
3. **Adikku tercinta Niko** yang selalu menemani dan membantu mencari solusi virus..
4. **Agung Roniwibowo dan Didik Ardiyanto** yang selalu menemani saat bergadang mengerjakan PR, setia membimbing dan mengarahkan sejak kuliah. Kepercayaanmu kan selalu kujaga. Sungguh kenangan manis bisa bertemu kalian berdua selama kuliah berdiskusi dan belajar bersama serta bermain bersama, sungguh kenangan yang tak bisa dilupakan.
5. **Pak Abdul Haris**, selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis yang sudah membimbing sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Kenangan selama jalan-jalan IBA juga sangat berkesan.
6. **Bachrudin Mansyur, Naslin, Ary Wahyu, dan Johnlighten**, terima kasih atas kesempatan yang diberikan dan bimbingan selama kompetisi IBA 2008.
7. **Bapak Edinas dan Ahmad Sujai**, selaku *advisor* penulis selama di PT. Camar Resources Canada.

8. **Rekan-rekan mahasiswa Geofisika Reservoir UI '07** terima kasih atas segalanya, selama 2 tahun bersama, baik senang maupun susah, terima kasih atas kepercayaan dan bantuan kalian semua.
9. **Seluruh staff Exploration PT. Elnusa Tristar Ramba**, Pak Bambang Murti, Pak Herman Danlinha, Pak Bambang Tedy, Pak Widi Hartono, Pak Yayan, Pak Edi B., Pak Erwin Jahjae, Pak Joko, Pak Kusno, Pak Nur, dan Pak Sugiono atas semua dukungan baik ilmu geologi dan geofisika selama bekerja.
10. **Pak Haji, Andy FP ,Dewi, Guruh, Elin, Risma, Wawan dan teman-temanku**, terima kasih atas diskusi, dukungan, bantuan dan doa yang telah diberikan. Thanks again brur.

Penulis juga menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, hal ini dikarenakan masih terbatasnya pengetahuan dan wawasan penulis. Dan seperti peribahasa tiada gading yang tak retak, maka selayaknya sebagai manusia yang tidak mungkin luput dari kesalahan, penulis mengharapkan saran dan kritik terhadap isi tulisan ini nantinya. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Jakarta, 18 Mei 2009

Penulis,

M. Wahdanadi

## ABSTRAK

Lapisan NM merupakan lapisan yang hanya muncul di beberapa sumur dan memiliki ketebalan rata-rata kurang dari 30 feet setara dengan 10 m, sehingga lapisan ini dianggap sebagai lapisan tipis yang hingga saat ini sangat sulit untuk diperkirakan penyebarannya. Pada lapangan EBA ini ditemukan lapisan NM pada 3 sumur yakni C-4, C-5, dan B-1A.

Hasil analisa sekuen stratigrafi dari log gamma ray ketiga sumur mengenai lapisan NM ini disimpulkan bahwa lapisan ini merupakan endapan pada fase transgresi dengan ciri khas menghalus ke atas dengan ciri khas batuan sandstone berwarna abu-abu terang dengan butiran halus, membundar tanggung, dan terdapat semen silika. Hasil studi sebelumnya menyatakan bahwa endapan ini berada pada lingkungan *shallow marine*.

Data seismik pada Lapangan EBA ini tidak dapat memperlihatkan penyebaran lapisan NM karena keterbatasan resolusi vertikal yang hanya mencapai  $\lambda/4$  m atau berkisar 50 m. Untuk mencari lapisan NM ini maka dari data seismik perlu ditingkatkan resolusi vertikal, hal ini dilakukan dengan metode Amplitude Versus Frequency Filtering dipadukan dengan konsep *bed resolution*.

Filtering Amplitude Versus Frekuensi ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat persebaran lapisan NM sehingga akan bermain pada frekuensi tinggi. Persebaran Lapisan NM dapat diketahui dengan irisan horizon NM dan pemodelan lingkungan pengendapan palaeogeografinya. Penyebaran lapisan NM ini bersifat lokal sehingga area penyebaran NM dibagi menjadi 2 area yakni area utara dan selatan. Area Utara memiliki aktifitas tektonik yang lebih aktif. Berdasarkan peta palaeogeografi, irisan horizon, hasil korelasi analisa sekuen stratigrafi, dan data litologi, maka model lingkungan pengendapan untuk area selatan dan utara adalah Lagoon. Dengan mengetahui penyebaran lapisan NM ini maka perkiraan total cadangan hidrokarbon sebesar 0.719 MMBO.

## ABSTRACT

NM is a reservoir that only shows in a few wells and has thickness for about 30 feet or equally 10 meters, so NM is a thin layer which is difficult to find the distribution. In EBA Field, NM can be found at C-4, C-5, and B-1A wells.

The result of sequence stratigraphy analysis from gamma ray log from 3 wells above tells that NM was deposited at transgressive phase which is marked by fining upward (gamma ray log), light grey fine grained sandstone, sub rounded and silicastic. Previous Study tells NM was deposited at shallow marine environment

Sesimic data at EBA Field can not show the distribution map of NM because its vertical resolution only  $\lambda/4$  m or about 50 meters. In purpose to find the distribution of NM, vertical resolution must be improved by Amplitude Versus Frequency Filtering (AVF) Method combined with Bed Resolution Concept.

High Frequency will be used in AVF, so the distribution of NM will be discovered by NM horizon Slice and Palaeogeography depositional environment model. NM was deposited not all over the area (local distribution) so area will be divide into North NM and South NM. North NM has tectonic activity more than South NM. Based on palaeogeography map, horizon slice, sequence stratigraphy wells correlation, and lithology data so the depositional environment for North NM and South NM is Lagoon. From distribution map, total hydrocarbon reserves in NM is about 0.719 MMBO.

Keywords: Amplitude, Frequency, Sequence Stratigraphy, Bed Resolution

# DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b>	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	iii
<b>KATA PENGANTAR</b>	iv
<b>ABSTRAK</b>	vi
<b>DAFTAR ISI</b>	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	x
<b>DAFTAR TABEL</b>	xii

## **BAB I Pendahuluan**

1.1 Obyek Penelitian	1
1.2 Latar Belakang	1
1.3 Permasalahan	3
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	5

## **BAB II DASAR TEORI**

2.1 Konsep Resolusi Seismik	7
2.2 Dekonvolusi dan Konvolusi	8
2.3 AVF Filtering	10
2.4 Analisa Sekuen Stratigrafi	12

## **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Data Lapangan	15
3.2 Geologi Regional	15
3.2.1 Struktur	15
3.2.2 Stratigrafi	17
3.3 Pengolahan Data Seismik	19
3.3.1 Dekonvolusi	19
3.3.2 AVF Filtering Design dan Konvolusi	20



3.4	Data Sumur	23
-----	------------	----

## **BAB IV ANALISA PENELITIAN**

4.1	Analisa Pengolahan Data Seismik	26
4.1.1	Analisa Dekonvolusi	26
4.1.2	Analisa AVF Filtering	26
4.1.1	Analisa Konsep <i>Bed Resolution</i>	27
4.2	Analisa Sekuen Stratigrafi Sumur	29
4.3	Analisa Well to Seismic Tie	35
4.4	Intepretasi Seismik	36
4.4.1	Intepretasi Seismik NM Selatan	39
4.4.2	Intepretasi Seismik NM Utara	42
4.5	Pemodelan Geologi	44
4.5.1	Pemodelan Geologi NM Selatan	45
4.5.2	Pemodelan Geologi NM Utara	49
4.6	Estimasi Cadangan	52

## **BAB V KESIMPULAN dan SARAN**

5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran	57

## **DAFTAR REFERENSI**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b>	Peta Lokasi Lapangan EBA	1
<b>Gambar 2.1</b>	Perbedaan Interface Resolution dan Bed Resolution	7
<b>Gambar 2.2</b>	Kriteria Rayleigh untuk interface resolution (IR), dimana $s_1$ dan $s_2$ adalah interface yang harus dibedakan	8
<b>Gambar 2.3</b>	Pengembangan kriteria Rayleigh untuk bed resolution (BR), dimana $b_1$ dan $b_3$ adalah lapisan tipis yang harus dibedakan dan $b_2$ lapisan penghalang	8
<b>Gambar 2.4</b>	Frekuensi dominan rendah dan resolusi vertikal seismiknya (Kiri) dan frekuensi dominan tinggi beserta resolusi vertikalnya (Kanan)	10
<b>Gambar 2.5</b>	Perbandingan Antara Data Seismik Asli (Kiri) dan Hasil AVF (Kanan)	11
<b>Gambar 2.6</b>	Model Sekuen Stratigrafi	14
<b>Gambar 3.1</b>	Peta Tektonik dari Cekungan Jawa Timur	16
<b>Gambar 3.2</b>	Struktur Regional dari Cekungan Jawa Timur	16
<b>Gambar 3.3</b>	Paleogeografi dari Kujung II	17
<b>Gambar 3.4</b>	Kolom Stratigrafi dari <i>North East Java Sea Basin</i>	18
<b>Gambar 3.5</b>	Hasil dekonvolusi pada crossline 500	19
<b>Gambar 3.6</b>	Spektrum Amplitude terhadap frekuensi beserta wavelet hasil ekstraksi data asli	20
<b>Gambar 3.7</b>	Proses Filtering dari spektrum amplitude terhadap frekuensi data asli	21
<b>Gambar 3.8</b>	<i>Wavelet AVF Zero Phase</i> (kiri) dan $90^\circ$ Phase (kanan)	21
<b>Gambar 3.9</b>	Flowchart pangolahan data seismik	22
<b>Gambar 3.10</b>	Model stratigrafi sekuen dari log	23
<b>Gambar 3.11</b>	Penggambaran RC dan gelombang	24
<b>Gambar 3.12</b>	<i>Flowchart</i> pengolahan interpretasi seismik dengan AVF	25
<b>Gambar 4.1</b>	Perbandingan spektrum <i>amplitude versus frequency</i> beserta <i>wavelet</i> dari data asli kiri (kiri) dan data hasil penambahan <i>bandwith frequency</i> (kanan)	27
<b>Gambar 4.2</b>	Hasil pengolahan <i>trace</i> dengan konsep <i>interface resolution</i> (atas) dan <i>bed resolution</i> (bawah)	28

<b>Gambar 4.3</b>	Analisis Log Sumur C-4	30
<b>Gambar 4.4</b>	Analisis Log Sumur C-5	31
<b>Gambar 4.5</b>	Analisis Log Sumur B-1A	33
<b>Gambar 4.6</b>	Korelasi stratigrafi Sumur dari barat daya hingga timur laut difat pada Marker 1	34
<b>Gambar 4.7</b>	<i>Well to seismic tie</i> pada sumur C-4 dengan data seismik original	35
<b>Gambar 4.8</b>	<i>Well to seismic tie</i> pada sumur C-4 dengan data seismik AVF	35
<b>Gambar 4.9</b>	Peta struktur Basement dalam waktu	37
<b>Gambar 4.10</b>	Penampang Seismik AVF (Kiri) dan Seismik Original (Kanan)	38
<b>Gambar 4.11</b>	Penampang Seismik AVF beserta <i>Synthetic Seismogram</i> pada sumur B-1	39
<b>Gambar 4.12</b>	Fenomena <i>Channeling</i> pada sumur C-4 di NM selatan pada inline 72	40
<b>Gambar 4.13</b>	Irisan Horizon NM di data seismik asli (kiri) dan AVF (kanan) di NM selatan	41
<b>Gambar 4.14</b>	Fenomena onlap pada sumur B-1A dan C-5 di NM utara	42
<b>Gambar 4.15</b>	Irisan Horizon NM di data seismik asli (kiri) dan AVF (kanan) di NM selatan	43
<b>Gambar 4.16</b>	Model geologi hasil studi sebelumnya	44
<b>Gambar 4.17</b>	Model lingkungan pengendapan lagoon	45
<b>Gambar 4.18</b>	Palaeogeografi di NM selatan	47
<b>Gambar 4.19</b>	Penampang stratigrafi seismik di flat pada marker flat di NM selatan	48
<b>Gambar 4.20</b>	Palaeogeografi di NM utara	50
<b>Gambar 4.21</b>	Penampang stratigrafi seismik di flat pada marker flat di NM utara	51
<b>Gambar 4.22</b>	Area Persebaran Lapisan NM potensial di utara (kiri) dan selatan (kanan)	53
<b>Gambar 4.23</b>	Grafik hasil perhitungan probabilitas cadangan hidrokarbon dengan Monte Carlo pada masing-masing area	54
<b>Gambar 5.1</b>	Perkiraan total cadangan hidrokarbon pada Lapisan NM	57

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Tabel parameter dalam perhitungan cadangan	52
<b>Tabel 4.2</b> Hasil perhitungan cadangan dengan probabilitasnya	55

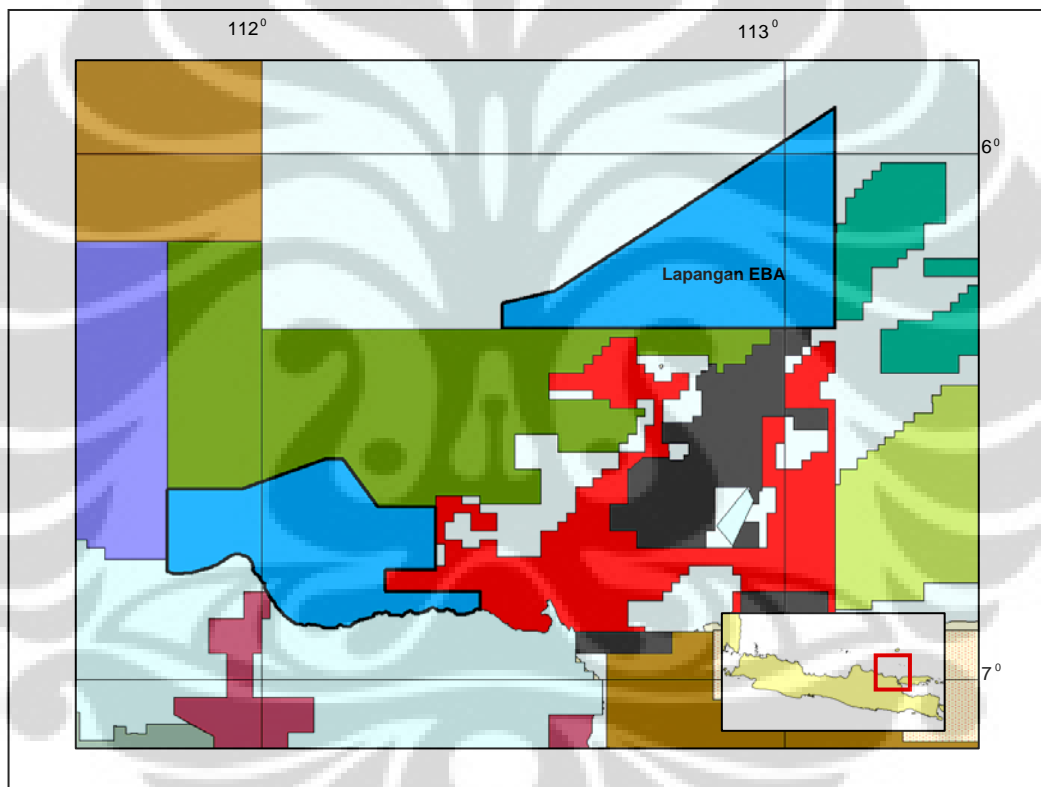


# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Obyek Penelitian

Lapangan EBA, terletak kurang lebih 700 Km Timur Jakarta di Offshore dari Propinsi Jawa Timur, yang dioperasikan oleh Camar Resources Canada, Inc. Obyek penelitian adalah reservoir lapisan NM yang merupakan bagian dari Formasi Kujung Unit 3 (KU3). Penelitian dilakukan berdasarkan data log beserta checkshot masing-masing sumur dan data seismik 3D.



Gambar I.1. Peta Lokasi Lapangan EBA

(Sumber: GDA Report, 2008)

### 1.2. Latar Belakang

Dalam pencarian suatu prospek minyak baru diperlukan ide-ide baru dalam mengembangkan konsep geologi dan geofisika yang sudah ada. Hal ini sangat diperlukan tidak hanya di lapangan eksplorasi namun terus diaplikasikan ke lapangan pengembangan. Sering dijumpai perbedaan operator dapat

mempengaruhi produksi minyak di suatu lapangan, salah satu penyebabnya adalah perbedaan konsep geologi dan geofisika.

Lapangan EBA merupakan salah satu lapangan pengembangan yang terus mencari prospek baru. Hingga saat ini ditemukan suatu lapisan NM yang memiliki prospek baik sebagai interval produksi minyak pada sumur B-1. Lapisan NM ini memiliki ketebalan kurang lebih 33 ft (kurang dari 12 m).

Berdasarkan model Widess (1973), lapisan seismik dengan ketebalan kurang dari  $1/8$  panjang gelombang tidak dapat ditampilkan dengan baik. Lapisan tipis dapat merupakan reservoir penting atau menentukan aspek penting dalam penentuan aliran fluida dalam reservoir. Ditemukan banyak permasalahan dalam menentukan *top* atau *bottom* dari lapisan karena sulit dibedakan. Salah satu cara mengatasi masalah ini adalah dengan meningkatkan resolusi vertikal seismik.

Spektrum frekuensi memiliki informasi penting yang dapat digunakan dalam interpretasi data seismik. Sebagai contoh, Lindseth (1978) menjelaskan respon unik dari spektrum amplitude pada *reef* dan menangkap fenomena dimana terdapat variasi komponen frekuensi dalam respon terhadap lapisan tipis dan tebal.

Sampai saat ini ada beberapa teknik yang digunakan dalam membantu interpretasi lapisan tipis. *Spectral Decomposition* merupakan salah satu teknik yang banyak digunakan, namun fasilitas ini memiliki kelemahan karena harus mencari *tuning frequency* yang sesuai dengan lapisan tipis yang akan diinterpretasikan. Pada umumnya teknik *spectral decomposition* ini juga tidak terdapat pada software interpretasi umum. Teknik *Amplitude Versus Frequency* merupakan teknik sederhana yang dapat membantu secara cepat dalam interpretasi lapisan tipis.

Tesis ini akan menggunakan metodologi untuk mempelajari informasi frekuensi dari lapisan tipis, selain frekuensi juga akan diamati perubahan amplitude dalam domain waktu yang merespon terhadap perubahan komponen amplitude dalam domain frekuensi. Hubungan ini disebut sebagai Amplitude Versus Frekuensi (AVF) yang mengacu pada *Amplitude Versus Thickness* (AVTh). Diharapkan dengan mempelajari spektrum amplitude dan frekuensi,

dapat ditemukan informasi penting yang berguna dalam peningkatan resolusi vertikal.

Pada kesempatan kali ini, penulis akan membahas tentang bagaimana penyebaran lapisan NM dilihat dari data seismik dan geologi serta mencari prospek baru untuk lapisan NM. Dari latar belakang ini, penulis memberi judul tugas akhir ini dengan **“ANALISIS SEQUENECE STRATIGRAPHY MELALUI DATA SEISMIK DENGAN METODE AVF: STUDI KASUS di LAPANGAN EBA, EAST NORTH JAVA ”**

### **1.3. Permasalahan**

Dengan latar belakang yang telah disebutkan sebelumnya, muncul pertanyaan dan permasalahan antara lain:

1. Bagaimana mencari penyebaran dari lapisan tipis NM?
2. Bagaimanakah hubungan amplitude dan frekuensi terhadap ketebalan lapisan untuk meningkatkan resolusi vertikal seismik?
3. Seberapa baik hasil AVF yang dilakukan terhadap model geologi yang sudah dipelajari?
4. Bagaimanakah validasi korelasi sekuen stratigrafi dengan metode AVF?
5. Bagaimana model geologi pada saat terjadinya pengendapan lapisan NM?

### **1.4. Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah memenuhi persyaratan Tugas Akhir tingkat Pascasarjana (S2), dalam mencapai gelar Master dari Universitas Indonesia, sedangkan tujuannya adalah:

- Menentukan siklus sedimentasi pada lapisan NM dilihat dari korelasi sekuen stratigrafi.
- Meningkatkan resolusi vertikal dari data seismik sehingga dapat digunakan untuk membantu intepretasi lapisan NM.
- Membuat peta penyebaran lapisan NM.
- Membuat model lingkungan pengendapan NM.
- Mencari daerah prospek untuk lapisan NM.

## 1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini meliputi beberapa bagian diantaranya adalah:

1. Ruang Lingkup Geologi, pembahasan akan meliputi:
  - Geologi regional dan struktur.
  - Sekuen stratigrafi dari masing-masing sumur dan korelasinya yang akan dibatasi pada sekuen pada saat terjadinya pengendapan lapisan NM.
2. Ruang Lingkup Seismik, pembahasan akan meliputi:
  - Dekonvolusi dan konvolusi data seismik
  - *Amplitude versus Frequency filtering*
3. Ruang Lingkup Interpretasi Seismik, pembahasan akan meliputi:
  - Well to seismic tie pada data seismik asli dan AVF.
  - Interpretasi patahan dan Horizon pada data seismik asli.
  - Interpretasi Horizon untuk memetakan lapisan NM pada data AVF.

## 1.6. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini diawali dengan studi literatur dari berbagai jurnal, well report, dan bahan dari internet. Studi literatur ini diharapkan memberikan pengertian dan konsep dasar teori dan memahami perhitungan dibalik penggunaan software pada setiap metode.

Tahapan selanjutnya adalah test parameter untuk menghasilkan data yg baik terutama pada proses dekonvolusi. Pada proses dekonvolusi sangat penting untuk menentukan zona interest yang akan digunakan untuk ekstrak operator *wavelet* yang kemudian akan diinverse sehingga data seismik menjadi kumpulan dari koefisien refleksi yang baik.

Pada proses AVF filtering, sangat penting untuk menentukan spektrum amplitude versus frekuensi yang akan diekstrak mengingat data seismik yang digunakan tidak sepenuhnya sempurna (ada beberapa bagian yang di *muted*). Spektrum inilah yang menjadi acuan dalam pembuatan disain *wavelet* AVF yang akan berpengaruh pada kualitas data seismik hasil pengolahan AVF.

Analisa sekuen stratigrafi menjadi acuan dalam intepretasi lapisan NM melalui data AVF. Analisa ini dilakukan pada 6 sumur dan dilihat bagaimana korelasinya sehingga dapat diperkirakan bagaimana waktu, jenis endapan dan



penyebaran lapisan NM ini. Model geologi hasil analisa ini dapat digunakan untuk membantu validasi yang telah dilakukan dari interpretasi penyebaran lapisan NM dari data AVF.

Sebelum lanjut ke interpretasi seismik perlu dilakukan *well to seismic tie* baik pada data seismic asli dan data AVF. Proses ini dilakukan untuk menentukan horizon yang akan di pick beserta validasi kedekatan hubungan antara sumur dan data seismik yang dilihat dari cross correlation antara data well (yang diturunkan menjadi *synthetic seismogram*) dan data seismik.

Intepretasi seismik merupakan tahapan final dalam penelitian ini. Dilakukan intepretasi struktur dan horizon batasan untuk lapisan NM pada data seismik asli yang akan menjadi acuan dalam intepretasi lapisan NM dari data seismik AVF. Hasil intepretasi ini akan dipetakan baik dalam peta struktur waktu dan *horizon slice* (irisian horizon) untuk melihat adanya prospek baru pada lapisan ini.

### **1.7. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan penelitian ini terdiri dari lima bab. Kelima bab ini menjelaskan latar belakang, landasan teori, proses pengolahan, analisis, dan kesimpulan.

Pada bab satu akan menjelaskan obyek penelitian, latar belakang ,tujuan. Di dalam bab ini akan menggambarkan secara umum permasalahan yang ada dan tujuan dari penelitian ini. Dijelaskan pula metodologi penelitian ini secara singkat.

Pada bab dua akan mendeskripsikan dasar-dasar teori yang digunakan untuk mendukung penelitian dimulai dari konsep resolusi seismik, dekonvolusi beserta konvolusi, *Amplitude Versus Frequency filtering*, dan analisa sekuen stratigrafi.

Pada bab tiga akan memaparkan tentang data lapangan yang digunakan, pengolahan data seismik, dan data sumur beserta *flowchart* dari keseluruhan proses yang dilakukan.

Pada bab empat merupakan pembahasan dari hasil studi yang mencakup Analisa Pengolahan Data Seismik, Analisa Sekuen Stratigrafi sumur, Analisa *Well*

*to Seismic Tie*, Analisa Intepretasi Seismik, pemodelan geologi lingkungan pengendapan, dan perkiraan cadangan hidrokarbon lapisan NM.

Pada bab lima berisi tentang kesimpulan-kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini dan rekomendasinya untuk memperbaiki penelitian selanjutnya.



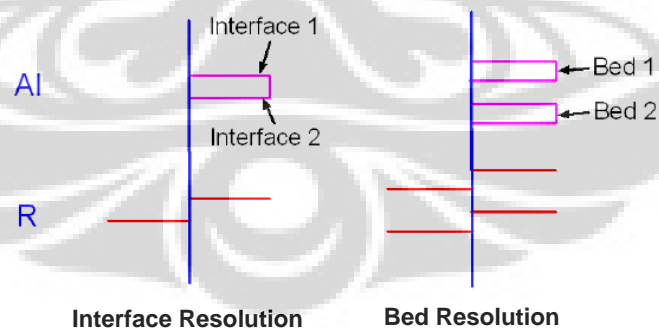
## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1. Konsep Resolusi Seismik

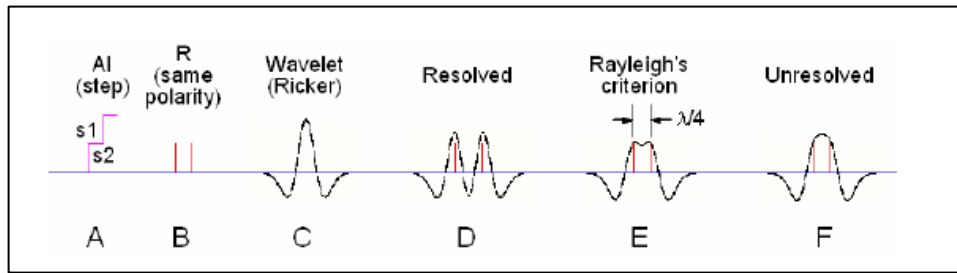
Resolusi seismik adalah jarak minimum antara 2 obyek (lapisan) yang dapat dipisahkan oleh gelombang seismik dan berhubungan erat dengan fenomena interferensi (Sukmono.S, 1999). Ada beberapa hal yang dapat berpengaruh pada resolusi seismik, diantaranya frekuensi, kecepatan, panjang gelombang ( $\lambda$ ), dan ketebalan lapisan batuan itu sendiri. Ketika batuan memiliki ketebalan  $\frac{1}{4} \lambda$  maka terjadi interferensi konstruksi maksimum dan ketebalan lapisan ini disebut *tuning thickness*. *Tuning thickness* ini akan berpengaruh pada resolusi vertikal seismik.

Secara umum terdapat dua konsep dasar (*tuning thickness*) dari resolusi seismik yakni *interface* dan *bed resolution*. *Interface resolution* adalah resolusi berdasarkan pada bidang kontak antara lapisan, sehingga pada satu bidang kontak antara dua lapisan terdapat satu koefisien refleksi. *Bed resolution* adalah resolusi berdasarkan lapisan dimana koefisien refleksi diambil mulai pada awal dan akhir lapisan tidak hanya pada bidang batas, untuk dapat memahami perbedaan konsep tersebut dapat diperhatikan Gambar 2.1 berikut:



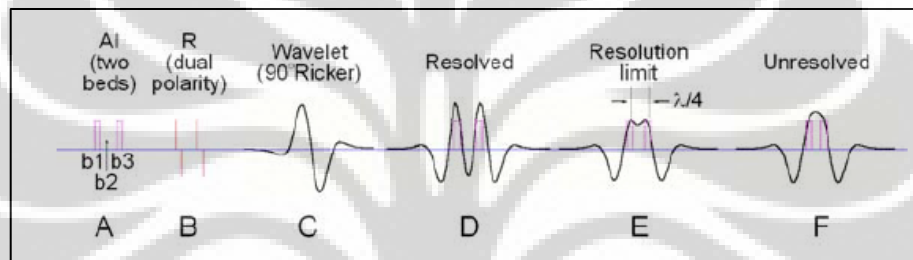
Gambar 2.1. Perbedaan Interface Resolution dan Bed Resolution

(Sumber : Zeng, 2008)



Gambar 2.2. Kriteria Rayleigh untuk interface resolution (IR), dimana s1 dan s2 adalah interface yang harus dibedakan

(Sumber : Zeng, 2008)



Gambar 2.3. Pengembangan kriteria Rayleigh untuk bed resolution (BR), dimana b1 dan b3 adalah lapisan tipis yang harus dibedakan dan b2 lapisan penghalang

(Sumber : Zeng, 2008)

## 2.2. Dekonvolusi dan Konvolusi

Dekonvolusi adalah proses memampatkan wavelet dasar dari rekaman seismogram, melemahkan reverberation dan multiple jangka pendek kemudian meningkatkan resolusi temporal sehingga menjadi representasi dari refleksi bawah permukaan. Tahapan ini dapat dilakukan sebelum maupun sesudah proses *stacking* pada data seismik.

Dalam rekaman seismik, lapisan batuan diwakili oleh density dan velocity yang sering disebut seismik impedance. Adanya perbedaan kontras pada perbedaan lapisan batuan menyebabkan adanya refleksi yang direkam sepanjang profil permukaan layar batuan tersebut. Rekaman seismik dapat dimodelkan sebagai hasil konvolusi dari wavelet dan impuls respon dari bumi (koefisien refleksi). *Wavelet* terdiri dari banyak komponen antara lain sumber gelombang

seismic, *recording filter*, *surface reflection*, *receiver array response*, dan sebagainya. Impuls respon dari bumi dapat terlihat apabila *wavelet* berbentuk *spike* (tajam).

Secara ideal, dekonvolusi harus memadatkan komponen *wavelet* dan menghilangkan *multiple short period* sehingga hanya menghasilkan refleksi dari bumi pada seismik trace. Kompresi *wavelet* kompresi dapat dilakukan dengan menggunakan *inverse filter* sebagai operator dekonvolusi. Sebagai sebuah *inverse filter* maka setelah dikonvolusi dengan seismik *trace* akan menghasilkan respon impuls dari bumi (persamaan 2.1).

$$R(t) = W^{-1}(t) * T(t) \quad (2.1)$$

Dengan:  $R(t)$  = fungsi refleksi koefisien terhadap waktu  
 $W^{-1}(t)$  = operator *inverse* dari fungsi *wavelet* terhadap waktu  
 $T(t)$  = fungsi *trace input* terhadap waktu

Pada penelitian ini digunakan metode *zero phase deconvolution*. Dekonvolusi tersebut merupakan pengembangan dari *spiking deconvolution*. *Spiking deconvolution* merupakan proses penerapan sebuah operator konvolusi yang ditentukan secara statistik terhadap sebuah data seismik dengan phase minimum bertujuan untuk mendapatkan refleksi utama berbentuk tajam (*spike*). Operator hasil *spiking deconvolution* (*minimum phase*) diubah menjadi *zero phase* kemudian dikonvolusikan ke data dan didapatkan refleksi utama (*spike*) data seismik yang berfase nol (*zero phase*).

*Operator length* merupakan suatu parameter yang digunakan untuk memperbaiki jendela autokorelasi *wavelet*, sebelum dilakukan penghitungan koefisien operator filter dekonvolusi. Hal ini dibutuhkan untuk menghilangkan *wavelet* dengan waktu singkat dari autokorelasi dari *trace input*, sehingga autokorelasi dari *wavelet* seismic yang tidak diketahui dapat diperkirakan.

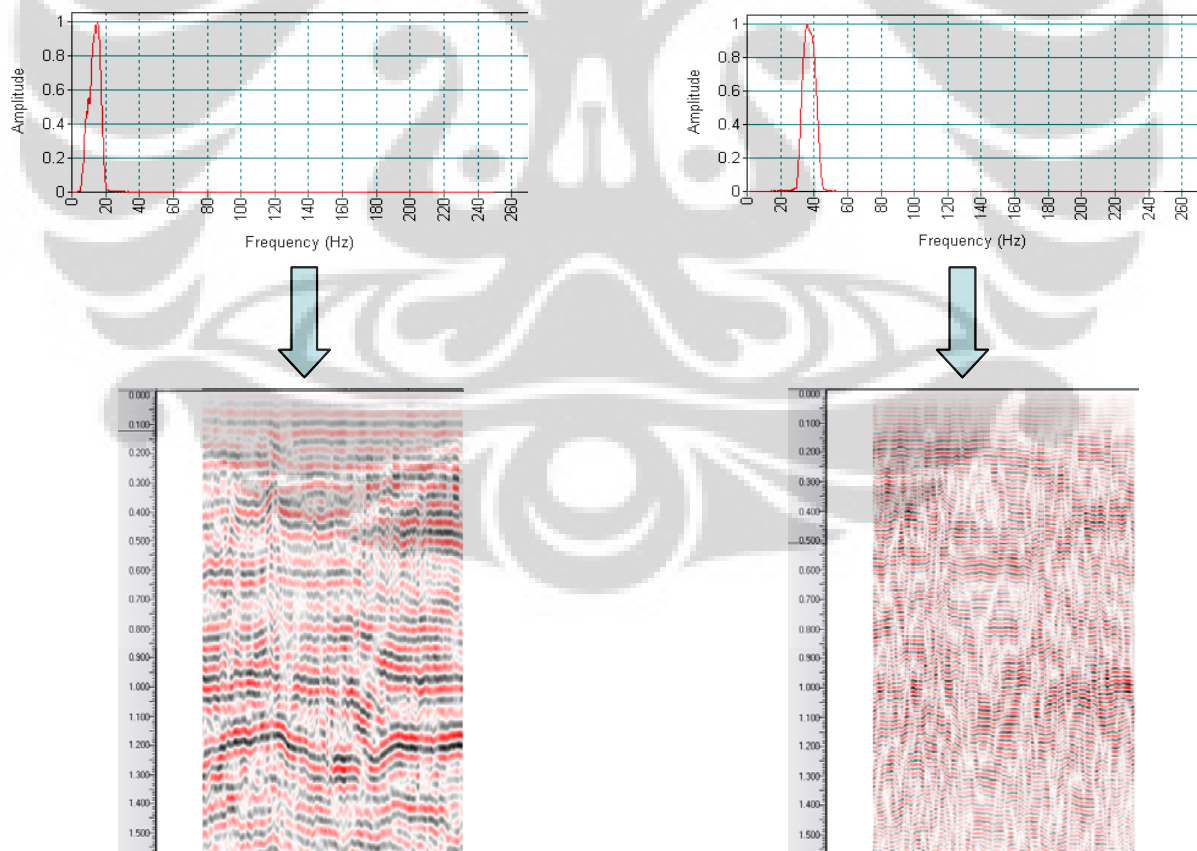
*Prewhitening* adalah suatu *noise* buatan yang ditambahkan sebelum dekonvolusi untuk memastikan stabilitas perhitungan numerik karena spektrum amplitude dari operator *zero phase deconvolution* yang mendekati *inverse* dari spectrum amplitude dari *input wavelet*. *Prewhitening* dilakukan dengan

menambahkan suatu konstanta yang bernilai kecil dengan fungsi autokorelasi *zero lag*. Hal ini setara dengan menambahkan suatu *white noise* buatan terhadap spektrum frekuensi dari input trace yang diprioritaskan untuk dekonvolusi.

*Autocorrelation window* merupakan jendela waktu (*start* dan *end time*) yang didefinisikan untuk proses autokorelasi terhadap *trace input*. Penggunaan dekonvolusi pada data seismik akan menambah resolusi temporal dari data seismik (Yilmaz,1987), namun dapat menambahkan *noise* apabila diaplikasikan pada frekuensi tinggi (Sheriff, 2004).

### 2.3. AVF Filtering

Sebelum masuk ke dalam *amplitude versus frequency filtering* akan lebih baik mengetahui bagaimana hubungan antara amplitudo, frekuensi dan ketebalan (dalam domain waktu). Amplitudo dan frekuensi adalah atribut dasar di dalam data seismik. Spektrum amplitudo terhadap frekuensi mencerminkan frekuensi dominan dan bandwidth gelombang dari data seismik.



Gambar 2.4. Frekuensi dominan rendah dan resolusi vertikal seismiknya (Kiri) dan frekuensi dominan tinggi beserta resolusi vertikalnya (Kanan)

Gambar 2.4. menjelaskan tentang perbedaan frekuensi dominan pada satu data seismik. Frekuensi dominan akan berpengaruh pada resolusi vertikal, ditunjukkan oleh lebih tipisnya reflektor yang ditampilkan karena ketebalan reflektor merupakan fungsi waktu. Hal ini dijelaskan oleh persamaan berikut.

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.1)$$

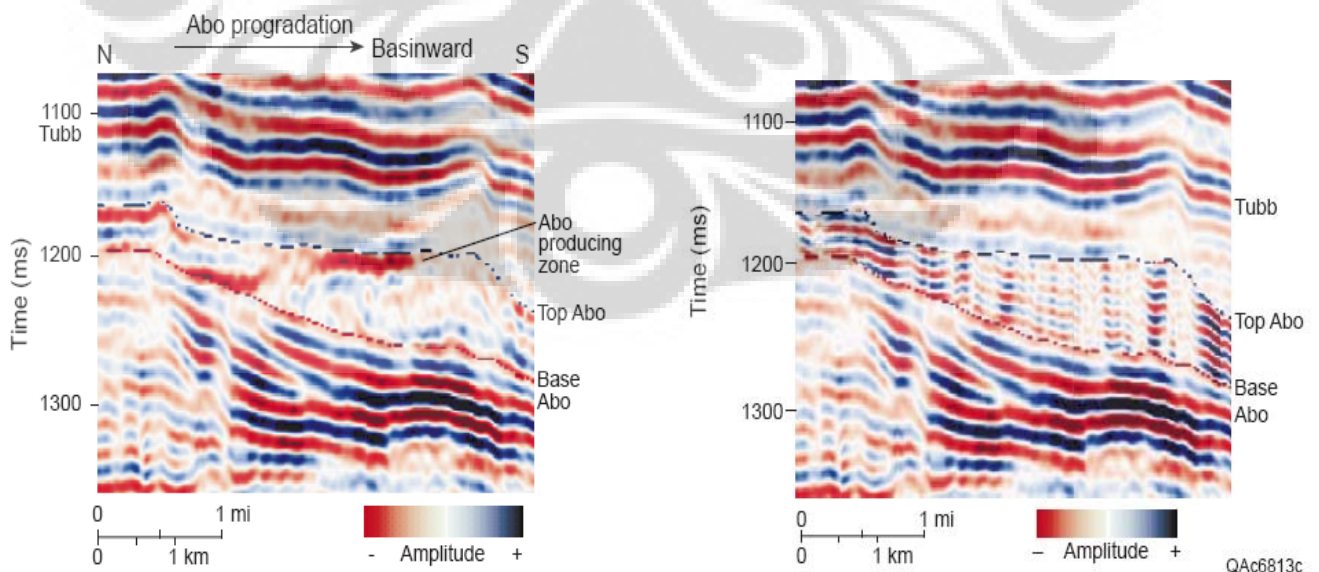
Dengan:

f = frekuensi gelombang (hz)

T= periode gelombang (s)

Karena frekuensi merupakan kebalikan dari periode maka semakin tinggi frekuensi maka periode yang dihasilkan semakin kecil. Dalam hal ini periode merupakan satu parameter yang menentukan tebal tipisnya reflektor (lapisan) dalam domain waktu (*two way time*).

*Amplitude Versus Frequency Filtering* merupakan teknik filter (menyaring) yang bertujuan untuk mengubah frekuensi dominan dengan cara mengeliminasi energi seismik yang berada diantara garis filter AVF dan *spectrum envelope*. *Bandwith maximum* dipertahankan untuk menampilkan resolusi temporal dari hasil *wavelet*. Fase dari *wavelet* yang sesungguhnya dipertahankan agar data set baru dapat dibandingkan dalam domain waktu.



Gambar 2.5. Perbandingan Antara Data Seismik Asli (Kiri) dan Hasil AVF (Kanan)

(Sumber : Zeng, 2008)

Gambar 2.5. menunjukkan perbedaan resolusi vertikal dari data seismik asli dan hasil filter. Terlihat bahwa data seismik hasil filtering sangat membantu untuk interpretasi lapisan tipis namun dibatasi oleh *top* dan *base* formasi Abo. Sehingga untuk melakukan hasil analisis dari data seismik hasil AVF filtering diperlukan analisis sekuen stratigrafi dan struktur geologi untuk menentukan *top* dan *base* formasi dari lapisan NM.

#### 2.4. Analisa Sekuen stratigrafi

Analisa sekuen stratigrafi adalah ilmu yang mempelajari hubungan batuan secara urutan waktu pengendapan dan pengulangan secara umum terkait dengan lapisan dibatasi dengan permukaan erosi, tidak ada pengendapan, atau keselarasannya. Aplikasi dari stratigrafi sekuen membutuhkan pengertian terhadap mekanisme dan proses-proses yang mengontrol pola-pola sedimentasi pada cekungan sedimen. Pola-pola sedimentasi pada endapan non marin maupun paparan dikontrol oleh dua parameter utama, yaitu besarnya *influx* sedimen, dan perubahan ruang akomodasi sebagai tempat sedimen diendapkan.

Sekuen pengendapan dibatasi oleh ketidakselarasan dan keselarasan yang korelatif dengan ketidakselarasan akan membentuk *Sequence Boundary* (SB). Sekuen pengendapan juga ditandai oleh adanya *Maximum Flooding Surface* (MFS) yang merupakan penanda atau *marker* bahwa terjadi kenaikan muka air relatif (*relative sea level*) secara maksimum dalam satu siklus pengendapan. Baik SB maupun MFS membentuk permukaan yang diharapkan dapat diamati pada log, *core*, singkapan, maupun penampang seismik. Identifikasi dari permukaan stratigrafi dan analisis dari pola penumpukan fasies menjadi dasar dari analisis stratigrafi sekuen.

Sekuen pengendapan yang lengkap akan membentuk sebuah siklus stratigrafi, yang dapat dibagi menjadi tiga *stacking pattern* yang mewakili fasa yang berbeda dari regresi dan transgresi dalam siklus pengendapan (Posamentier dan Vail, 1988). *Stacking pattern* tersebut disebut sebagai *system tracts* (Posamentier dan Vail, 1988). Ketiga *system tracts* tersebut adalah : *Lowstand Systems Tract (LST)*, *Transgressive Systems Tract (TST)*, dan *Highstand Systems*



*Tract (HST)*, dimana masing-masing *systems tract* akan membentuk urutan fasies yang khas.

*Lowstand system tract (LST)* terletak diatas batas sekuen yang merupakan ketidakselarasan yang terlihat dipermukaan *shelf* dan *correlative conformity* ke arah laut.

*Lowstand system tract* dibagi menjadi 2 bagian fase, yaitu *early* (awal) dan *late* (akhir). Awal *lowstand system tract* terjadi penurunan muka air laut relatif, dan akhir *lowstand system tract* terjadi ketika muka air laut relatif stabil dan naik perlahan. Selama awal *lowstand tract* sungai mengalami torehan, dan *shoreline* menjadi normal regresi. *Coastal onlap* bergerak ke arah laut pada awal LST, dan bergerak ke arah darat pada akhir *Lowstand system tract* juga ditandai oleh peningkatan akomodasi yang cepat yang menyebabkan pengurangan perbandingan pasir-lumpur.

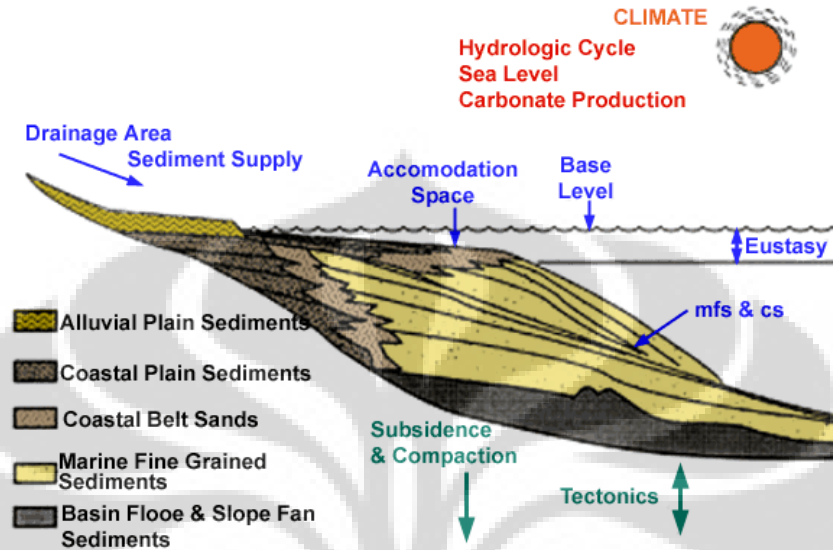
*Transgressive Systems Tract (TST)*, terdiri atas sedimen yang diendapkan saat kenaikan relatif muka air laut lebih cepat daripada kecepatan suplai sedimen. Batas atas dari TST, dicirikan oleh *Maximum Flooding Surface*, yang menandai batas paling atas dari transgresi (Posamentier dan Vail, 1988).

*Highstand Systems Tract (HST)*, terdiri atas urutan-urutan regresif yang diendapkan saat kenaikan muka air laut berkurang sampai lebih kecil daripada kecepatan suplai sedimen. HST dibatasi pada bagian bawahnya oleh MFS, dan pada bagian atas oleh batas sikuen (SB) berikutnya. (Posamentier dan Vail, 1988).

Sikuen dapat dibagi menjadi beberapa tipe yang dikenal dengan *depositional sequences*, antara lain :

- Tipe 1, terbentuk ketika muka air laut relatif turun pada *shoreline* terhadap fisiografi cekungan. Tipe tersebut dibatasi oleh batas sikuen tipe 1 yang tersusun atas ketidakselarasan stratigrafi kearah darat dari *shoreline lowstand*. Sikuen tipe 1 disusun oleh *lowstand system tract*.
- Tipe 2, terbentuk ketika tidak terjadi turunnya muka air laut relatif. Sikuen tipe 2 ini merupakan siklus *rising-falling sea level* tanpa ada *lowstand system tract* dan dibatasi oleh batas sikuen tipe 2 yang tidak membentuk ketidakselarasan. Dalam tipe 2 batas sikuen berdekatan dengan permukaan penurunan muka air laut maksimum yaitu antara batas fasies naik dan

turunnya muka air laut pada pola *stacking* .Tipe 2 berada langsung di atas *highstand system tract* dan tidak ada *lowstand system tract*



Gambar 2.6.. Model Sekuen Stratigrafi

(Sumber : Vail, 1998)

## **BAB III**

### **METODA PENELITIAN**

#### **3.1. Data Lapangan**

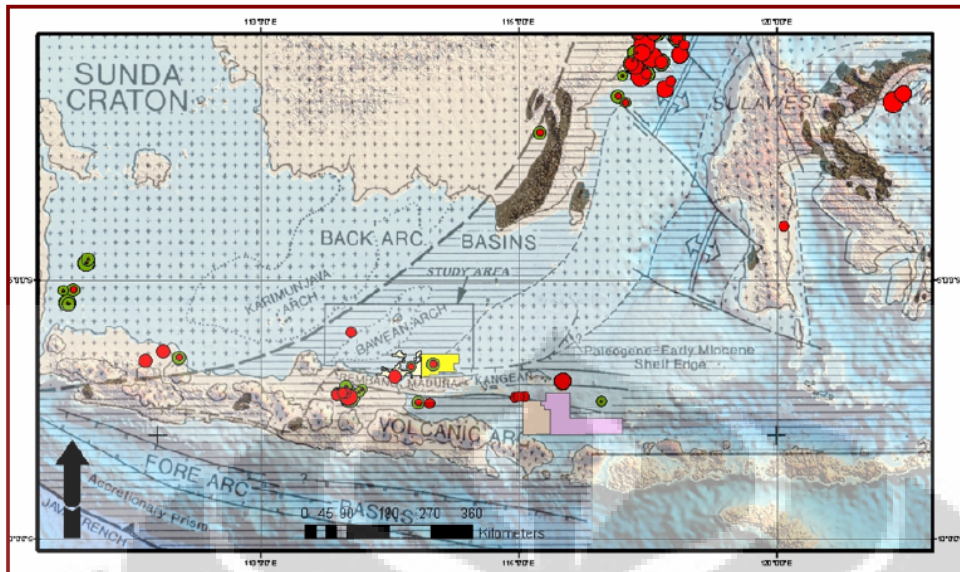
Lapangan EBA memiliki luas sekitar 131.4 Km<sup>2</sup> (18 Km x 7,3 Km) dengan data seismic 3D (PSTM), 6 sumur lengkap dengan data log termasuk di dalamnya Gamma Ray , Resistivitas , Sonic, dan Density, beserta checkshot masing-masing sumur.

#### **3.2. Geologi Regional**

Lapangan EBA terletak di daerah Cekungan Jawa Timur, dimana aktifitas tektonik sangat berperan dalam proses pengendapan dan *petroleum system*. Secara regional gaya yang bekerja dapat dilihat pada gambar 3. Adanya subduksi Arah gaya yang divergen (ekstensional) menyebabkan banyak terjadinya patahan normal. Lipatan dan sesar yang ada akan mempengaruhi kualitas dari data seismic yang ada terutama dalam intepretasi. Proses pengendapan juga sangat dipengaruhi oleh aktifitas tektonik dan struktur yang berkembang.

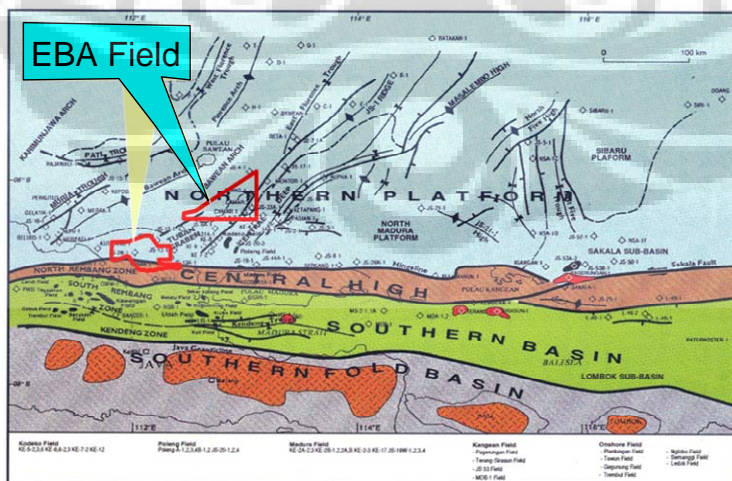
##### **3.2.1. Struktur**

Dalam struktur regional, Cekungan Jawa Timur terletak di dekat batas selatan dari Lempeng Sundaland yang ditandai dengan garis memanjang dari Pegunungan Meratus di Kalimantan Selatan menuju barat daya Jawa melalui Karimunjaya *Arch* (lipatan antiklin skala regional). Tren mencolok dari timur laut menuju barat daya mengontrol geologi regional dari Laut Jawa Timur akibat dari subduksi Cretaceous dibawah Lempeng Sundaland. Beberapa *trough* (palung) dan *ridge* (pematang) berkembang sepanjang tren ini.



Gambar 3.1. Peta Tektonik dari Cekungan Jawa Timur  
(Sumber: Manur dan Barraclough, 1982)

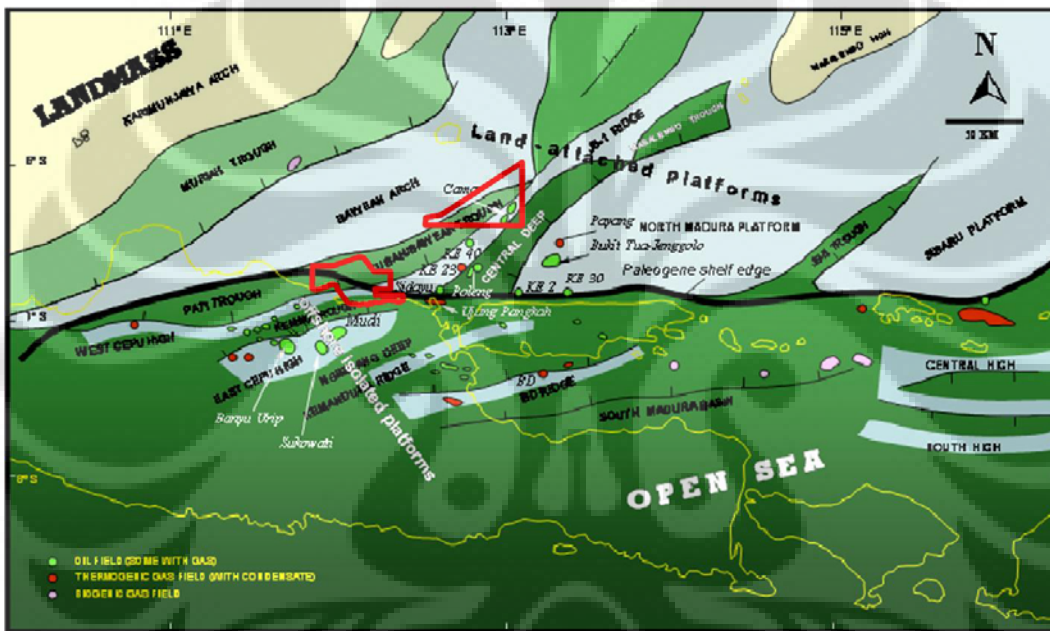
Sebuah tren struktur arah timur-barat juga telah terbentuk pada *Cretaceous* diikuti dengan tren dari Rembang-Madura *Hinge*, sebuah kemungkinan perubahan patahan menandakan pengaruh selama *Cretaceous* dan sebuah fase tektonik ekstensional selama *Eocene* dan *Paleocene*.



Gambar 3.2. Struktur Regional dari Cekungan Jawa Timur  
(Sumber: Robertson Research, 1987)

### 3.2.2. Stratigrafi

Endapan di Lapangan EBA terletak di atas *Pre-Tertiary Basement High* dan endapan paling tua yang pernah ditemukan berumur Early (Lower) Oligocene dari NM (Kujung III). Interval NM ini terdiri dari campuran endapan karbonat, sandstone, dan mudstone. Terdapat sekuen limestone dari *shallow marine* dan mudstone dari Kujung II yang menutupi interval NM.

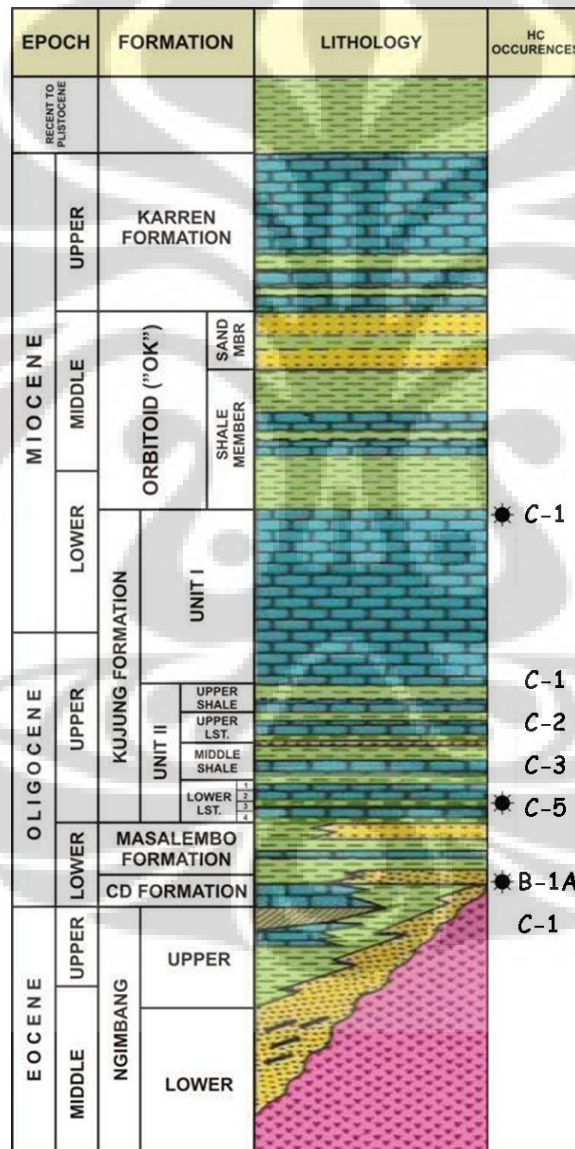


Gambar 3.3. Paleogeografi dari Kujung II

(Sumber: Satyana, 2003)

Dari kolom stratigrafi terlihat susunan formasi yang terdapat pada cekungan Jawa Timur Utara. Tidak semua Formasi terdapat pada area telitian. Di lapangan EBA endapan sedimen paling tua berumur Early (Lower) Oligocene terletak secara tidak selaras diatas batuan *pre-tercier*. Endapan ini dinamakan Formasi NM (Masalembo) dengan lingkungan pengendapan pantai sampai dengan laut dangkal. Adapun litologi penyusunnya merupakan batupasir. Formasi NM (masalembo) merupakan formasi yang sudah terbukti sebagai reservoir pada area telitian dengan

adanya sumur B-1A yang merupakan sumur eksplorasi pertama di area ini dengan target Formasi NM (Masalembo). Hasil DST menunjukkan 850 BOPD pada reservoir tersebut. Secara sistem Petroleum, batuan induk dari reservoir ini merupakan Formasi Ngimbang atau CD yang terletak di Camar Trough, sedangkan batuan penutup (seal) adalah merupakan batugamping atau shale dari Formasi Kujung.



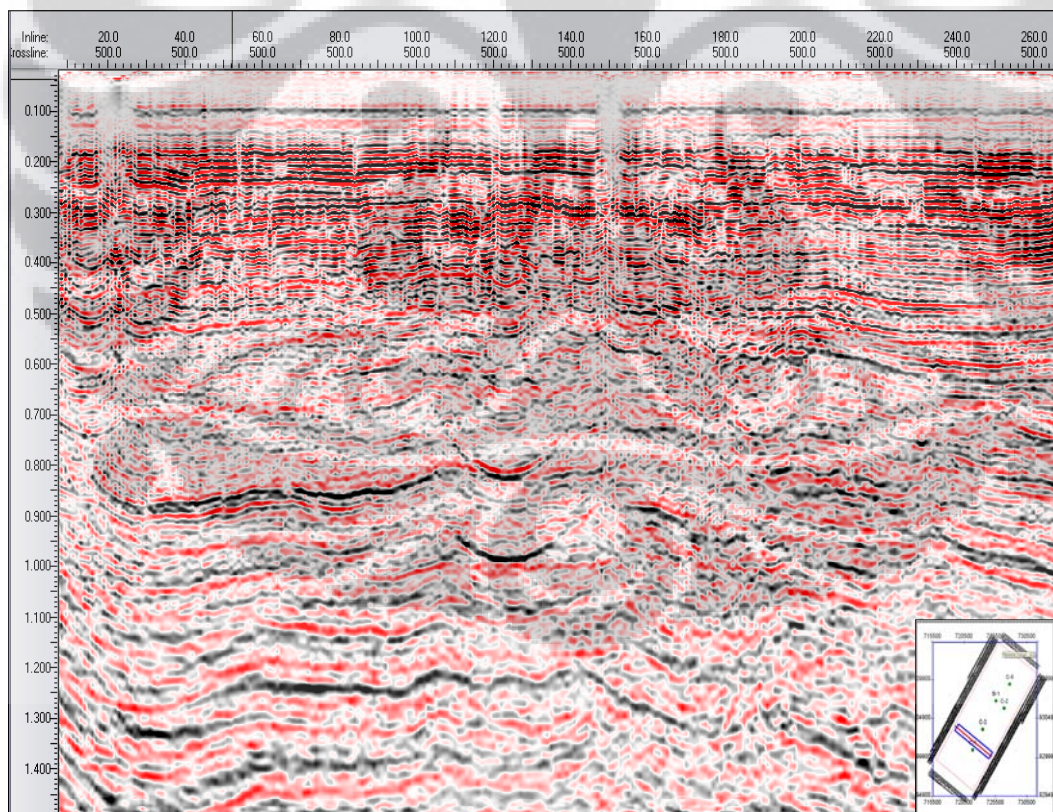
Gambar 3.4. Kolom Stratigrafi dari North East Java Sea Basin  
(Sumber: Entepriase, 1994)

### 3.3. Pengolahan Data Seismik

Pengolahan data seismik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah processing dasar yang bertujuan untuk memfilter data seismik dengan metode *Amplitude Versus Frequency Filtering*. Dengan melakukan filter ini diharapkan data seismik yang sudah diolah mengandung lebih sedikit *noise* dengan resolusi vertikal lebih baik karena sudah menggunakan konsep *bed resolution*. Ada beberapa tahapan processing seismik yang dilakukan, seperti:

#### 3.3.1. Dekonvolusi

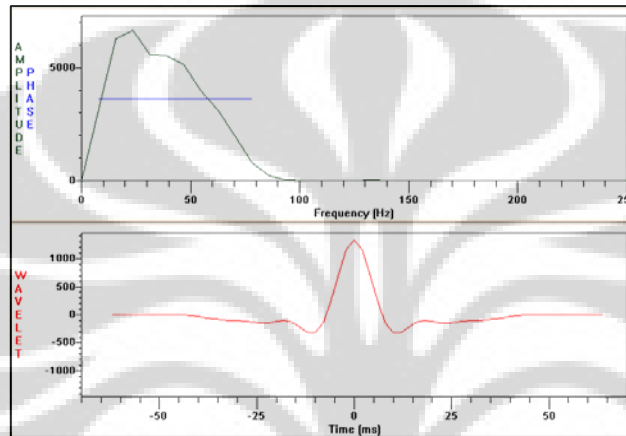
Data seismic 3D *Segy Poststack* didekonvolusi untuk mengurangi noise dan mendapatkan *Reflection Coeficient* (RC). Metode dekonvolusi yang digunakan adalah *Zero Phase Deconvolution*. Hasil dari *Zero Phase Deconvolution* adalah RC tanpa *lag time* atau waktu tunda.



Gambar 3.5. Hasil dekonvolusi pada crossline 500

### 3.3.2. AVF Filtering Design dan Konvolusi

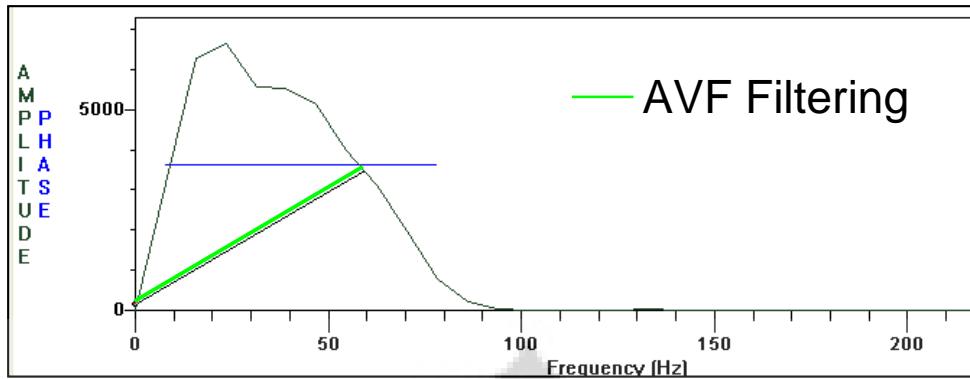
Spektrum amplitude terhadap frekuensi dari data seismik asli diekstrak, pada proses ini penulis membatasi data seismik hanya pada daerah yang dianggap valid (sedikit terdapat *noise*) karena di beberapa bagian terdapat data yang kurang baik. Dapat dilihat wavelet dan Spektrum amplitude pada gambar berikut.



Gambar 3.6. Spektrum Amplitude terhadap frekuensi beserta wavelet hasil ekstraksi data asli

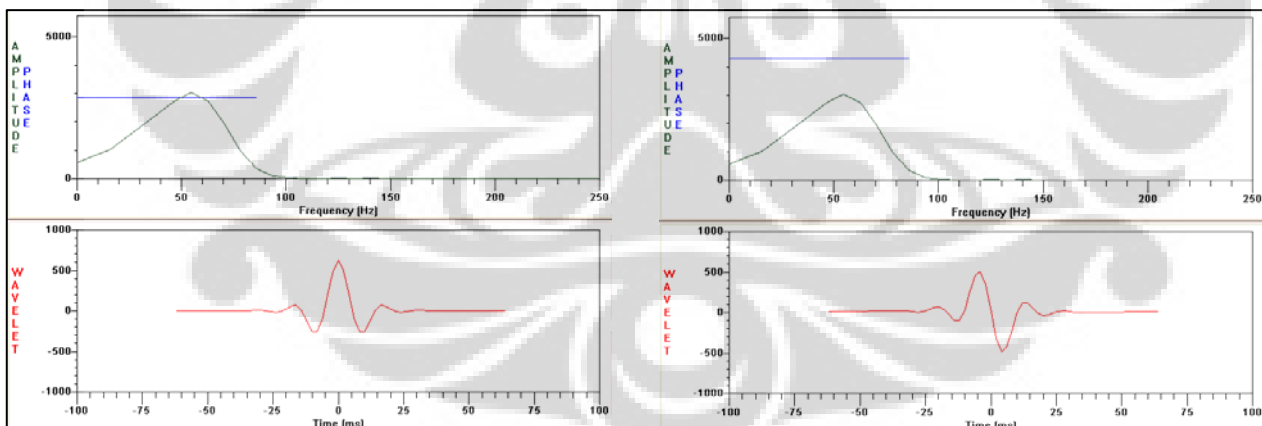
Setelah didapatkan wavelet, dapat dibuat filter AVF. Tentu saja pembuatan filter ini mengacu kepada tujuan utama yakni mencari analisa sequence stratigrafi dan penyebarannya dari lapisan NM. Dari beberapa sumur dapat terlihat bahwa lapisan NM memiliki ketebalan kurang dari 30 m. Sehingga filtering dilakukan dengan membuat suatu filter linier dimana amplitude pada frekuensi rendah dibuat rendah dan amplitude pada frekuensi tinggi dipertahankan. Pada proses ini seluruh spektrum dari data asli dipertahankan yang mengacu kepada tidak adanya gain, hanya digunakan filter AVF saja.





Gambar 3.7. Proses Filtering dari spektrum amplitude terhadap frekuensi data asli

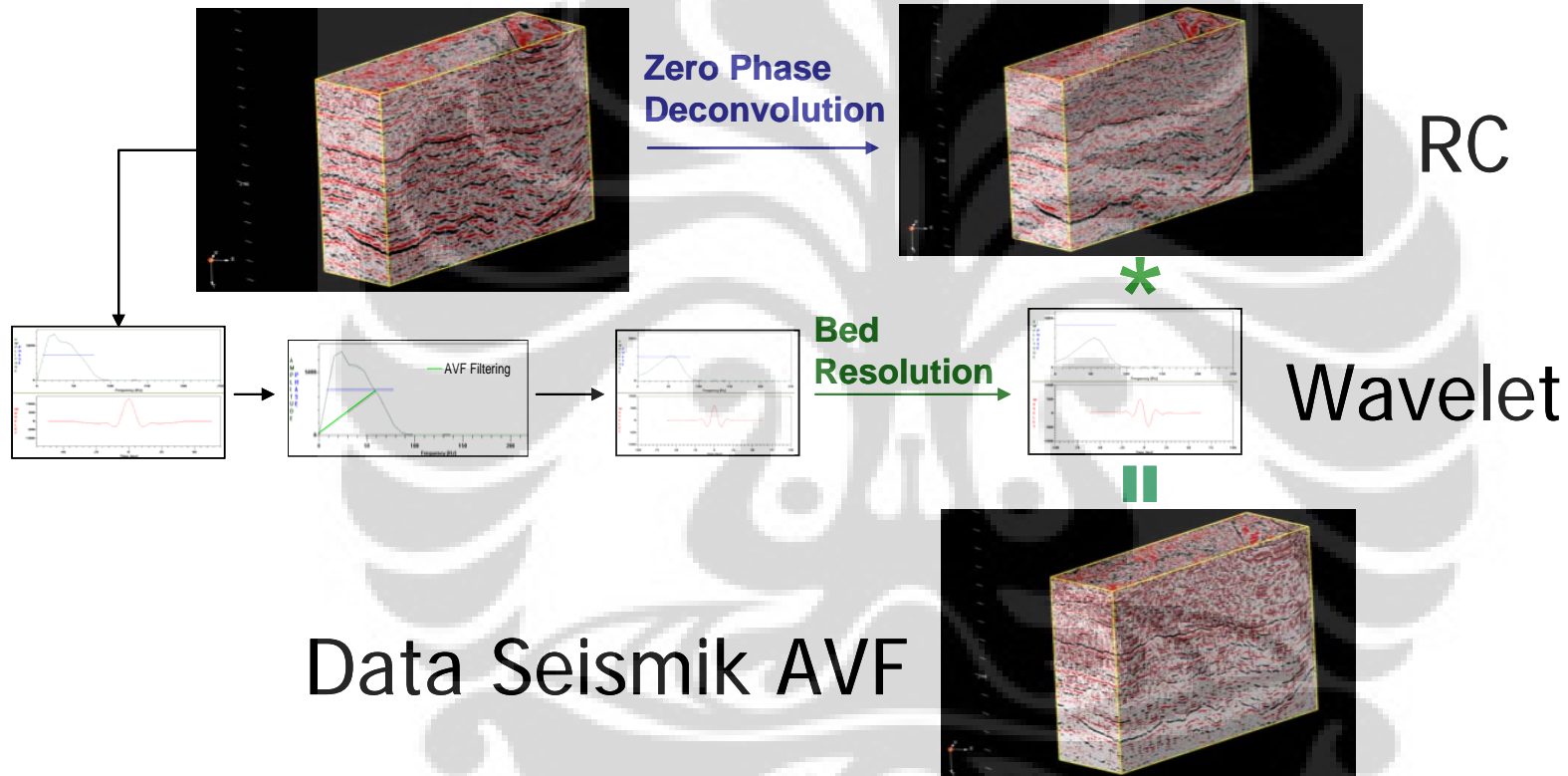
Pada lapisan tipis kita tidak dapat menggunakan resolusi interface (*zero phase Wavelet*) oleh karena adanya limit dari resolusi vertikal sebesar  $\frac{1}{4} \lambda$ . Dengan tujuan mencari lapisan tipis maka diterapkan *bed resolution* dimana setiap *peak* atau *through* merupakan cerminan dari lapisan. *Bed resolution* ini memiliki limit resolusi vertikal sebesar  $\frac{1}{16} \lambda$  (Zeng, 2008). Untuk membuat *bed resolution* ini maka wavelet yang memiliki phase nol di geser  $90^\circ$ , wavelet ini diberi nama wavelet AVF.



Gambar 3.8. Wavelet AVF Zero Phase (kiri) dan  $90^\circ$  Phase (kanan)

Setelah wavelet avf didisain maka tahapan selanjutnya adalah konvolusi. Wavelet AVF dikonvolusikan dengan data hasil dekonvolusi. Dengan melakukan dekonvolusi sebelumnya diharapkan perbandingan sinyal terhadap gangguan (*signal to noise ratio*) dapat ditingkatkan.

# Data seismik



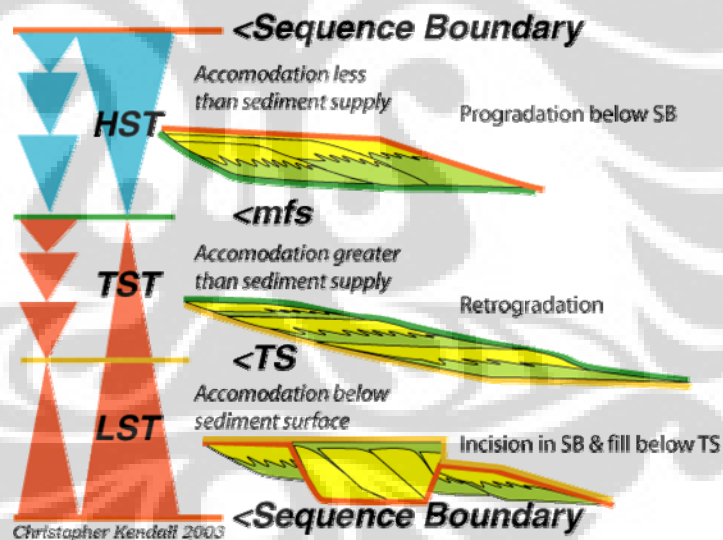
Gambar 3.9. Flowchart pengolahan data seismik

### 3.4. Data Sumur

Data sumur yang digunakan terbagi atas 2 jenis yakni data log dan *data report*. Data log yang digunakan seperti adalah *Gamma Ray*, *density*, *checkshot*, dan *sonic* digunakan untuk menentukan analisis sekuen stratigrafi dan *well to seismic tie*.

Data log Gamma Ray digunakan untuk menentukan marker-marker stratigrafi berupa *Sequence Boundary* (SB), *Transgressive Surface* (TS), *Maximum Flooding Surface* (MFS), serta *Flooding Surface* (FS).

Pola log (*log stratal pattern*) digunakan untuk menentukan marker-marker tersebut. *Sequence Boundary* (SB) terletak pada perubahan pola log dari *prograding* menjadi *agrading* / *retrograding* atau *retrograding* menjadi *agrading*. *Transgressive Surface* (TS) terletak di puncak dari *agrading* menjadi *retrograding*. *Flooding Surface* (MFS) terletak pada perubahan pola dari *retrograding* menjadi *prograding*.



Gambar 3.10. Model stratigrafi sekuen dari log  
(Sumber: Van Wagoner et. al, 1990)

Data sumur seperti Checkshot, Density, dan Sonic digunakan untuk melakukan well to seismic tie. Log Density dikalikan dengan velocity yang diturunkan dari Log Sonic (kecepatan adalah kebalikan waktu tempuh) menghasilkan Log Akustik Impedance. Dari Log impedance ini dapat diturunkan

nilai *Reflection Coefficient*. RC ini akan muncul apabila ada perbedaan kontras impedansi sesuai dengan persamaan dan gambar berikut:

$$RC = \frac{(AI2 - AI1)}{(AI2 + AI1)} = \frac{(v2.\rho2 - v1.\rho1)}{(v2.\rho2 + v1.\rho1)} \quad (3.1)$$

**Dengan:**

AI1 adalah Akustik Impedance dari batuan 1

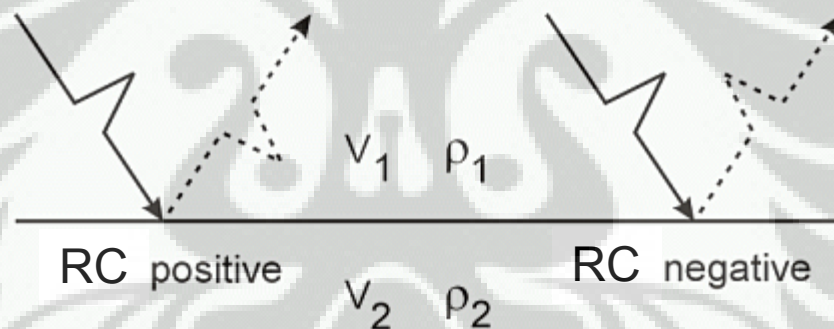
V1 adalah kecepatan rambat gelombang batuan 1

P1 adalah densitas batuan 1

AI2 adalah Akustik impedance dari batuan dibawah Batuan 1

V2 adalah kecepatan rambat gelombang dari batuan dibawah Batuan 1

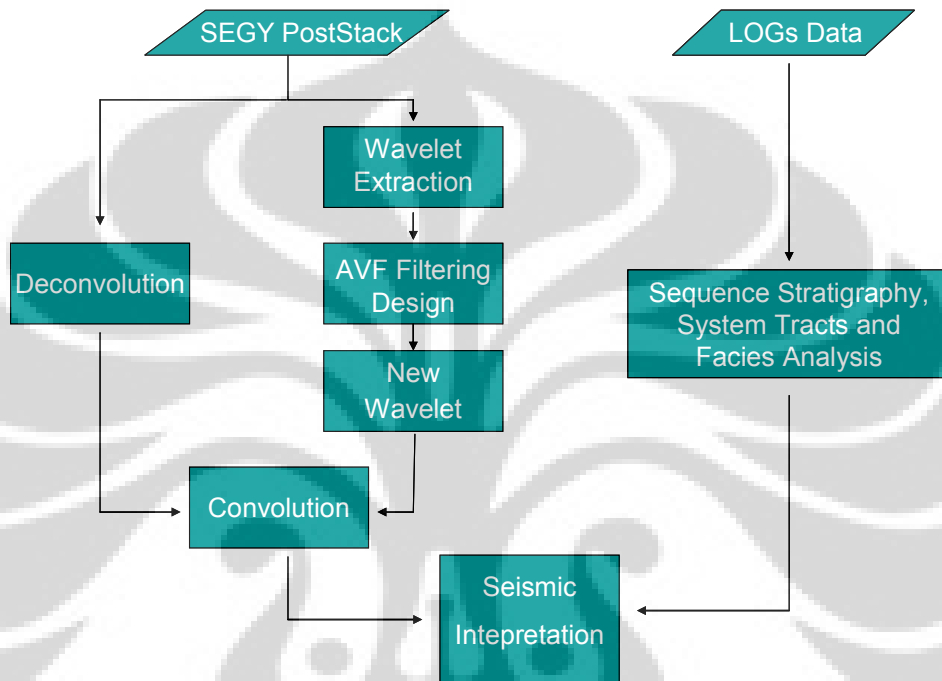
P2 adalah densitas dari batuan dibawah Batuan 1



Gambar 3.11. Penggambaran RC dan gelombang

(Sumber: [http://principles.ou.edu/eq\\_seismo/seismo\\_interior.html](http://principles.ou.edu/eq_seismo/seismo_interior.html))

Sedangkan data report yang digunakan *well report*, peta persebaran NM (menggunakan data sumur) dan hasil analisis batuan digunakan untuk memvalidasi intepretasi lapisan NM ini. Untuk memahami metode pengolahan data dapat dilihat pada *flowchart* berikut.



Gambar 3.12. *Flowchart* pengolahan interpretasi seismik dengan AVF

## BAB IV

### ANALISIS PENELITIAN

#### 4.1. Analisa Pengolahan Data Seismik

Pengolahan data seismik perlu dilakukan untuk membantu interpretasi Lapisan NM. Secara keseluruhan analisa pengolahan data seismik ini dibagi menjadi tiga bagian, yakni Analisa Dekonvolusi, AVF Filtering dan Konsep *Bed Resolution*.

##### 4.1.1. Analisa Dekonvolusi

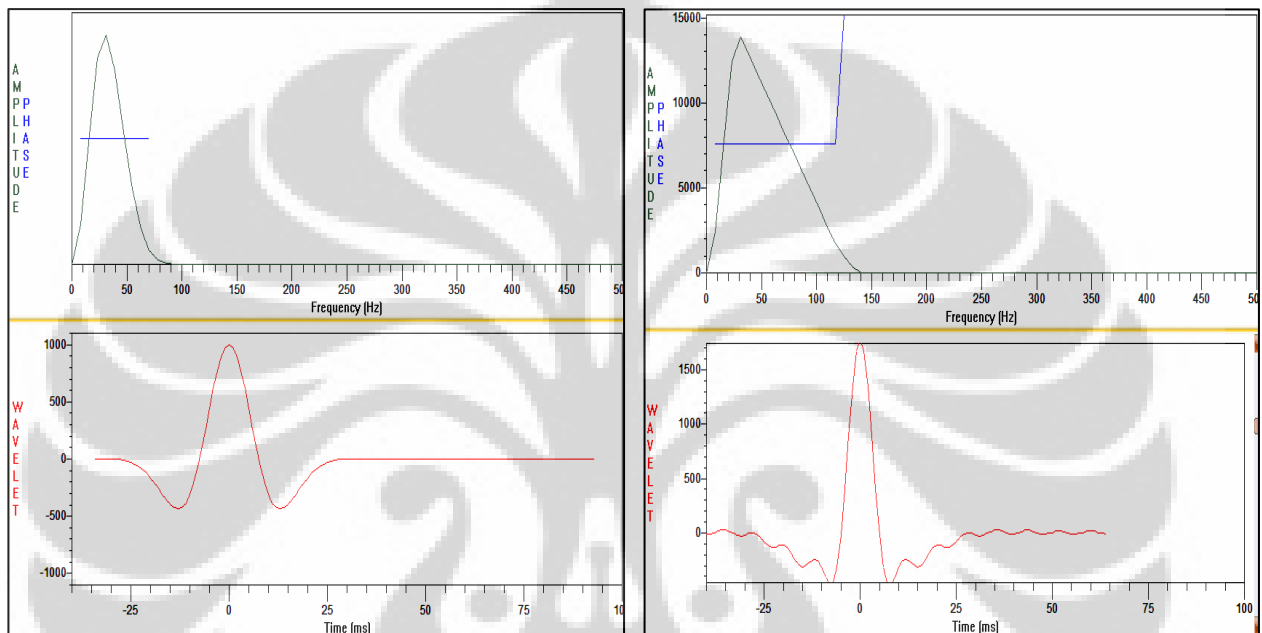
Dekonvolusi merupakan proses pengolahan data seismik yang bertujuan untuk mengembalikan data seismik ke dalam bentuk koefisien refleksi (RC). Dekonvolusi yang digunakan adalah *Zero Phase Deconvolution*. Seperti yang telah dijelaskan pada Bab 2, proses dekonvolusi ini memiliki beberapa parameter yang digunakan seperti *operator length*, *pre-whitening*, dan *Autocorrelation window*.

Data asli memiliki frekuensi dominan sebesar 30 Hz dan zona menarik berkisar pada waktu 800 hingga 1500 ms. Besarnya *operator length* direkomendasikan sebesar 1.5 kali dari periode frekuensi dominan dari data asli dan diperoleh 50 ms. Oleh karena zona menarik pada 800-1500 ms, sehingga parameter ini digunakan sebagai *autocorrelation window*. Untuk parameter *pre-whitening* digunakan sebesar 1% sesuai dengan rekomendasi standar dari software yang digunakan.

##### 4.1.2. Analisa AVF Filtering

Filter AVF merupakan filter pada spektrum amplitudo versus frekuensi yang bertujuan untuk melemahkan energi gelombang dibawah frekuensi dominan yang dikehendaki, sehingga tercipta spektrum amplitudo versus frekuensi beserta wavelet baru dengan frekuensi dominan yang dikehendaki. Pada filter ini tidak dilakukan penguatan pada amplitudo dan penambahan *bandwidth* frekuensi karena dapat mengakibatkan adanya penambahan data dan merusak kualitas data (gambar 4.1).

Fokus filter dilakukan pada Lapisan NM yang memiliki ketebalan 33 ft atau diperkirakan berkisar 4 ms. Frekuensi 60 Hz digunakan sebagai frekuensi dominan baru dengan panjang satu gelombang 16.67 ms dengan resolusi maksimum sebesar seperempat panjang gelombang atau 4.1675 ms. Dengan resolusi maksimum ini maka lapisan NM sulit untuk dideteksi sehingga perlu dipadukan dengan konsep *bed resolution*.

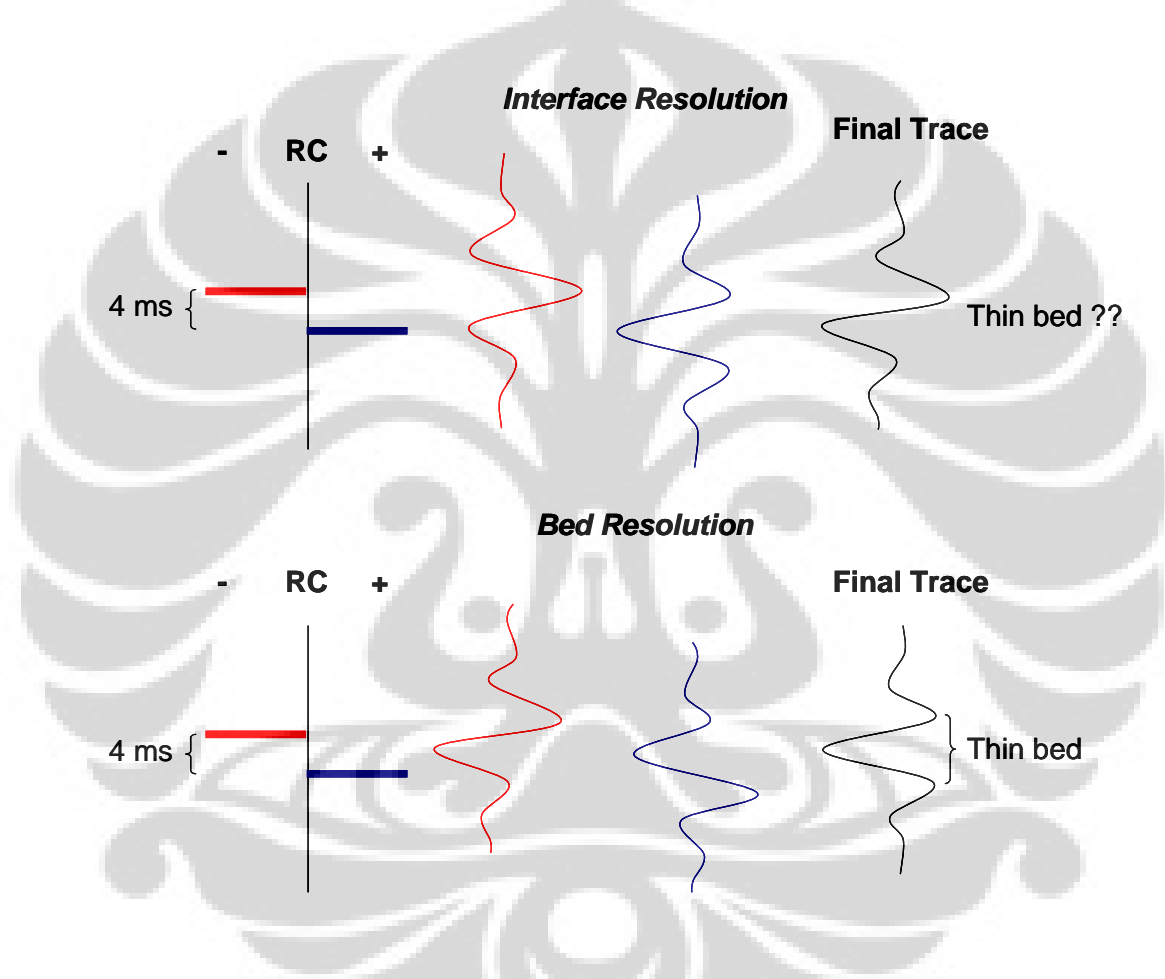


Gambar 4.1. Perbandingan spektrum *amplitude versus frequency* beserta *wavelet* dari data asli (kiri) dan data hasil penambahan *bandwith frequency* (kanan)

#### 4.1.3. Analisa Konsep *Bed Resolution*

Konsep *bed resolution* ini merupakan suatu konsep untuk meningkatkan resolusi vertikal dengan cara memajukan phase dari data seismik sebesar 90 derajat dengan mendefinisikan bahwa satu *peak* atau *trough* adalah satu lapisan tipis. Dengan memfokuskan pada lapisan tipis diharapkan bahwa resolusi vertikal akan bertambah menjadi seperenambelas dari resolusi maksimum data seismik semula yakni 1.04 ms. Data seismik yang telah dimajukan phasanya sebesar 90 derajat akan memiliki 2 komponen utama untuk setiap koefisien refleksi yakni *peak* dan *trough*, berbeda dengan *interface resolution* yang menggunakan *zero phase* hanya memiliki satu komponen utama pada setiap koefisien refleksi.

Pada lapisan tipis terdapat dua koefisien refleksi yang berdekatan dan memiliki arah koefisien refleksi yang berbeda. Pada kasus ini *interface resolution* yang menggunakan *zero phase* akan menghasilkan trace yang bersifat melemahkan sehingga lapisan tipis ini akan tampak kabur. Berbeda dengan konsep *bed resolution*, sebagian komponen utama akan terjumlahkan sehingga lapisan tipis ini akan tampak lebih jelas pada data seismik sehingga persebarannya dapat diketahui. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2. Hasil pengolahan *trace* dengan konsep *interface resolution* (atas) dan *bed resolution* (bawah)

Setelah dilakukan pengolahan data seismik pada Lapangan EBA ini, diperoleh hasil cukup baik pada daerah selatan (lampiran 1). Pada daerah utara lapisan tipis sulit untuk dideteksi akibat dari adanya aktifitas tektonik yang dominan dibandingkan pada daerah selatan (lampiran 2). Metode AVF Filtering dikombinasikan dengan konsep *bed resolution* dapat dipakai terutama pada daerah yang tidak terpengaruh sekali dengan aktifitas tektonik. Untuk validasi lapisan



tipis ini dilakukan analisa dari sumur seperti sekuen stratigrafi dan *synthetic seismogram* yang digunakan dalam *well to seismic tie*.

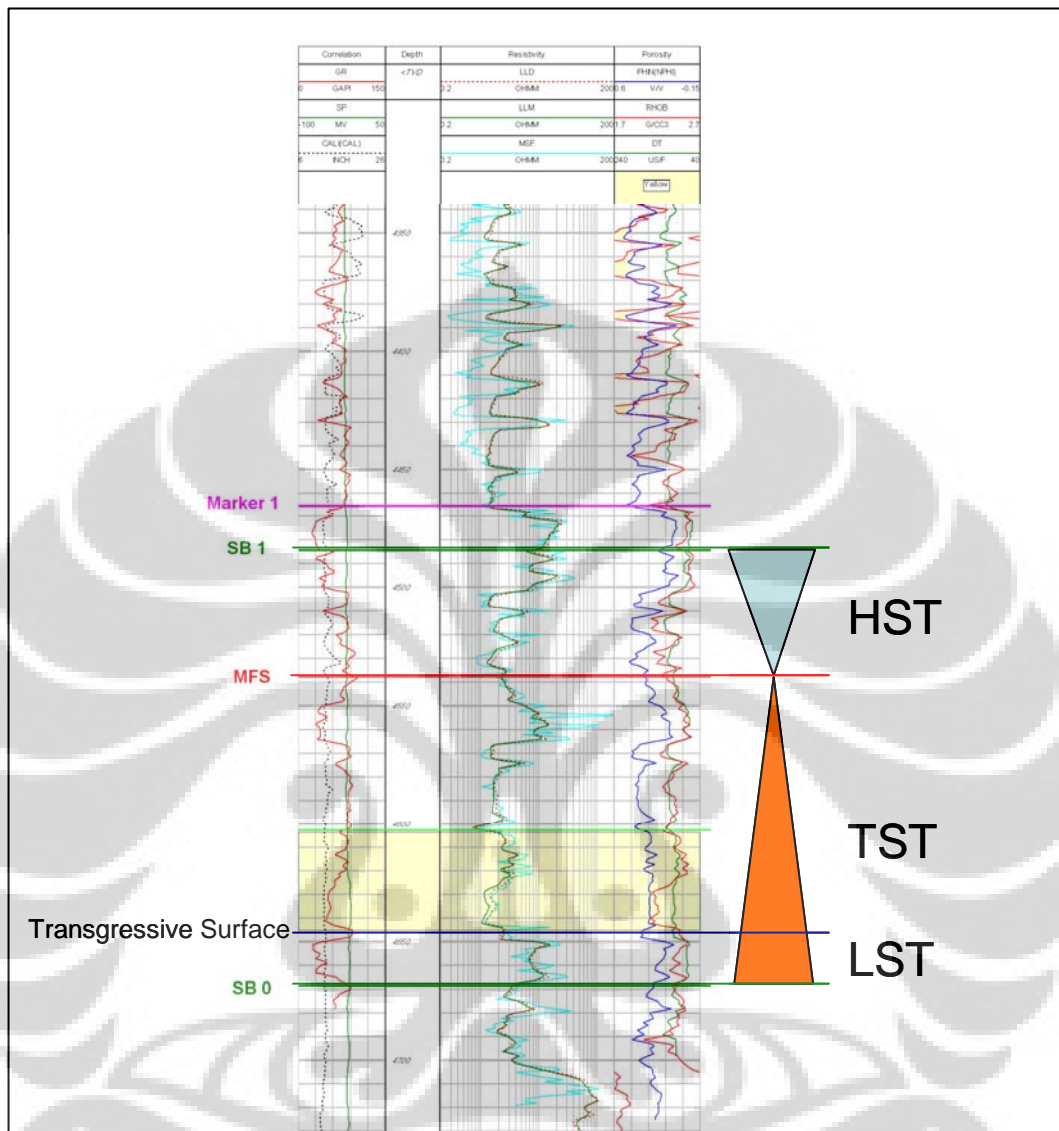
#### 4.2. Analisa Sekuen Stratigrafi Sumur

Analisa sekuen stratigrafi diperlukan untuk menentukan proses pengendapan lapisan, baik lingkungan pengendapan dan penyebarannya. Analisa sekuen stratigrafi dapat dilakukan melalui data inti batuan (*core*), korelasi sumur log dan seismik (skala besar). Analisa ini dilakukan per sumur terlebih dahulu, diteruskan dengan korelasi sumur log dengan batasan satu sekuen yang terdapat proses pengendapan lapisan NM dengan tujuan mencari model geologi sebagai data pendukung untuk interpretasi seismik dan validasi *well to seismic tie*.

Pada C-4 lapisan NM ini memiliki jenis batuan *sandstone* berwarna abu-abu terang dengan butiran halus, membundar tanggung, dan terdapat semen silika. Lapisan NM ini terendapkan pada fase transgresi dari tinggian basement dengan lingkungan pengendapan *inner shelf*.

Hasil analisis log sumur Lapisan NM (interval berwarna kuning) terletak di dalam satu interval sekuen SB 0 dan SB 1. dari analisis log gamma ray didapatkan bahwa sekuen ini terdiri dari tiga *system tract*, yakni *Low*, *Transgressive* dan *High System Tract*. Pada LST awal dimulai oleh SB 0 yang merupakan bidang erosi akibat muka air laut yang rendah. *Transgressive surface* merupakan saat dimulainya muka air laut naik. Pada saat ini terjadinya pengendapan Lapisan NM. Fase transgresif ini terjadi hingga *maksimum flooding surface* dimana ketinggian muka air laut maksimum. Setelah muka air laut mulai turun dimulai fase HST. Bidang erosi yang terbentuk setelah HST ini menjadi SB1.

Endapan NM merupakan endapan pada saat transgresi, dilihat dari pola gamma ray yang menunjukkan *menghalus ke atas*, pada pola ini terlihat beragam ukuran butir penyusun batuan karena dengan naiknya muka air laut maka arus mulai stabil dan terendapkan partikel halus dan bercampur dengan pasir. Semakin tinggi permukaan air laut maka akan semakin banyak partikel halus yang menyusun endapan dan membuat *gamma ray* tinggi.



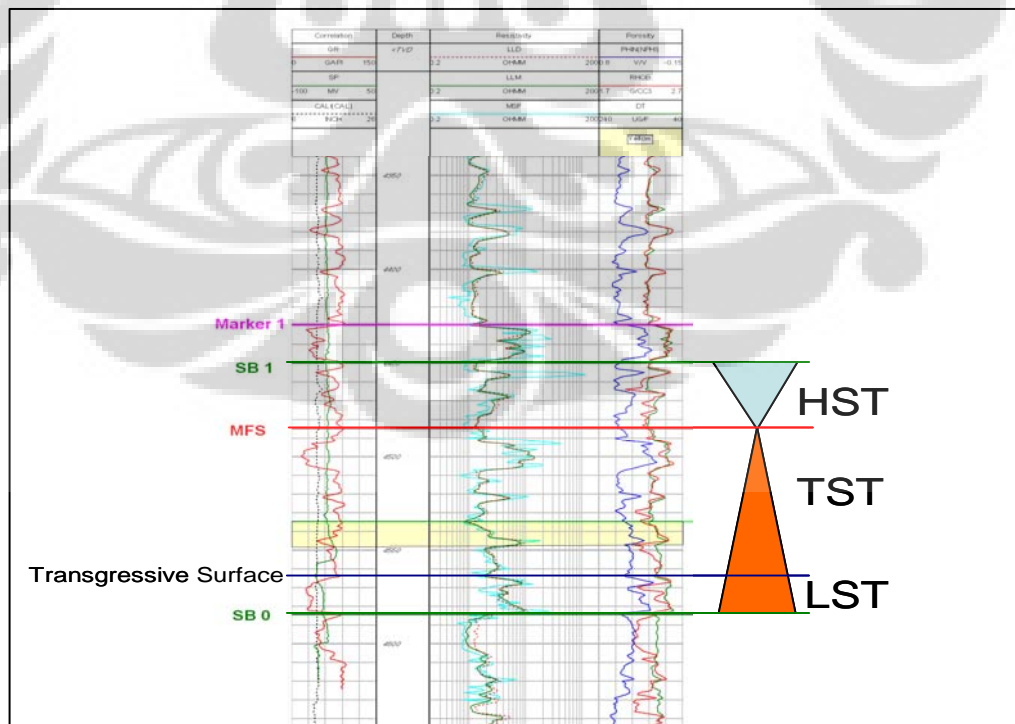
Gambar 4.3. Analisis Log Sumur C-4

Pada C-5 lapisan NM ini memiliki jenis batuan *sandstone* berwarna abu-abu terang dengan butiran halus, membundar tanggung, dan terdapat semen silika. Lapisan NM ini terendapkan pada fase transgresi dari tinggian basement dengan lingkungan pengendapan *inner shelf*.

Hasil analisis log sumur Lapisan NM (interval berwarna kuning) terletak di dalam satu interval sekuen SB 0 dan SB 1. dari analisis log gamma ray didapatkan bahwa sekuen ini terdiri dari tiga *system tract*, yakni *Low*,

*Transgressive* dan *High System tract*. Pada LST awal dimulai oleh SB 0 yang merupakan bidang erosi akibat muka air laut yang rendah. *Transgressive surface* merupakan saat dimulainya muka air laut naik. Pada saat ini terjadinya pengendapan Lapisan NM. Fase transgresif ini terjadi hingga *maksimum flooding surface* dimana ketinggian muka air laut maksimum. Setelah muka air laut mulai turun dimulai fase HST. Bidang erosi yang terbentuk setelah HST ini menjadi SB1.

Endapan NM merupakan endapan pada saat transgresi, dilihat dari pola gamma ray yang menunjukkan *menghalus ke atas*, pada pola ini terlihat beragam ukuran butir penyusun batuan karena dengan naiknya muka air laut maka arus mulai stabil dan terendapkan partikel halus dan bercampur dengan pasir. Semakin tinggi permukaan air laut maka akan semakin banyak partikel halus yang menyusun endapan dan membuat *gamma ray* tinggi. Perbedaan dengan endapan NM pada C-4 membentuk pola *menghalus ke atas* namun endapan NM di well ini masih bersifat *shally* ditunjukkan oleh nilai minimum gamma ray selama interval NM tersebut masih lebih besar jika dibandingkan dengan Sumur C-4, ada kemungkinan bahwa Endapan NM ini terendapkan di *shallow marine* yang agak dalam.



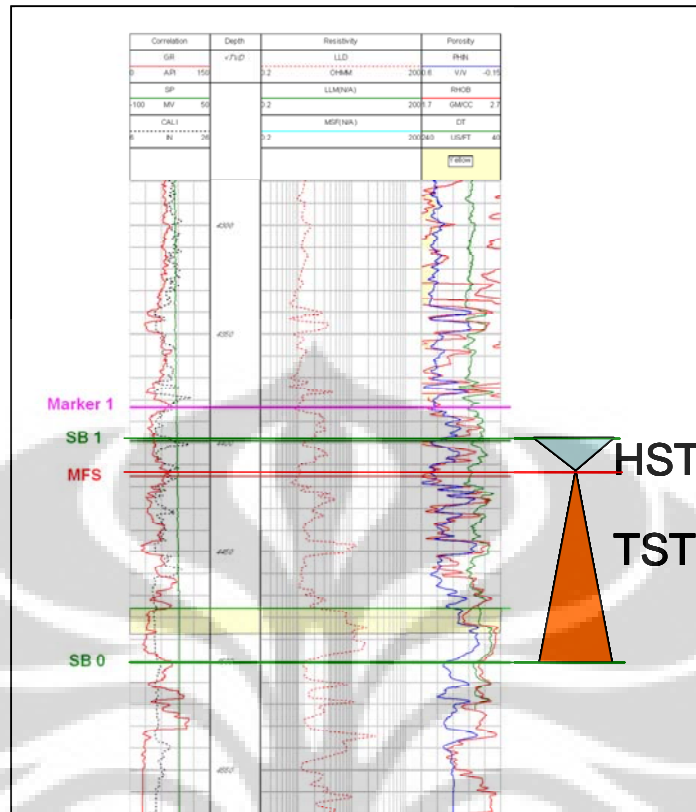
Gambar 4.4. Analisis Log Sumur C-5

Pada B-1A lapisan NM ini belum terinterpretasi karena sumur eksplorasi, akan tetapi karena jenis batuan sandstone berwarna abu-abu terang dengan butiran halus, membulat tanggung, dan terdapat semen silika sehingga penulis menginterpretasikan sebagai lapisan NM. Lapisan NM ini terendapkan pada fase transgresi dari tinggian basement dengan lingkungan pengendapan *inner shelf*.

Hasil analisis log sumur Lapisan NM (interval berwarna kuning) terletak di dalam satu interval sekuen SB 0 dan SB 1. dari analisis log gamma ray didapatkan bahwa sekuen ini terdiri dari dua *system tract*, yakni Transgressive dan *High System Tract*. Setelah SB 0 yang merupakan bidang ketidakselarasan diikuti dengan TST, hal ini dapat terjadi karena pada saat diendapkannya NM posisi B-1A berada pada tempat yang lebih tinggi sehingga tidak ada LST.. *Transgressive surface* merupakan saat dimulainya muka air laut naik. Pada saat ini terjadinya pengendapan Lapisan NM. Fase transgresif ini terjadi hingga *maksimum flooding surface* dimana ketinggian muka air laut maksimum. Setelah muka air laut mulai turun dimulai fase HST. Bidang erosi yang terbentuk setelah HST ini menjadi SB1.

Endapan NM merupakan endapan pada saat transgresi, dilihat dari pola gamma ray yang menunjukkan *menghalus ke atas*, pada pola ini terlihat beragam ukuran butir penyusun batuan karena dengan naiknya muka air laut maka arus mulai stabil dan terendapkan partikel halus dan bercampur dengan pasir. Semakin tinggi permukaan air laut maka akan semakin banyak partikel halus yang menyusun endapan dan membuat *gamma ray* tinggi.

Sumur C-5 dan B-1A terletak pada utara lapangan EBA ini. Perbedaan yang sangat mencolok terlihat dari pola gamma ray yang sangat berbeda. Pada Sumur C-5 ada selingan shale yang tebal pada Endapan NM dan LST jika dibandingkan dengan Sumur B-1A. Lapisan Shale yang lebih tipis ini menandakan bahwa posisi sumur ini pada saat terjadinya pengendapan NM sangat terpengaruh oleh perubahan muka air laut, sehingga disimpulkan bahwa posisi Endapan NM pada B-1A terletak pada daerah yang lebih tinggi dari C-5.

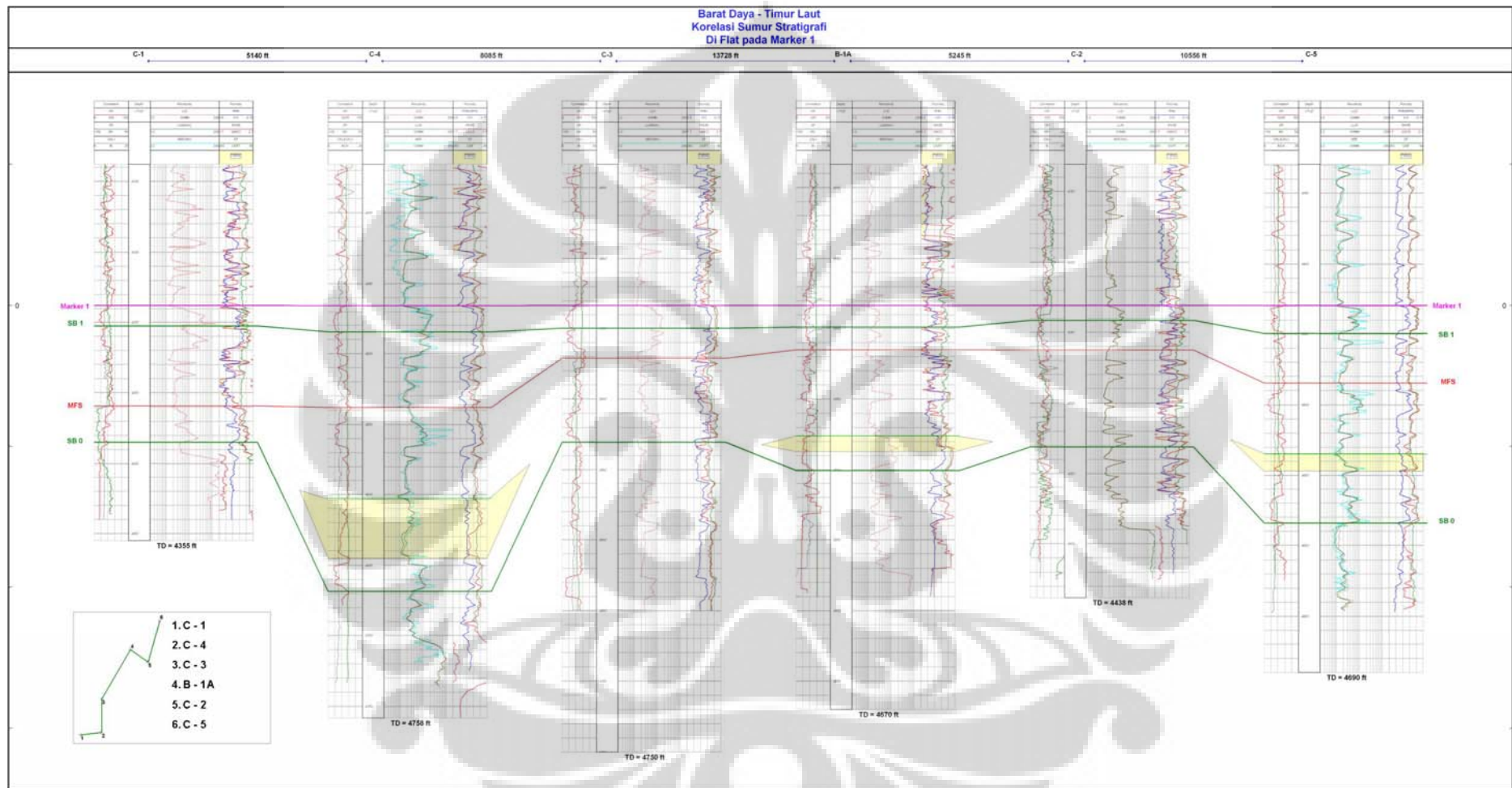


Gambar 4.5. Analisis Log Sumur B-1A

Untuk analisa korelasi log sumur digunakan 6 sumur dengan arah korelasi barat daya – timur laut. Dari korelasi, penulis mengambil satu sekuen pengendapan dan difokuskan untuk lapisan NM. Log gamma ray dan korelasi menunjukkan bahwa pengendapan lapisan NM bersifat menghalus ke atas dan terjadi pengendapan bersifat lokal, oleh adanya cekungan-cekungan kecil yang dibentuk berdasarkan struktur pada saat itu.

Data *well report* dapat digunakan sebagai data pendukung analisa ini. Lapisan NM ini hanya terdapat pada C-4, B-1A, dan C-5 oleh karena ketiga sumur yang lain merupakan daerah tinggian pada saat lapisan NM ini terbentuk dapat terlihat dari korelasi yang di flat di Marker 1.

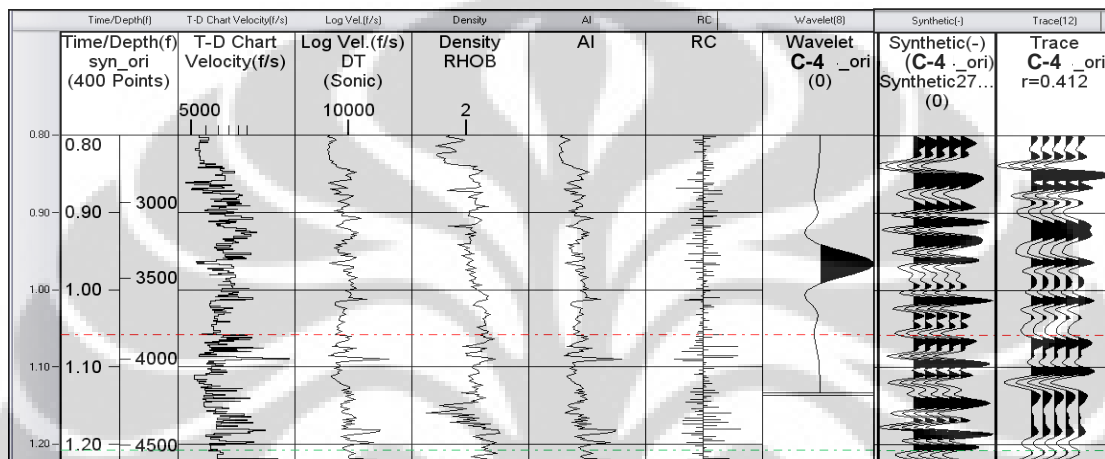
Fase transgresi dapat ditandai dengan pola menghalus ke atas dari log gamma ray, menandakan naiknya permukaan air laut. Permukaan air laut yang naik menyebabkan adanya endapan ke arah pantai (*onlap*). Hasil analisis ini diharapkan dapat membantu pada saat melakukan intepretasi seismik.



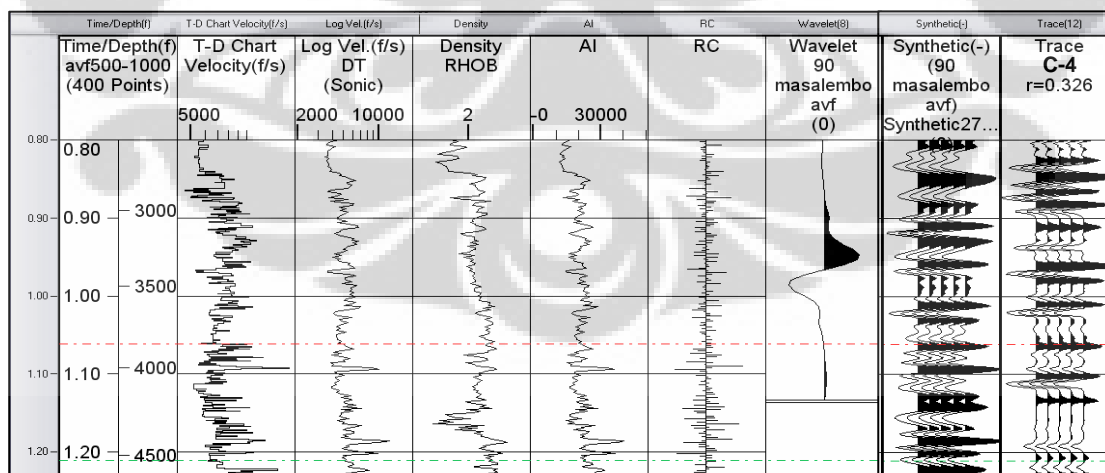
Gambar 4.6. Korelasi stratigrafi Sumur dari barat daya hingga timur laut diflat pada Marker 1

### 4.3. Analisa Well to Seismic Tie

Sebelum dilakukan interpretasi dari seismik terhadap penyebaran lapisan tipis NM ini, perlu dilakukan *well to seismic tie*. Pada penelitian ini *well to seismic tie* akan dilakukan sebanyak 2 kali dengan acuan pada *well to seismic tie* dari data asli. Dengan memasukkan data time depth hasil ini diharapkan dapat memudahkan *well to seismic tie* untuk seismic AVF. Proses ini dilakukan pada 6 sumur acuan, tiga diantaranya ditemukan lapisan NM (C-4, B-1A, dan C-5).



Gambar 4.7. Well to seismic tie pada sumur C-4 dengan data seismik asli



Gambar 4.8. Well to seismic tie pada sumur C-4 dengan data seismik AVF

Dari hasil *synthetic seismogram* dapat terlihat bahwa hasil dari konvolusi dengan *wavelet* hasil AVF lebih memiliki resolusi yang lebih tinggi. Terlihat dari lapisan NM (top berwarna hijau) yang dapat diwakili oleh satu lembah (*through*). Kedua gambar ini mewakili *interface* dan *bed resolution*, menunjukkan bahwa dengan menggunakan konsep *bed resolution* dapat digunakan untuk mencari lapisan tipis seperti NM.

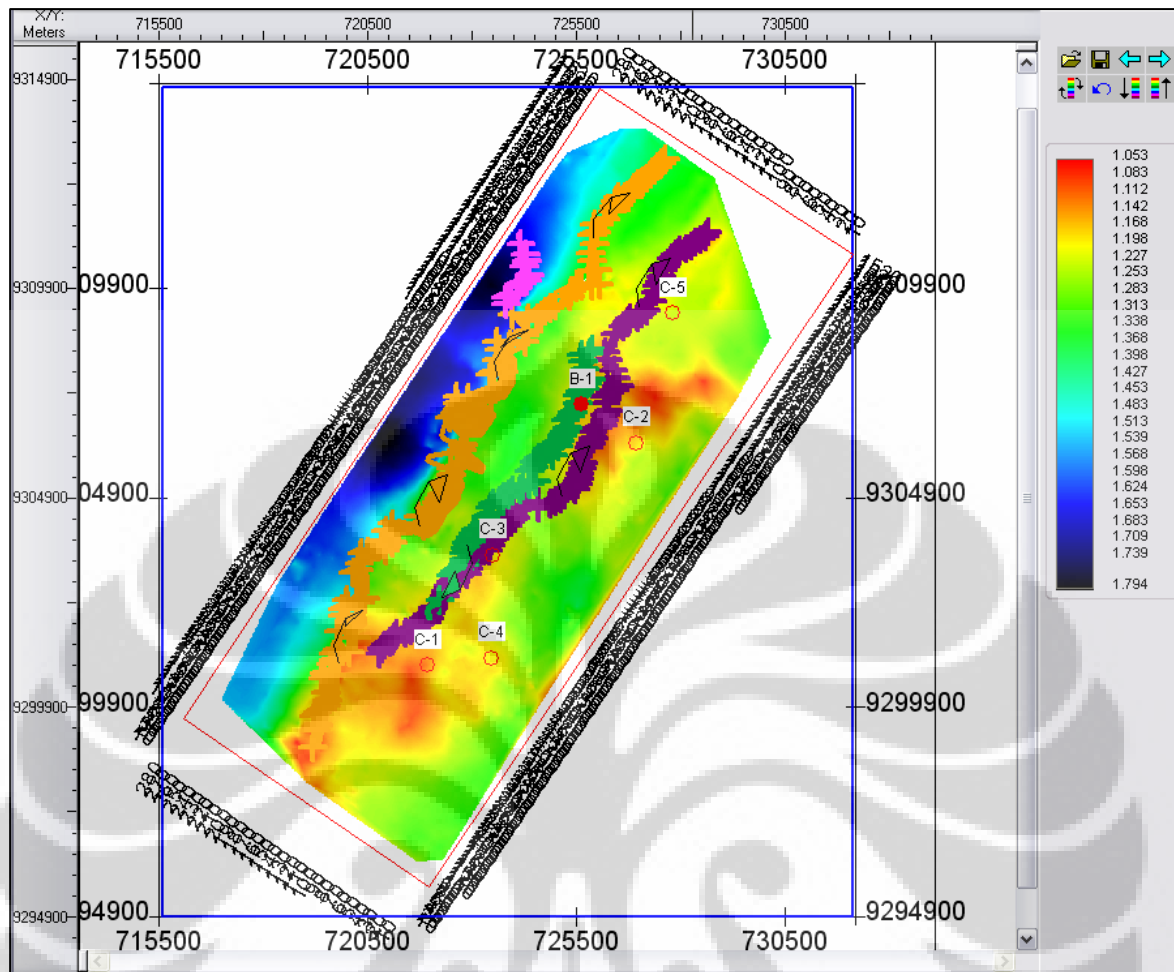
Nilai korelasi (R) antara *synthetic seismogram* dan seismik *trace* menunjukkan seberapa baik hubungan antara kedua *trace* pada jendela yang menarik. Semakin mendekati nilai 1 maka semakin baik juga *well to seismic tie* yang telah dilakukan. Pada *synthetic seismogram* hasil konvolusi dengan *wavelet* diambil dari seismik asli, didapatkan R untuk B-1A, C-4 dan C-5 sebesar 0.363 , 0.412 , dan 0.445. Sedangkan *synthetic seismogram* hasil konvolusi dengan *wavelet* AVF didapatkan R untuk B-1A, C-4, dan C-5 sebesar 0.326, 0.326 , dan 0.319. Proses pengikatan pada konvolusi dengan AVF dilakukan dengan acuan pada korelasi waktu terhadap kedalaman hasil *synthetic seismogram* pada seismik asli. Berkurangnya nilai korelasi (R) pada *well to tie* seismik AVF disebabkan oleh nilai penurunan impedansi akustik yang mendetail sehingga akan sangat berpengaruh pada hasil perhitungan konvolusi dengan *wavelet* AVF yang memiliki resolusi vertikal lebih baik.

#### **4.4. Intepretasi Seismik**

Intepretasi seismik perlu dilakukan untuk melihat bagaimana keadaan struktur dan penyebaran lapisan (konsep geologi). Pertama-tama dilakukan intepretasi struktur seperti patahan baik patahan turun atau naik. Sejarah geologi regional yang telah dibahas pada bab 3 memberikan gambaran tentang bagaimana struktur yang bekerja di lapangan ini. Lapangan ini didominasi oleh beberapa patahan turun besar karena adanya fase ekstensional. Beberapa patahan naik tumbuh akibat sesar geser yang bekerja.

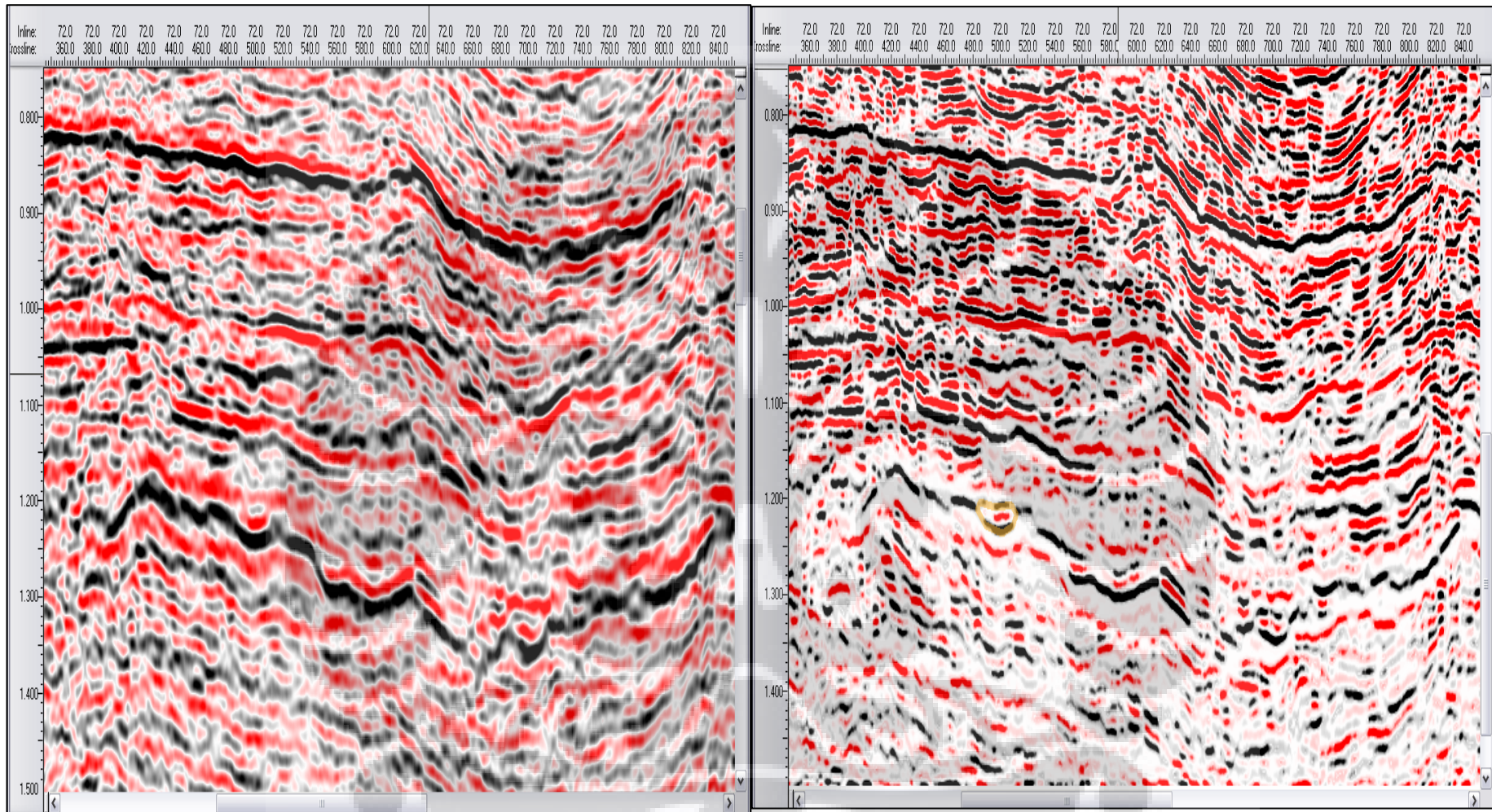
Penulis melakukan intepretasi pada 2 horizon yakni basement dan K2 pada data seismik original, diharapkan kedua horizon ini dapat menjadi batas dalam mencari penyebaran lapisan NM. Diharapkan dengan bantuan kedua picking horizon ini dapat membantu untuk melihat proses pengendapan dengan irisan horizon pada data seismik AVF.





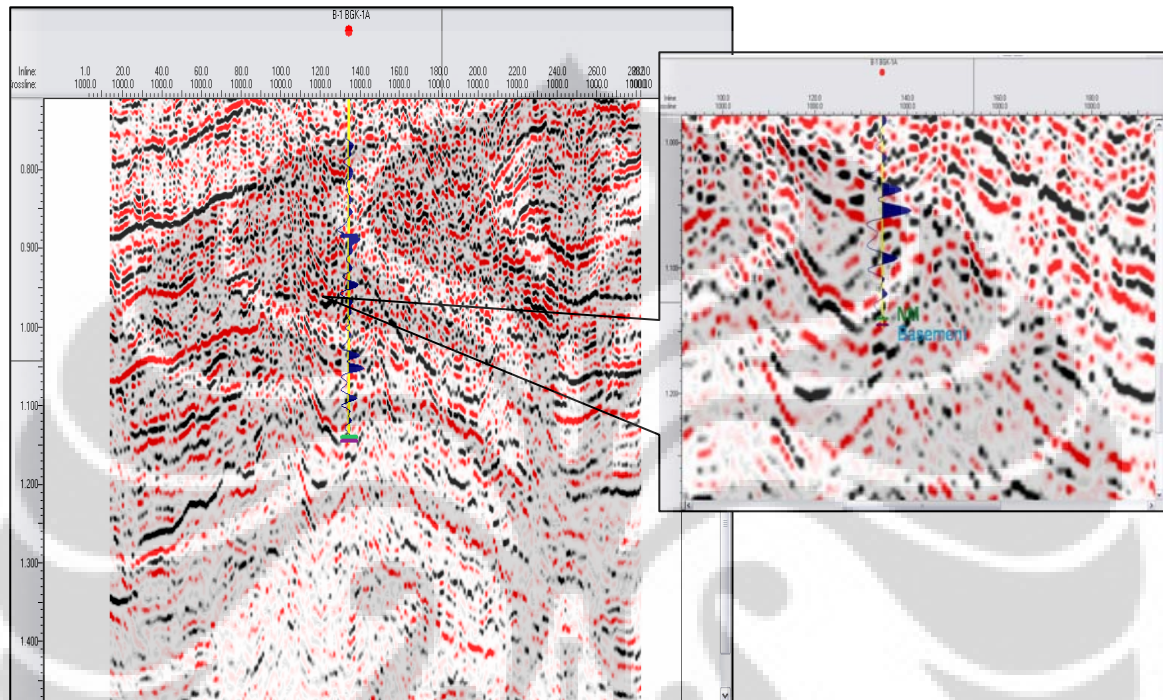
Gambar 4.9. Peta struktur Basement dalam waktu

Dari data seismik original lapisan NM ini sangat sukar untuk ditelusuri karena resolusi vertikal lebih rendah dibandingkan dengan seismik AVF. Seismik AVF menggunakan *bed resolution* maka resolusi vertikal dapat ditingkatkan maksimum hingga  $1/16 \lambda$ , sehingga lapisan NM akan lebih mudah untuk ditelusuri.



Gambar 4.10. Penampang Seismik Asli (Kiri) dan Seismik AVF (Kanan)

Setelah 2 horizon dan patahan-patahan utama selesai dipick maka dilakukan interpretasi pada lapisan NM dengan menggunakan data seismik AVF, dari proses sebelumnya diketahui bahwa lapisan NM terletak pada lembah atau *through* (berwarna merah) dan hasil sintetik yang ditampilkan pada seismik menunjukkan hal tersebut.

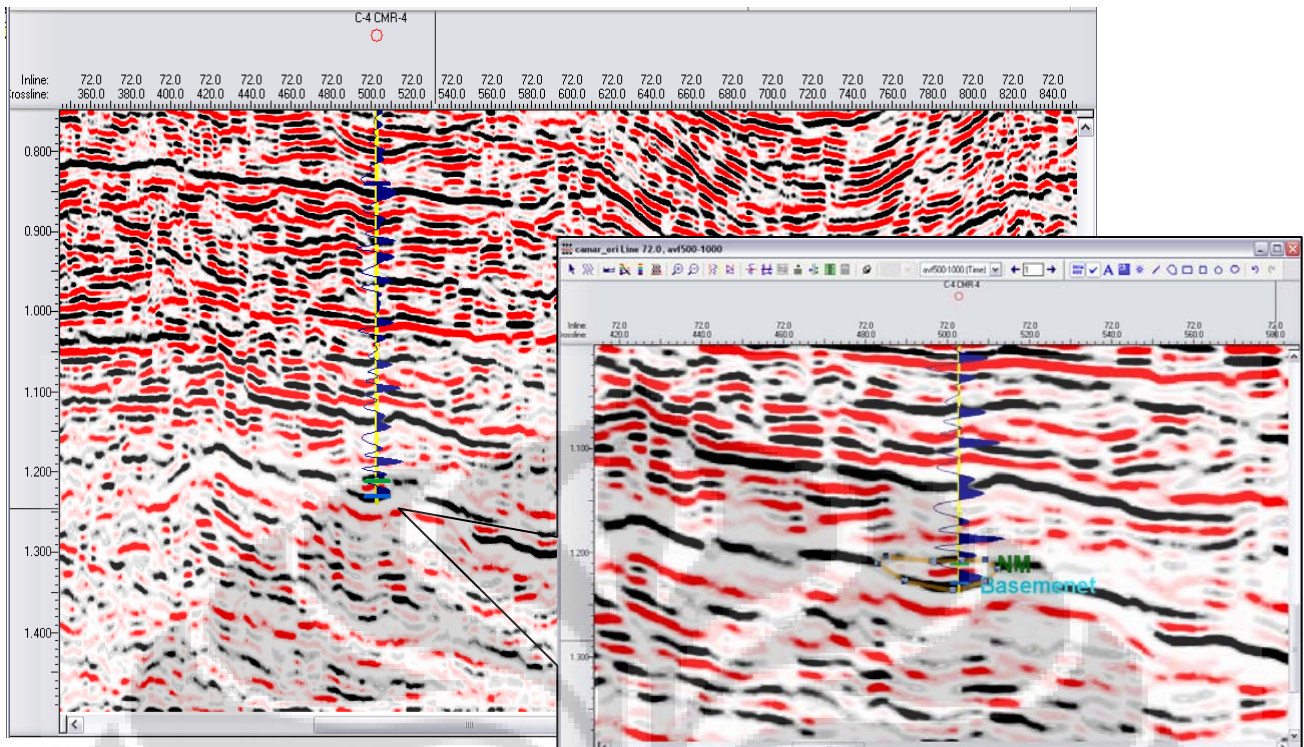


Gambar 4.11. Penampang Seismik AVF beserta *Synthetic Seismogram* pada sumur B-1A

Pada saat dilakukan interpretasi seismik dan korelasi sumur ditemukan bahwa penyebaran lapisan ini bersifat lokal sehingga daerah penyebaran lapisan NM dapat dibagi ini ke dalam dua area, yakni area utara dan selatan.

#### 4.4.1. Interpretasi Seismik NM Selatan

NM bagian selatan merupakan daerah yang aktifitas tektoniknya kurang aktif dibandingkan dengan utara, hal ini dapat terlihat dari kurangnya patahan aktif yang tumbuh. NM bagian selatan ini ditemukan pada sumur C-4 namun pada korelasi sumur tidak ditemukan adanya lapisan NM pada sumur C-1 dan C-3. hasil menarik diperoleh dari data seismik AVF. Terlihat adanya lapisan menarik seperti *channel* yang penyebarannya bersifat lokal.

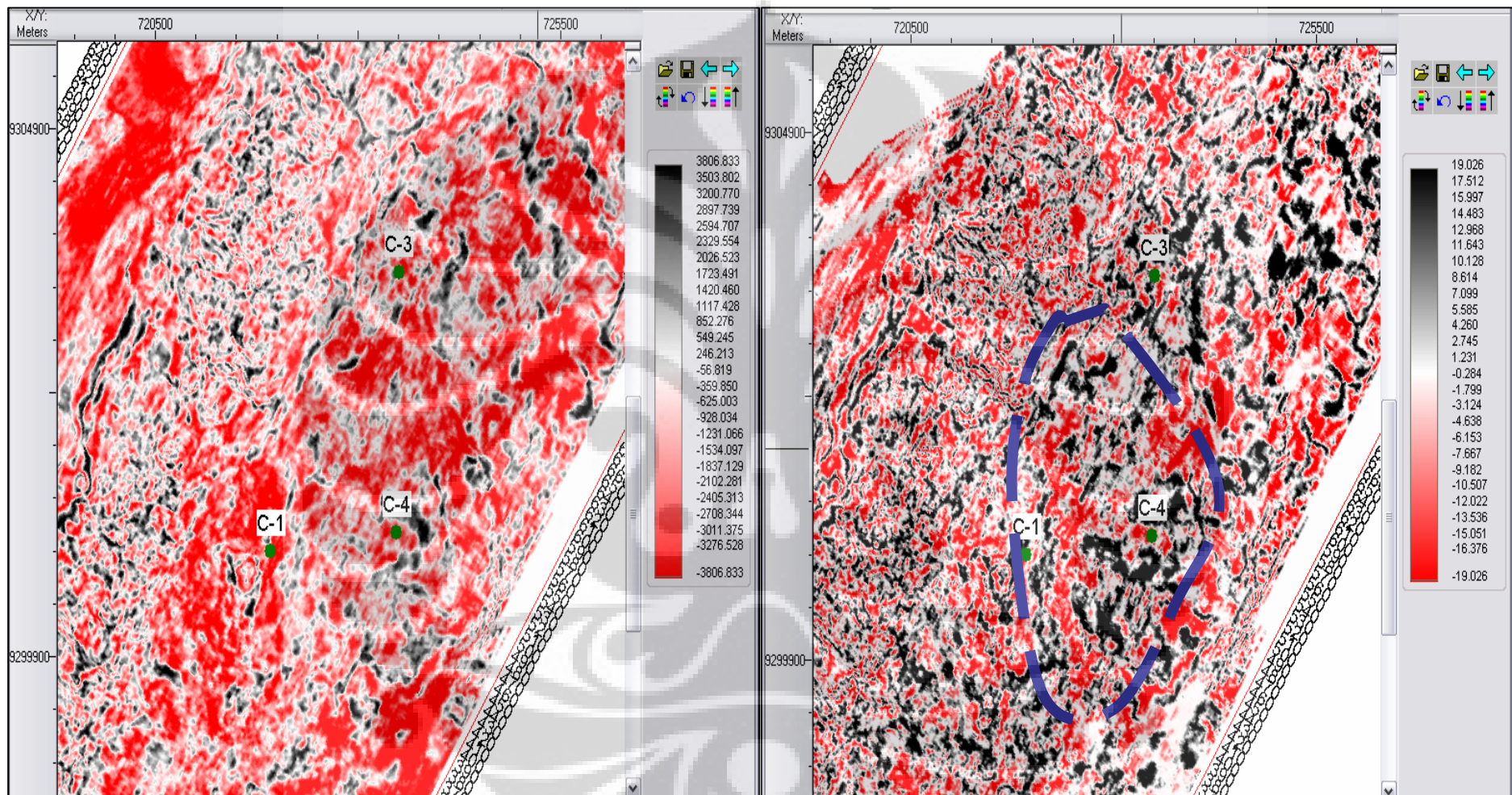


Gambar 4.12. Fenomena *Channeling* pada sumur C-4 di NM selatan pada inline 72

Untuk melihat penyebaran lapisan ini, penulis melakukan 3 tahapan penting bertujuan untuk cek kualitas hasil penyebaran yang dilakukan. Tiga tahapan penting yang dilakukan adalah irisan horizon pada NM, picking manual, dan pemodelan palaeogeografi untuk melihat penyebaran dan kontur dimana kedua parameter ini diperlukan untuk perhitungan cadangan.

Sebelum melakukan irisan horizon NM terlebih dahulu dilakukan picking horizon basement karena kedua horizon ini saling berdekatan. Dengan adanya horizon ini maka horizon NM dapat didekati dengan cara mengurangi selisih waktu antara basement dengan NM. Horizon NM ini akan diiris untuk melihat penyebaran dari lapisan NM.

Setelah penyebaran lapisan NM ini diketahui, dilakukan picking manual untuk mendapatkan keadaan struktur saat ini dan perhitungan besarnya cadangan dari nilai kontur. Hasil perhitungan ini sangat penting untuk mengetahui apakah lapisan masalembo ini cukup ekonomis untuk di eksplorasi (gambar 4.22. kanan ).



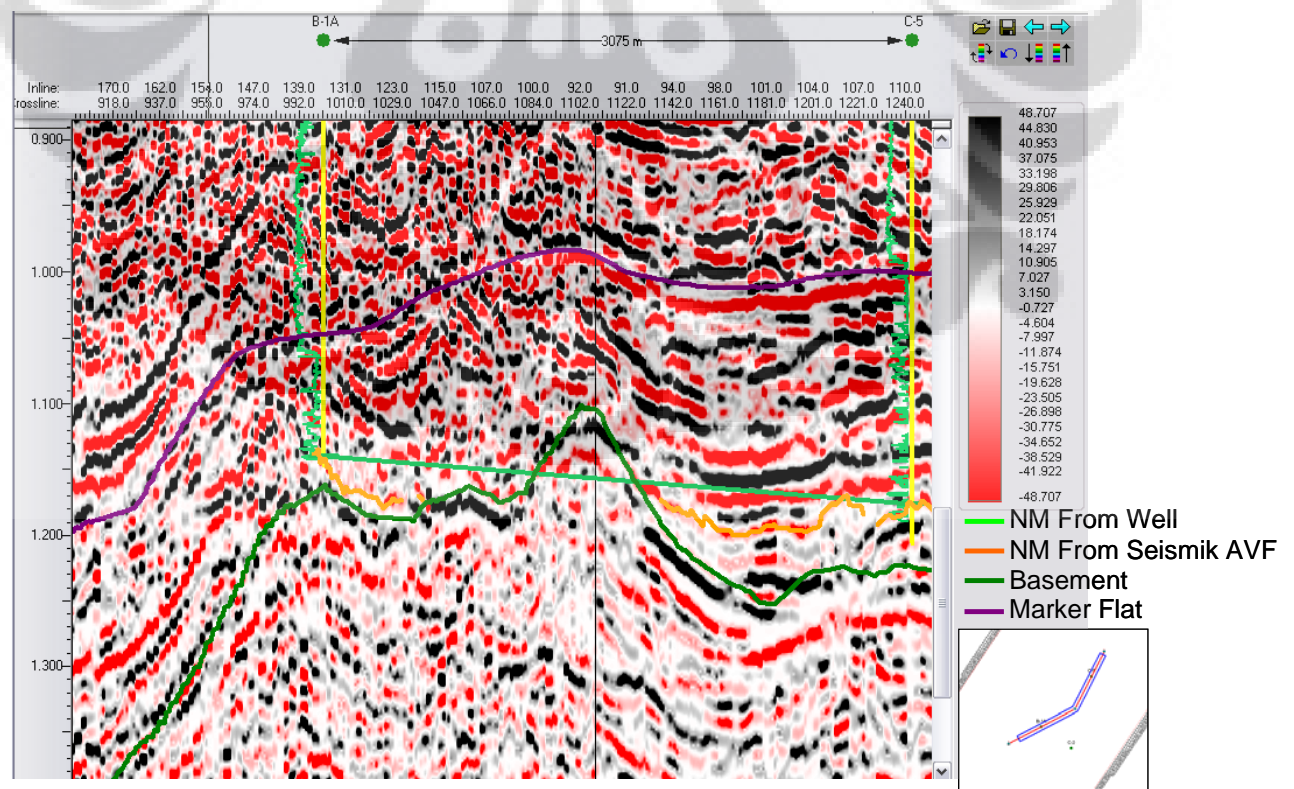
Gambar 4.13. Irisan Horizon NM di data seismik asli (kiri) dan data seismik AVF (kanan) di NM selatan

#### 4.4.2. Intepretasi Seismik NM Utara

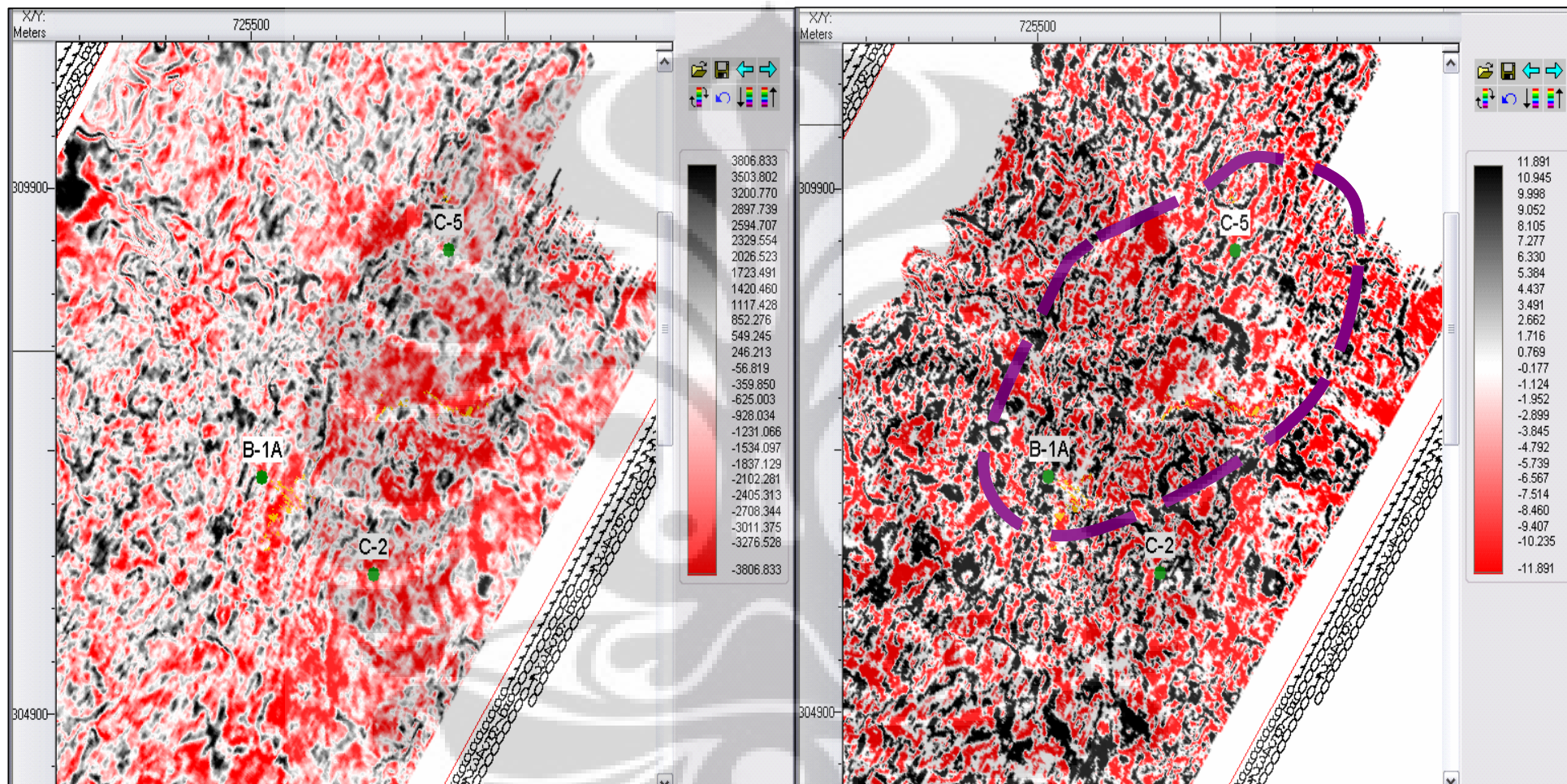
Seperti langkah intepretasi sebelumnya, dilakukan 3 tahapan penting sama seperti dengan NM selatan. Daerah NM utara ini merupakan daerah aktif tektonik dilihat dari banyaknya fault yang tumbuh. Sangat sulit untuk melakukan intepretasi pada daerah ini dengan menggunakan ketiga tahap tadi. Korelasi antar sumur B-1A, C-2, dan C-5 merupakan acuan dasar dalam menentukan pembuatan model geologi. Lapisan NM ini ditemukan di sumur B-1A dan C-5. Karakteristik dari NM di utara adalah onlap terhadap tinggian dan tidak menerus yang berdekatan dengan basement.

Sebelum melakukan irisan horizon NM terlebih dahulu dilakukan picking horizon basement karena kedua horizon ini saling berdekatan. Dengan adanya horizon ini maka horizon NM dapat didekati dengan cara mengurangi selisih waktu antara basement dengan NM. Horizon NM ini akan diiris untuk melihat penyebaran dari lapisan NM.

Setelah penyebaran lapisan NM ini diketahui, dilakukan picking manual untuk mendapatkan keadaan struktur saat ini dan perhitungan besarnya cadangan dari nilai kontur. Hasil perhitungan ini sangat penting untuk mengetahui apakah lapisan masalembo ini cukup ekonomis untuk di eksplorasi (gambar 4.22. kiri).



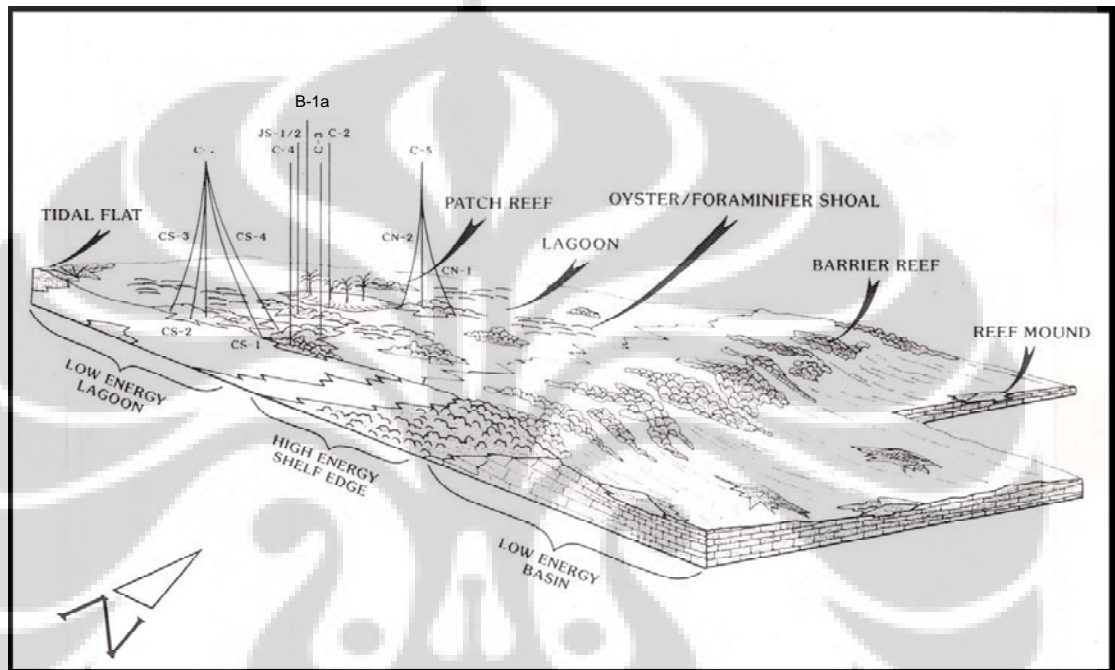
Gambar 4.14. Fenomena *Onlap* pada sumur B-1A dan C-5 di NM utara



Gambar 4.15. Irisan Horizon NM di data seismik asli (kiri) dan data seismik AVF (kanan) di NM utara

#### 4.5. Pemodelan Geologi

Pada pemodelan geologi ini, penulis akan membahas bagaimana proses penyebaran dan lingkungan pengendapan dari lapisan NM. Pemodelan geologi ini dibagi 2, yakni pemodelan geologi NM selatan dan utara. Hasil pemodelan geologi yang sudah ada untuk daerah ini dikembangkan dengan melihat dari hasil interpretasi AVF dengan dipadukan beberapa data dari report sumur beserta bahan referensi.



Gambar 4.16. Model geologi hasil studi sebelumnya  
(Sumber: Enterprise, 1994)

Gambar diatas menerangkan tentang model geologi Lapangan EBA ini. Secara umum sumur-sumur yang berada pada Lapangan EBA ini terdapat pada lingkungan pengendapan lagoon berenergi rendah. Pada lagoon berenergi rendah ini dimungkinkan sebagai tempat tumbuhnya reef, tempat banyak biota tinggal, berkembangnya batubara dan pembentukan limestone yang baik. Dari model geologi ini sangat baik untuk menggambarkan lingkungan pengendapan, akan tetapi penyebaran NM sangat sulit untuk dideteksi sehingga penulis mencoba mengembangkan model di atas.

Penulis melakukan picking horizon basement pada data seismik original dengan mengacu pada reflektifitas terakhir yang menerus. Setelah Horizon basement ini digeser sesuai dengan kedalaman lapisan NM, data seismik AVF akan di Flat

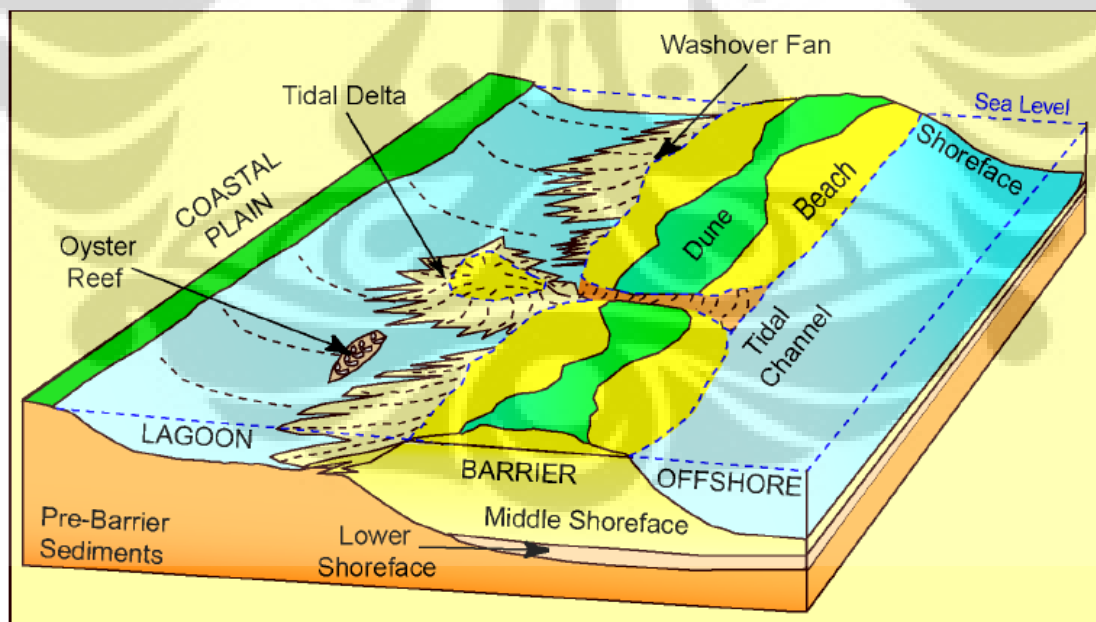


dengan acuan horizon ini. Peta time struktur dari dasar permukaan bumi pada saat diendapkan NM (peta palaeogeografi) akan terlihat, dari sini akan digunakan sebagai dugaan arah sedimen dan model lingkungan pengendapan tentunya dengan melihat data sumur seperti log gamma ray, report, dan data fosil jika ada.

#### 4.5.1. Pemodelan Geologi NM selatan

Pada NM selatan ini hanya Sumur C-4 yang menemukan lapisan NM. Korelasi sequence stratigraphy yang di flat di Marker 1 memperlihatkan bahwa C-4 lebih redah dibandingkan C-1 dan C-3, hal ini sangat berpengaruh dalam proses sedimentasi. Data litologi yang terdapat pada report sumur mengungkapkan bahwa di sequence pengendapan NM terdapat litologi sandstone, limestone, dan coal berurut dari dangkal ke dalam. Hal ini memberikan petunjuk bahwa pengendapan terjadi di laut dangkal.

Penulis memodelkan penyebaran lapisan NM ini dengan model lingkungan pengendapan lagoon. Lagoon merupakan bagian air yang dibatasi sebagian atau keseluruhan oleh pulau penghalang (*barrier island*) dan pulau utama (*mainland*).

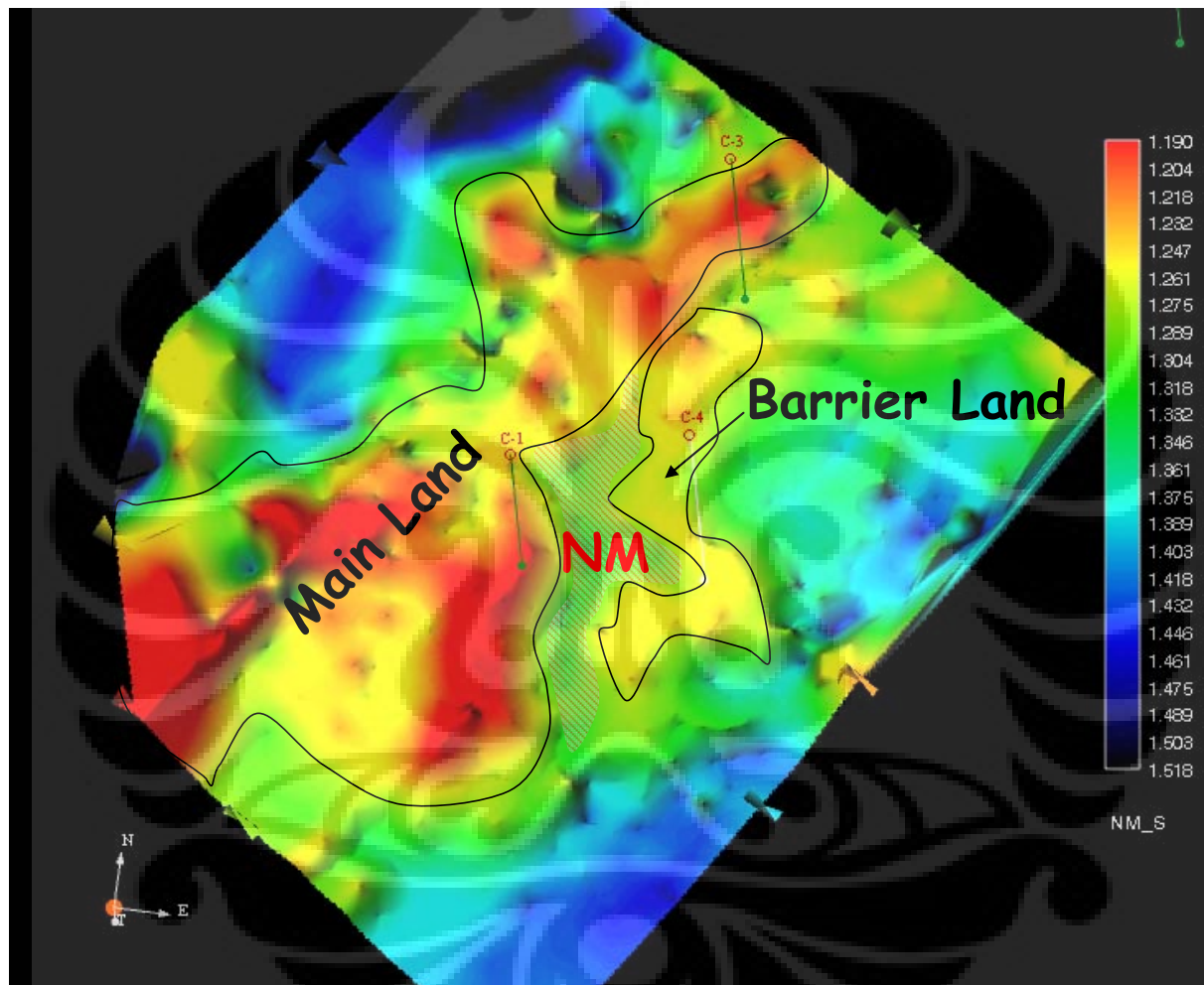


Gambar 4.17. Model lingkungan pengendapan Lagoon  
(Sumber: Sandstone Reservoir)

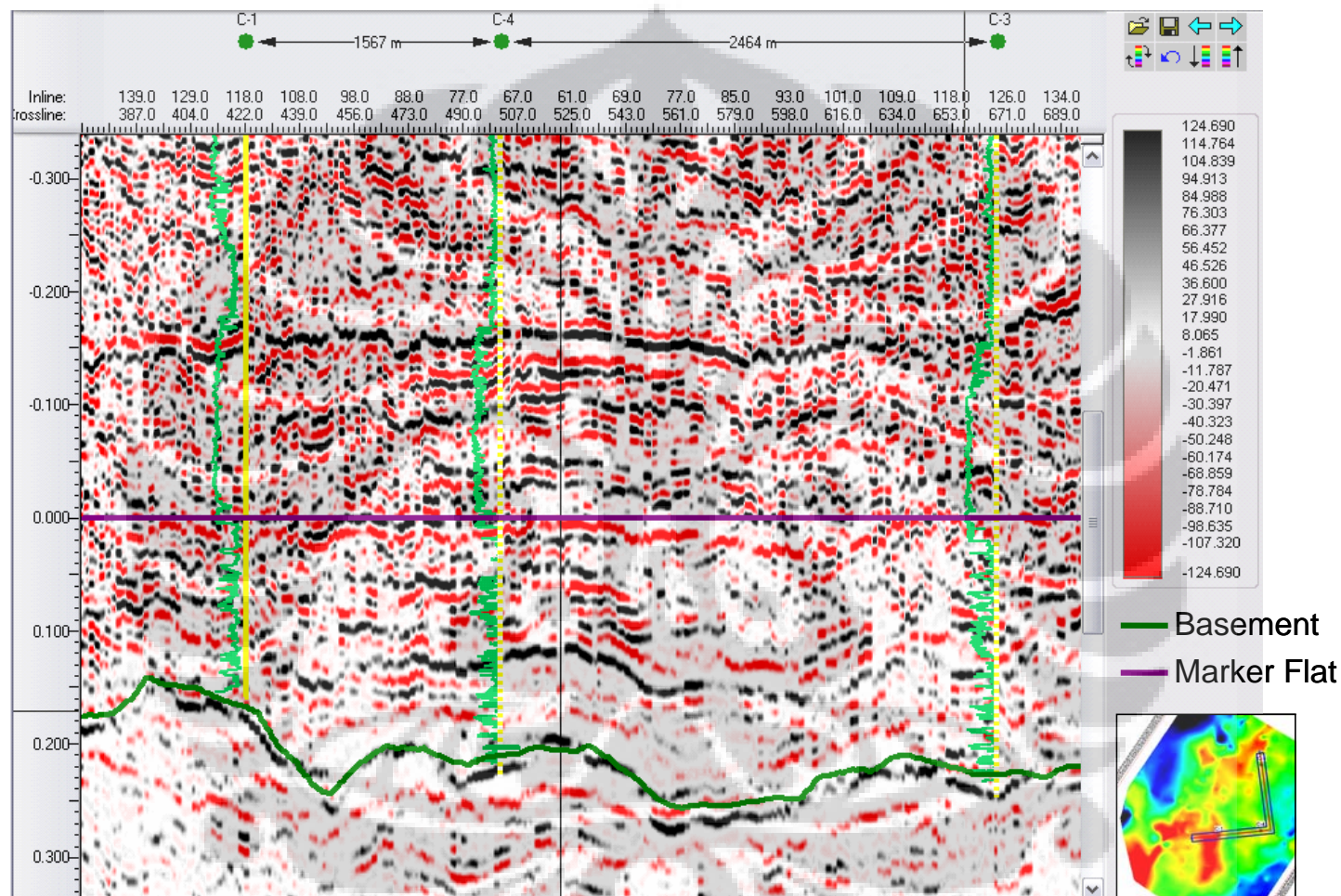
Selain dari data log dan report sumur yang menyatakan bahwa endapan ini memiliki ciri pengendapan pada laut dangkal, peta struktur waktu dari permukaan pada saat pengendapan NM. Peta struktur waktu ini sudah sesuai karena jika dibandingkan dengan korelasi antar sumur yang sudah di flat di Marker 1 (gambar 4.6), posisi C-1 lebih tinggi dari C-3 dan C-4 merupakan rendahan. Dengan mengacu pada definisi lagoon dan data log beserta well report penulis menginterpretasikan lingkungan pengendapan pada gambar berikut.

Dengan menggunakan data seismik AVF korelasi antar sumur (gambar 4.6) dapat diperbandingkan untuk membantu mencari model geologi pada saat NM terendapkan. Data seismik AVF ini diolah dengan menggunakan AVF pada frekuensi tinggi dipadukan dengan *Bed Resolution* sehingga dapat melihat lapisan tipis dan dapat melihat bagaimana sekuen pengendapan yang terjadi karena memiliki resolusi vertikal yang baik. Maka untuk mendukung palaeogeografi dapat dilihat pada penampang seismik (gambar 4.19) yang telah diflat pada marker, sedangkan keadaan struktural dapat dilihat pada lampiran 4.

Peta Palaeogeografi menunjukkan bahwa sumber endapan NM berasal dari pulau penghalang yang tererosi akibat naiknya permukaan laut dan terendapkan pada lagoon dengan arah arus laut tenggara ke barat laut. Hasil dari erosi dapat menyebabkan porositas pada endapan NM akan tetapi muka air laut yang terus naik menyebabkan butiran halus mulai terendapkan, sehingga didapatkan pola menghalus ke atas. Pada Sumur C-1 dan C-3 tidak terdapat endapan NM dikarenakan kedua sumur ini merupakan pulau utama (gambar 4.18).



Gambar 4.18. Palaeogeografi di NM selatan



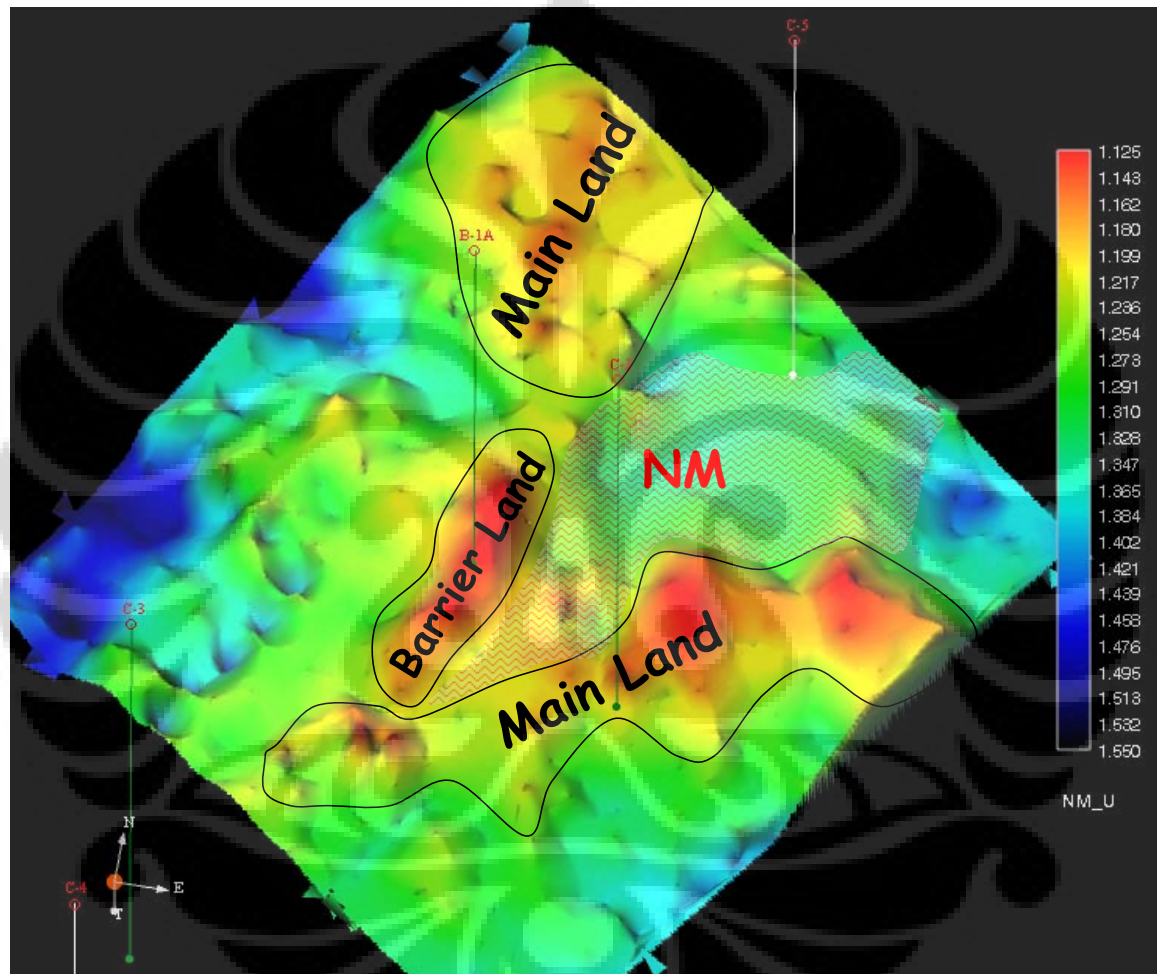
Gambar 4.19. Penampang Stratigrafi seismik di flat pada marker flat di NM selatan

#### **4.5.2. Pemodelan Geologi NM utara**

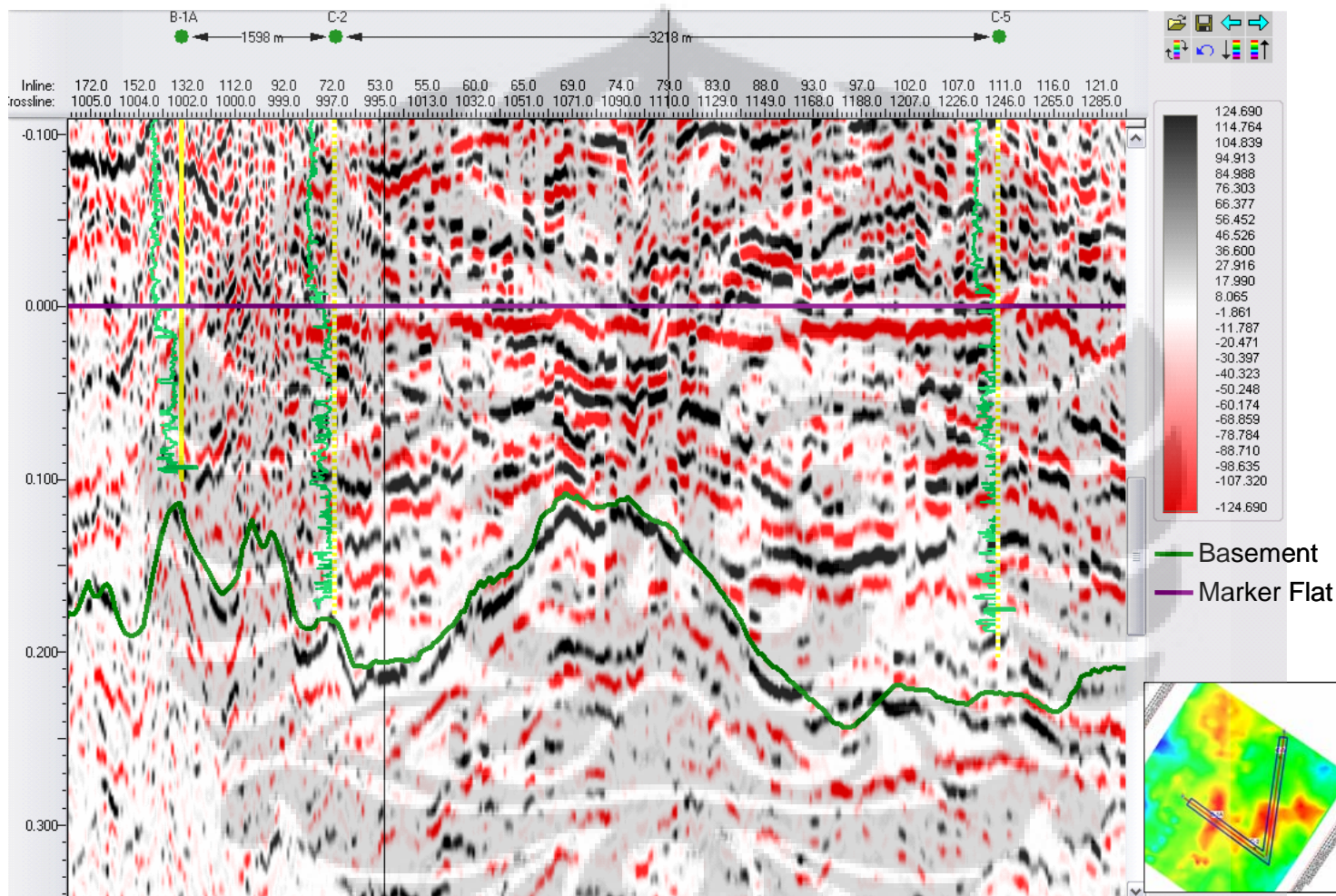
Pada NM utara ini Sumur C-5 dan B-1A yang menemukan lapisan NM. Korelasi sequence stratigraphy yang di flat di Marker 1 memperlihatkan bahwa C-5 dan B-1A lebih redah dibandingkan C-2. Pada Sumur B-1A dari data litologi memperlihatkan bahwa terdapat litologi sandstone dan limestone pada sequence pengendapan NM. Selain itu dari analisa fosil memperlihatkan bahwa ada foraminifera pada lapisan ini. Pada Sumur C-5 data litologi memperlihatkan bahwa terdapat litologi sandstone, limestone dan coal yang terbentuk di rawa. Serupa dengan NM selatan, mengacu pada data yang ada penulis mencoba memodelkan sebagai lingkungan pengendapan lagoon.

Hasil pemodelan ini mengungkapkan bahwa Sumur C-2 merupakan bagian dari pulau utama sehingga lapisan NM tidak tersebar. Sedangkan pada B-1A merupakan bagian dari barrier land sehingga pada daerah ini wajar jika banyak terdapat fosil foraminifera karena daerah ini merupakan daerah dangkal dan dimungkinkan banyak biota laut di sini.

Serupa dengan NM selatan, Endapan NM terendapkan pada saat naiknya muka air laut. Pada saat muka air laut naik menyebabkan adanya erosi pada pulau penghalang dan endapan hasil erosi ini terendapkan pada lagoon yang semakin dalam pada posisi C-5. Namun karena keterbatasan data seismik di utara ini analisa palaeogeografi tidak dapat dilakukan secara sempurna sehingga analisa palaeogeografi ini dibatasi hanya sampai crossline 1300 dari 1534 crossline yang ada. Adanya keterbatasan data (gambar 4.15) ini membuat keberadaan pulau utama di utara merupakan satu kesatuan dengan yang di selatan atau tidak. Namun karena lingkungan ini merupakan lingkungan pengendapan lagoon maka, diinterpretasikan bahwa kedua pulau utama ini merupakan satu kesatuan dengan cekungan berada pada C-5 (gambar 4.20.). Penampang seismik yang sudah diflat pada marker flat (gambar 4.21.) dapat menggambarkan keadaan palaeogeografi pada saat diendapkan NM. Untuk penampang struktural dapat dilihat pada lampiran 4.



Gambar 4.20. Palaeogeografi di NM utara



Gambar 4.21. Penampang Stratigrafi seismik di flat pada marker flat di NM utara

#### 4.6. Estimasi Cadangan

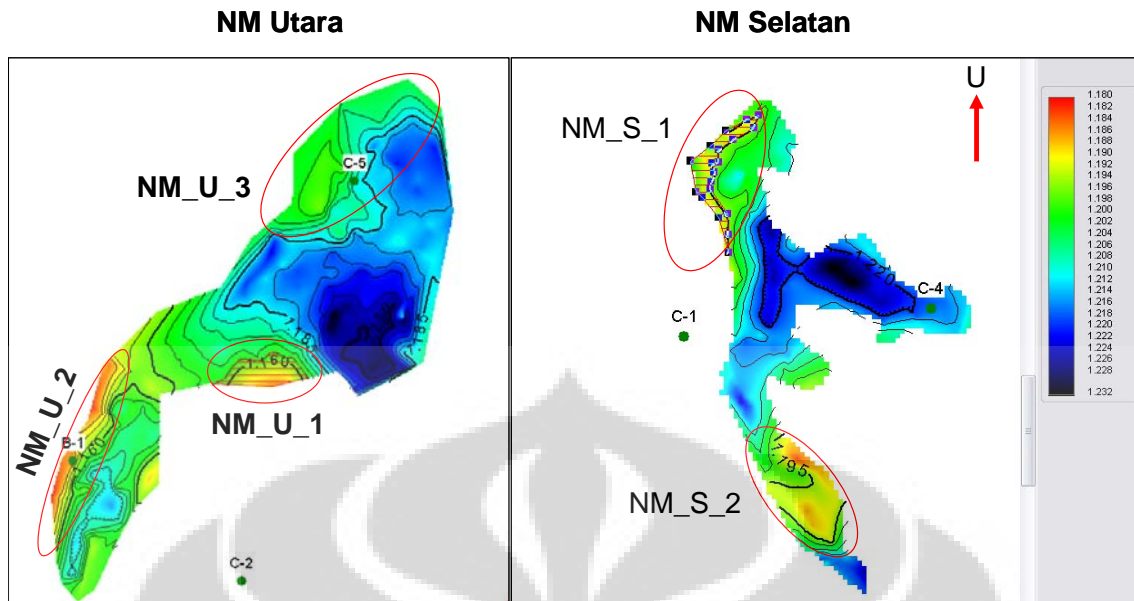
Setelah diperoleh hasil irisan horizon, picking manual dan model lingkungan pengendapan, dapat diperkirakan berapa cadangan yang dianggap potensial pada Lapisan NM ini. Hasil picking manual diperoleh peta *isochron*. Hasil petrofisika Sumur B-1A yang diperoleh dari *well report* mewakili karakteristik batuan (porositas) dan saturasi hidrokarbon. Pada sumur ini ketebalan kotor sebesar 33 ft. Hasil tes yang dilakukan ditemukan bahwa tidak ada gas dalam lapisan ini sehingga tidak ada faktor perbandingan minyak terhadap gas. *Stack multiplier* merupakan parameter estimasi jumlah zona pada lapisan NM. Nilai min dan max merupakan nilai kemungkinan terkecil dan terbesar dalam perhitungan cadangan, dan nilai ML merupakan nilai rata-ratanya. Tabel berikut memperlihatkan parameter yang digunakan.

Parameters	Min	ML	Max
Net/Gross Ratio	0.46	0.56	0.66
Oil Fill Fraction	1	1	1
Stack Multiplier	1	2	3
Porosity (fraction)	0.2	0.25	0.3
(1- Sw) (fraction)	0.4	0.5	0.6
FVF-Oil (STB/RB)	0.75	0.8	0.85
- Gas (SCF/RCF)	0	0	0
Rec Fac - Oil	0.25	0.3	0.35
- Gas	0	0	0

Tabel 4.1. Parameter dalam perhitungan cadangan

Estimasi cadangan ini dilakukan dengan Metode Monte Carlo secara terpisah. Penyebaran lokal Lapisan NM di Lapangan EBA ini dibagi menjadi dua area utama, yakni utara dan selatan (gambar 4.22.). Keadaan struktur saat ini memperlihatkan bahwa area utara dibagi menjadi 3 area potensial untuk keberadaan hidrokarbon (NM\_U\_1, NM\_U\_2, dan NM\_U\_3). Sedangkan untuk area selatan ada 2 area potensial (NM\_S\_1 dan NM\_S\_2). Untuk area utara lebih banyak area potensial disebabkan keadaan tektonik yang lebih aktif di utara (lampiran 4).





Gambar 4.22. Area Penyebaran Lapisan NM potensial di utara (kiri) dan selatan (kanan)

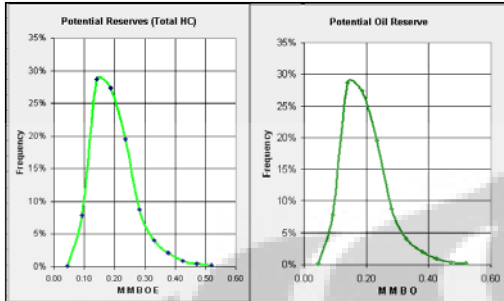
Perhitungan cadangan ini dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$EUR = \frac{7758 \times GrRV \times N/GR \times OFF \times Por \times (1 - Sw) \times FVF \times RF}{1.000.000} \quad (4.1)$$

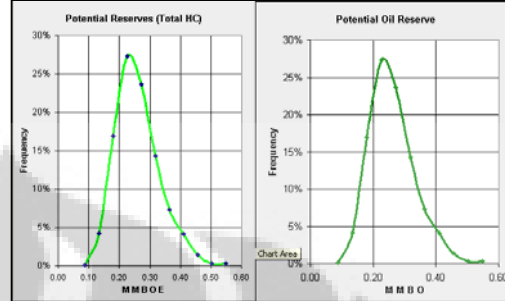
Dengan:

- EUR = Cadangan minyak terambil dalam jutaan barrel (MMBO)
- GrRV = Volume kotor formasi dalam acre-feet
- N/GR = Net to Gross Ratio dalam bentuk fraksi
- OFF = Oil Fill Fraction, bagian dari perangkat yang terisi minyak
- Por = Porositas rata - rata dalam bentuk fraksi
- (1- Sw) = Kejenuhan hidrokarbon dalam bentuk fraksi
- FVF = Formation Volume Factor untuk minyak
- RF = Recovery Factor untuk minyak
- 7758 = Faktor konversi dari Acre-feet ke Barrel

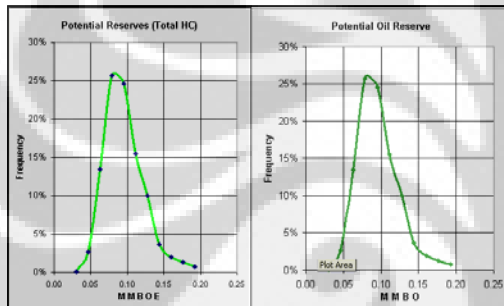
NM\_S\_1



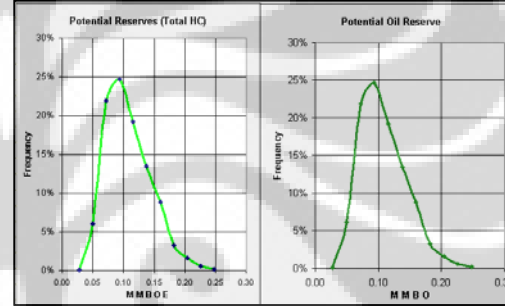
NM\_S\_2



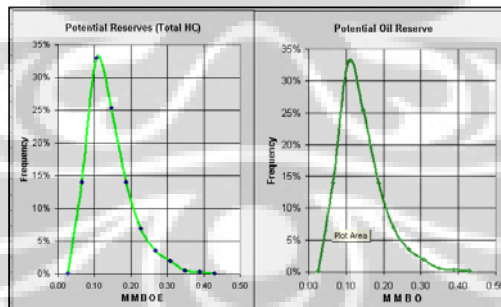
NM\_U\_1



NM\_U\_2



NM\_U\_3



Gambar 4.23. Grafik hasil perhitungan probabilitas cadangan hidrokarbon dengan Monte Carlo pada masing-masing area

Hasil perhitungan per bagian area dapat dilihat pada tabel berikut.

PROSPECT	MMBO			
	P90	P50	P10	MEAN
NM_S_1	0.104	0.162	0.258	0.173
NM_S_2	0.161	0.231	0.326	0.239
NM_U_1	0.059	0.084	0.121	0.088
NM_U_2	0.058	0.092	0.142	0.097
NM_U_3	0.064	0.109	0.196	0.122
<b>TOTAL</b>	<b>0.447</b>	<b>0.679</b>	<b>1.043</b>	<b>0.719</b>

Tabel 4.2. Hasil perhitungan cadangan dengan probabilitasnya

Dapat terlihat bahwa semakin besar probabilitasnya maka jumlah cadangan akan semakin kecil, hal ini dikarenakan oleh semakin kecilnya volume yang digunakan dalam perhitungan. Maka rata-rata total cadangan secara keseluruhan di lapisan NM ini adalah 0.719 MMBO.

## **BAB V**

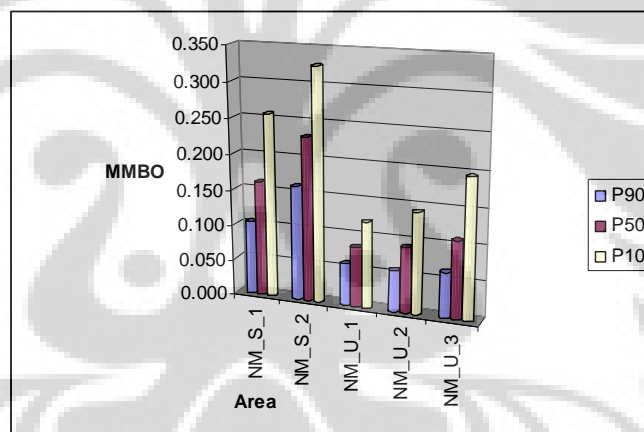
### **KESIMPULAN dan SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat ditarik setelah dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Dekonvolusi sangat berguna untuk mengurangi *noise* terutama pada lapangan lepas pantai dan karbonat.
2. Amplitude versus Frequency filtering yang dimodifikasi bersama konsep bed resolution dapat memperbaiki resolusi vertikal hingga  $\lambda/16$  m, sehingga dapat digunakan untuk pencarian penyebaran lapisan tipis.
3. Hasil analisis sekuen stratigrafi berdasarkan log gamma ray pada sumur C-4, C-5, dan B-1A menunjukkan bahwa Endapan NM terendapkan pada fase transgresi (naiknya muka air laut).
4. Endapan NM pada masing-masing sumur C-4, C-5, dan B-1A memiliki ciri khas masing-masing. Untuk endapan NM pada C-4 nampak dengan jelas pola menghalus ke atas. Pada sumur C-5 dan B-1A menunjukkan perbedaan pola log gamma ray, sehingga disimpulkan bahwa pada lokasi B-1A Endapan NM terletak pada laut yang lebih dangkal daripada C-5.
5. Setelah dilakukan flatening pada horizon NM dan dipick konfigurasi struktur dasar, maka terlihat dengan jelas bahwa endapan NM ini bersifat lokal, dan dibagi menjadi 2 lokasi penyebaran, yakni penyebaran NM bagian utara dan selatan.
6. Pada lokasi penyebaran NM bagian selatan, pemodelan yang cocok untuk daerah ini adalah lingkungan pengendapan Lagoon, dimana lokasi C-4 berada pada dibelakang pulau penghalang yang memanjang ke arah tenggara.
7. Pada lokasi penyebaran NM bagian utara, pemodelan yang cocok untuk daerah ini adalah lingkungan pengendapan Lagoon, dimana lokasi C-5 berada di belakang pulau penghalang dan terletak pada

8. Metode AVF ini dapat digunakan untuk memodelkan hingga ke batas daerah lingkungan pengendapan pada waktu yang sama (korelasi sekuen stratigrafi).
9. Metode AVF ini sangat baik digunakan pada daerah dengan karakteristik sedikit aktifitas tektonik seperti NM selatan, namun dapat juga dipakai untuk membantu intepretasi di daerah dengan noise dan aktifitas tektonik tinggi (NM utara) .
10. Perkiraan total cadangan hidrokarbon di lapisan NM yang terdiri dari 5 area ini sebesar 0.719 MMBO, sehingga lapisan ini kurang ekonomis apabila dijadikan lapisan untuk dieksplorasi karena total perkiraan cadangan tidak melebihi 1 MMBO.



Gambar 5.1 Perkiraan total cadangan hidrokarbon pada Lapisan NM

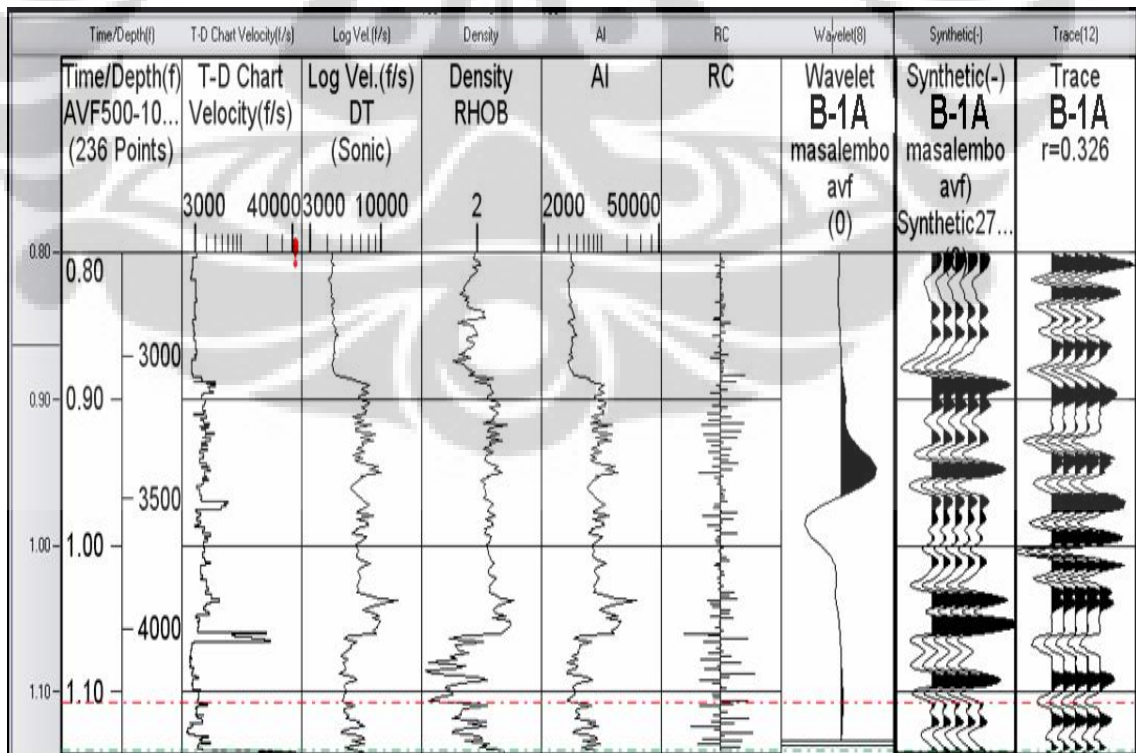
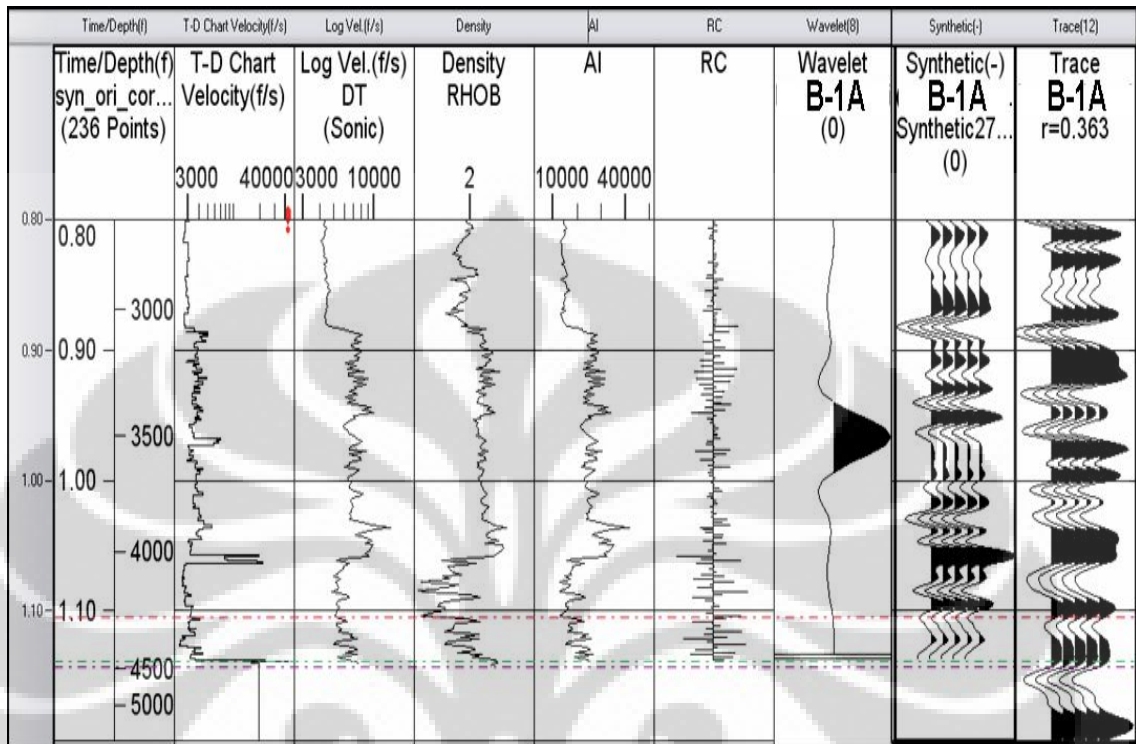
## 5.2.Saran

Dalam pengerjaan penelitian ini terdapat beberapa kekurangan, seperti data seismik yang kurang baik terutama pada daerah *interest*. Banyak line seismik yang dimuting sehingga intepretasi di lintasan seismik ini sulit untuk dilakukan. Report sumur mengenai *cekshot* banyak yang tidak ada sehingga untuk korelasi *well tie* dilakukan dengan pendekatan data yang telah dilakukan sebelumnya, sehingga alangkah baiknya jika di beberapa sumur utama dilakukan *Vertical Seismic Profiling* (VSP) atau checkshot ulang untuk mengurangi kesalahan intepretasi yang ada.

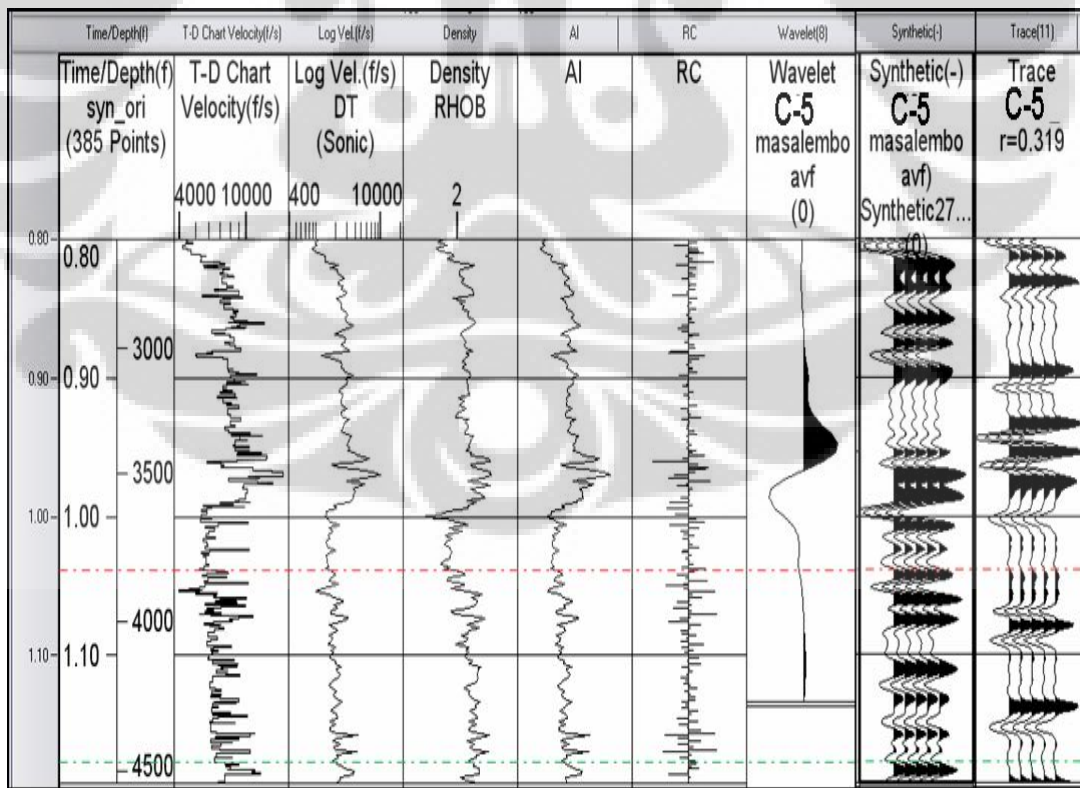
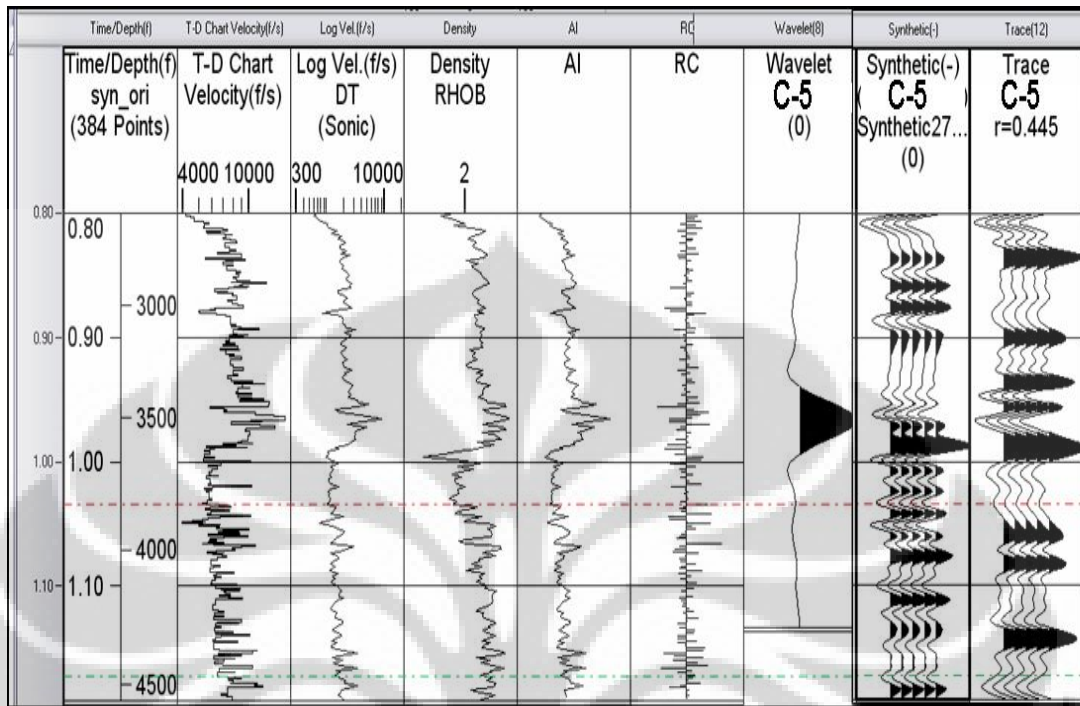
## DAFTAR REFERENSI

- Boggs, Sam Jr. (2001). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy* (3rd ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Hentz, Tucker,& Zeng, Hongliu. (2003). *High-Frequency Miocene sequence stratigraphy, offshore Louisiana : Cycle Framework and influence on production distribution in a mature shelf province* *Limit of Resolution of Zero-Phase wavelets*. AAPG bulletin vol. 87 No.2 (February 2003), PP. 197-230
- Kallweit, R.S., & Wood, L.C. (1982). *The Limit of Resolution of Zero-Phase wavelets*. Geophysics, vol .47 No. 7 (July 1982); P.1035-1046.
- Puryear, Charles I., John P. Castagna. (2008). *Layer-Thickness Determination and Stratigraphic Interpretation Using Spectral Inversion: Theory and application*. SEG 2008
- Rider, Malcolm. (1996). *The Geological Interpretation Of Well Logs* (2nd ed.). Caithness: Whittles Publishing.
- Sukmono, Sigit. (1999) *Interpretasi Seismik Refleksi*. Institut Teknologi Bandung
- Wagoner, R.M. Mitchum, K.M. Campion, and V.D. Rahmanian. (1992). *Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs, Cores, and outcrops: Concepts for High-Resolution correlation of Time and Facies*. AAPG methods in exploration series no.7
- Zeng, Hongliu. (2008). *Understanding Seismic Detection and Resolution of High-Frequency Sequences and Systems Tracts*. Oral Presentation AAPG 2008
- Zeng, Hongliu,& Charles K. (2000). *Amplitude Versus Frequency – Applications to Seismic Stratigraphy and Reservoir Characterization, Part 1: Model*. SEG 2000 Expanded Abstracts
- Zeng, Hongliu,& Charles K. (2000). *Amplitude Versus Frequency – Applications to Seismic Stratigraphy and Reservoir Characterization, Part 2: Real 3-D Data in ABO Reservoir, Kingdom Field, West Texas*. SEG 2000 Expanded Abstract

Lampiran 1: Synthetic Seismogram Sumur B-1A

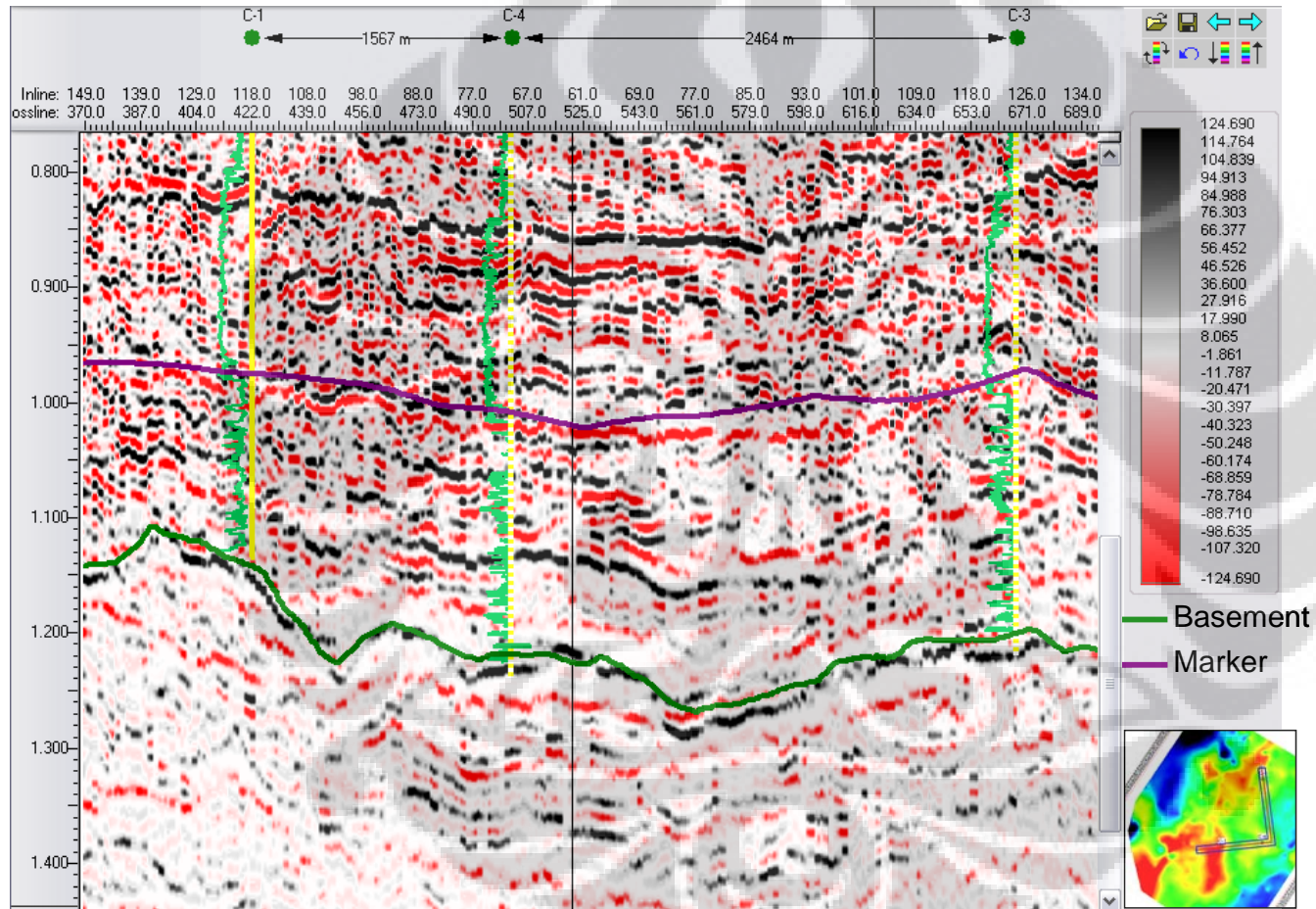


Lampiran 2: Synthetic Seismogram Sumur C-5





### Lampiran 3: Penampang Seismik Struktur NM Selatan



#### Lampiran 4: Penampang Seismik Struktur NM Utara

