



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KOMBINASI SPEKTRAL DEKOMPOSISI BERBASIS  
TRANSFORMASI WAVELET KONTINYU (CWT)  
DAN SEISMIK INVERSI UNTUK KARAKTERISASI  
RESERVOAR PROSPECT "L" : STUDI KASUS  
CEKUNGAN SUMATERA SELATAN**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains**

**LILIK LASONO**

**0806421211**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM PASCASARJANA PROGRAM STUDI FISIKA  
KEKHUSUSAN GEOFISIKA RESERVOAR  
JAKARTA  
2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama** : Lilik Lasono  
**NPM** : 0806421211  
**Tanda Tangan** :

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Lilik Lasono', written over a horizontal line.

**Tanggal** : 6 Mei 2011

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Lilik Lasono

NPM : 0806421211

Program Studi : Geofisika Reservoir

Judul Tesis : Kombinasi Spektral Dekomposisi Berbasis Transformasi Wavelet Kontinyu (CWT) dan Seismik Inversi untuk Karakterisasi Reservoir Prospect "L" : Studi Kasus 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 Geofisika Reservoir, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Abdul Haris

(  )

Penguji : Prof. Dr. Suprayitno Munadi

(  )

Penguji : Dr. Eko Widiyanto

(  )

Penguji : Dr. Ricky Adi Wibowo

(  )

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 6 Mei 2011

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah S.W.T. atas rahmat dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis yang berjudul **Kombinasi Spektral Dekomposisi Berbasis Transformasi Wavelet Kontinyu (CWT) dan Seismik Inversi untuk Karakterisasi Reservoir Prospect “L”:** **Studi Kasus Cekungan Sumatera Selatan** ditulis sebagai syarat kelulusan S2 di Program Studi Fisika Kekhususan Geofisika Reservoir, Fakultas MIPA, Universitas Indonesia. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Evi Kartika, istri tercinta yang selalu memberi dukungan dan pengertiannya selama penulis mengerjakan tesis ini.
2. Bidadari kecilku Dinara yang selalu mengisi keceriaan di setiap waktu.
3. Bapak dan Ibu, selaku orangtua yang selalu memberikan dukungan dan banyak memberikan nasehat dan masukan yang berguna kepada penulis.
4. Bapak Dr. Abdul Haris, selaku pembimbing yang telah banyak memberikan nasehat dan masukan yang berguna kepada penulis.
5. Bapak Prof. Dr. Suprayitno Munadi, atas diskusi dan masukan mengenai penelitian ini kepada penulis serta kesediannya selaku penguji.
6. Bapak Dr. Eko Widiyanto, atas kesediannya selaku dosen penguji.
7. Bapak Dr. Ricky Adi Wibowo, atas ilmu yang diberikan selama ini dan selaku dosen penguji.
8. Teman teman kantor, Yudi, Didiek, Pandu & Dedi atas diskusi selama ini.
9. Teman-teman S2 Geofisika Reservoir UI angkatan 2008, selalu menjadi teman yang baik dan kompak.
10. Segenap staf di Program Studi Geofisika Reservoir, serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangannya, oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Jakarta, Mei 2011

Penulis

Lilik Lasono

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

---

---

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

Nama : Lilik Lasono  
NPM : 0806421211  
Program Studi : Geofisika Reservoar  
Departemen : Pasca Sarjana Fisika  
Fakultas : Matematika dan Peengetahuan Alam  
Jenis karya : Tesis

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

**Kombinasi Spektral Dekomposisi Berbasis Transformasi Wavelet Kontinyu (CWT) dan Seismik Inversi untuk Karakterisasi Reservoar Prospect "L": Studi Kasus 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 tugas akhir 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 : Mei 2011  
Yang menyatakan



( Lilik Lasono )

## ABSTRAK

Nama : Lilik Lasono  
Program Studi : Geofisika Reservoir  
Judul : Kombinasi Spektral Dekomposisi Berbasis Transformasi Wavelet Kontinyu (CWT) dan Seismik Inversi untuk Karakterisasi Reservoir Prospect "L" : Studi Kasus Cekungan Sumatera Selatan

Spektral Dekomposisi merupakan salah satu teknik analisa sinyal dalam interpretasi data seismik. Analisa fourier biasa atau transformasi 1D menghasilkan sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Para ilmuwan mengembangkan analisa fourier biasa yang menghasilkan sinyal 2D dalam waktu dan frekuensi, kemudian melakukan short-time window setelah dilakukan transformasi fourier. Metode ini dikenal dengan nama *Short-Time Fourier Transform* (STFT). Akan tetapi, resolusi time-frekuensi dengan menggunakan STFT terbatas dalam menentukan lebar window. Keterbatasan metode STFT ini dapat diatasi dengan metode *Continous Wavelet Transform* (CWT). Proses analisis time-frekuensi dilakukan dengan cara mengkonvolusi sinyal dengan wavelet, resolusi frekuensi diperoleh dengan mendilatasi wavelet menggunakan skala tertentu dan resolusi waktu diperoleh dengan mentranslasi wavelet dengan faktor translasi tertentu. Penentuan inilah menjadikan metode Continous Wavelet Transform (CWT) menghasilkan analisis yang mempunyai resolusi yang tinggi.

Perkembangan atribut seismik dewasa ini sangat membantu dalam menunjukkan indikasi adanya hidrokarbon pada reservoir. Keberadaan hidrokarbon gas biasanya lebih mudah teridentifikasi dibandingkan minyak dan air karena atenuasi gas lebih besar dibandingkan dengan minyak dan air. Atribut spektral sesaat yang didasari dari hasil komputasi CWT diharapkan dapat menjadi atribut yang berguna untuk mendeteksi adanya indikasi keberadaan hidrokarbon. Untuk mendukung hasil metode CWT, akan dikombinasikan dengan hasil metode inversi untuk meyakinkan akan keberadaan hidrokarbon tersebut yang ditandai dengan nilai akustik impedansi (AI) yang relatif rendah dengan sekitarnya.

Dari hasil penelitian ini menunjukkan adanya *low frequency effect* pada frekuensi 15 Hz di *prospect "L"* yang terlihat pada line line yang melewati area *prospect* tersebut. Hal ini didukung dengan hasil inversi yang menunjukkan nilai AI yang rendah yaitu berkisar 17000 – 22000 ((ft/s) \*(gr/cc)) dan kontras dengan nilai AI sekitarnya. Kombinasi metode dekomposisi spektral berbasis CWT yang dengan metode inversi seismik (AI) mengindikasikan adanya akumulasi hidrokarbon pada *prospect "L"*.

Kata kunci:

CWT, Inversi, Reservoir minyak dan gas

## ABSTRACT

Name : Lilik Lasono  
Study Program : Reservoir Geophysics  
Title : Combination Spectral Decomposition Based on Continuous Wavelet Transform (CWT) and Seismic Inversion for Reservoir Characterization of "L" Prospect: A Case Study of South Sumatera Basin

Spectral Decomposition is one of a signal analyzer in the seismic interpretation. Analysis of 1D Fourier transform generates a signal from time domain into the frequency domain. Scientists developed a 1D Fourier transform to generate 2D signal in time and frequency domain, then do short-time window after the Fourier transformation. This method is known as Short-Time Fourier Transform (STFT). However, the time-frequency resolution by using the STFT is limited in determining the width of the window. Limitations STFT method can be overcome by using continuous wavelet transform (CWT). The process of time-frequency analysis was done by convolution signal with wavelet, the frequency resolution obtained by using wavelet dilatation with a specific scale and time resolution obtained by translating the wavelet with a specific translation factor. This determination makes the method of Continuous Wavelet Transform (CWT) can produce high resolution analysis.

Seismic attribute these days is very helpful in showing indications of hydrocarbons in the reservoir. The presence of hydrocarbon gas is usually more easily identified than the oil and water due to greater attenuation for gas compared to oil and water. Spectral Attribute based on the CWT computation is expected to be useful attribute to detect indication presence of hydrocarbons. To support the CWT method, will be combined with inversion methods to assure the existence of hydrocarbons by the value of acoustic impedance (AI) is relatively low with the surroundings.

Results of this study indicate a low frequency effect on the frequency 15 Hz at the prospect "L " that looks at the lines that passes through the prospect area. This is supported by the results of inversion show that low AI values ranged 17000-22000 ((ft / s) \* (gr / cc)) and contrast with the surrounding AI value. The combination of spectral decomposition based on CWT method and seismic inversion method (AI) indicates a hydrocarbon accumulation at the prospect of "L".

Key words:

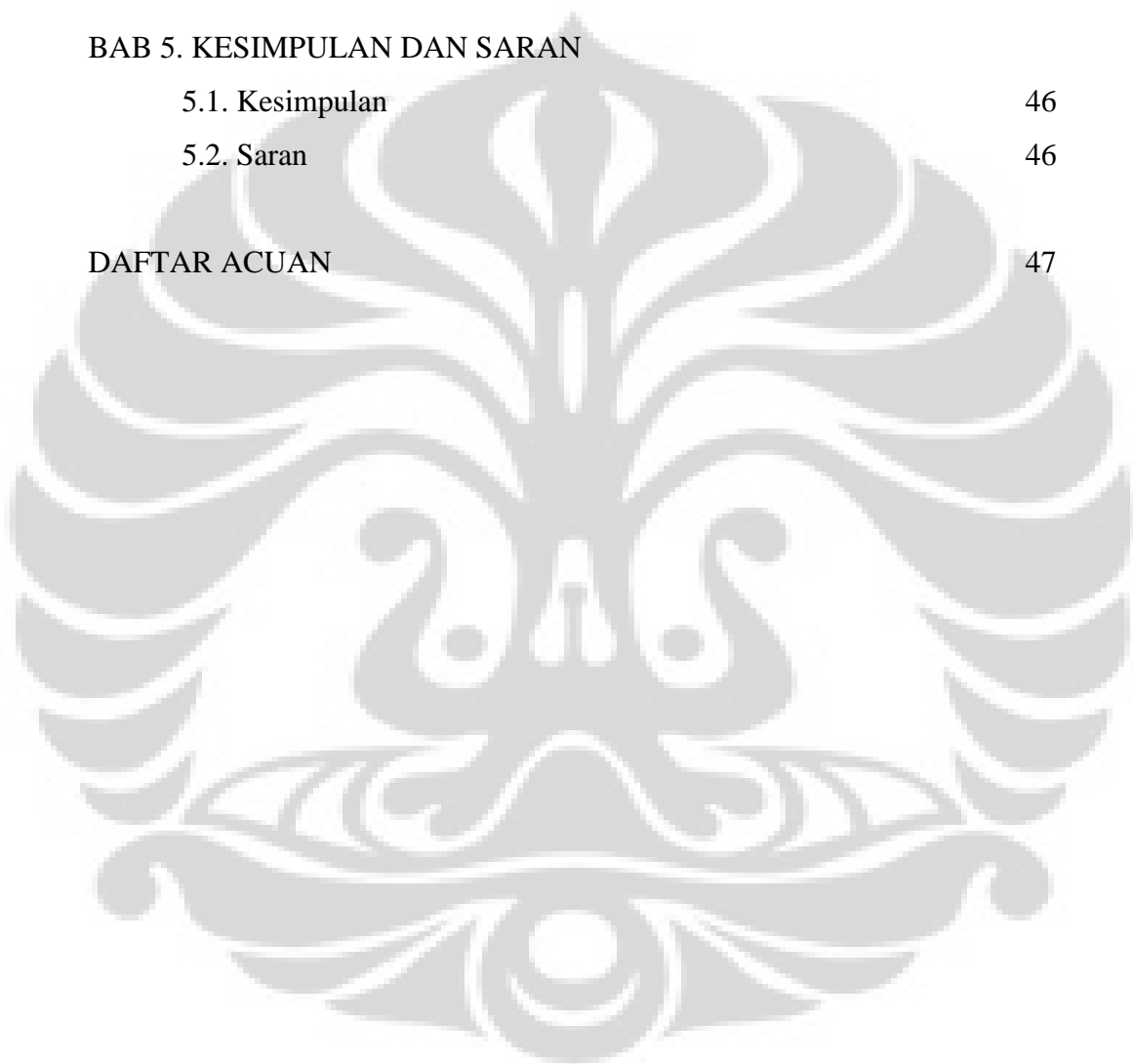
CWT, Inversion, Hydrocarbon Reservoir

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL                             | i    |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS           | ii   |
| HALAMAN PENGESAHAN                        | iii  |
| KATA PENGANTAR                            | iv   |
| ABSTRAK                                   | v    |
| ABSTRACT                                  | vi   |
| DAFTAR ISI                                | viii |
| DAFTAR GAMBAR                             | x    |
| <br>                                      |      |
| <b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>                 |      |
| 1.1. Latar Belakang                       | 1    |
| 1.2. Tujuan Penelitian                    | 2    |
| 1.3. Ruang Lingkup Penelitian             | 3    |
| 1.4. Sistematika Pembahasan               | 3    |
| <br>                                      |      |
| <b>BAB 2. CWT DAN INVERSI SEISMIK</b>     |      |
| 2.1. Resolusi Seismik                     | 4    |
| 2.2. Transformasi Wavelet                 | 5    |
| 2.3. Transformasi Wavelet Kontinyu (CWT)  | 6    |
| 2.4. Skala dan Posisi                     | 9    |
| 2.5. Mother Wavelet Kompleks Morlet       | 10   |
| 2.6. Atribut Spektral Sesaat              | 12   |
| 2.7. Inversi Seismik                      | 14   |
| <br>                                      |      |
| <b>BAB 3. PENGOLAHAN DATA</b>             |      |
| 3.1. Data Lapangan                        | 19   |
| 3.2. Geologi Regional                     | 22   |
| 3.2.1 Struktural                          | 22   |
| 3.2.2 Stratigrafi                         | 24   |
| 3.3. Pengolahan dan Analisis Data Seismik | 24   |
| 3.3.1 <i>Software dan Hardware</i>        | 24   |
| 3.3.2 Metode Analisis                     | 25   |



|  |    |
|--|----|
| <b>BAB 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>                  |    |
| 4.1. Analisis Petrophysics                             | 27 |
| 4.2. Interpretasi Seismik                              | 27 |
| 4.3. Analisis <i>Continous Wavelet Transform</i> (CWT) | 30 |
| 4.4. Impedansi Akustik                                 | 39 |
| 4.5. Kombinasi CWT dan Impedansi Akustik (AI)          | 44 |
| <br>   |    |
| <b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>                     |    |
| 5.1. Kesimpulan  | 46 |
| 5.2. Saran   | 46 |
| <br>   |    |
| <b>DAFTAR ACUAN</b>                                    | 47 |



## DAFTAR GAMBAR

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1  | Perbedaan dari beberapa transformasi sinyal non stationer  | 5  |
| Gambar 2.2  | Ilustrasi transformasi dengan Fourier Transform yang menghasilkan komponen sinusoid pada beberapa frekuensi          | 7  |
| Gambar 2.3  | Ilustrasi transformasi dengan Transformasi Wavelet Kontinyu yang menghasilkan komponen wavelet dari skala dan posisi | 7  |
| Gambar 2.4  | Skala Wavelet  | 9  |
| Gambar 2.5  | Pergeseran wavelet atau posisi   | 10 |
| Gambar 2.6  | Wavelet kompleks Morlet dalam waktu dan frekuensi Domain   | 11 |
| Gambar 2.7  | Seismic low-frequency effect   | 13 |
| Gambar 2.8  | Standard Processed Seismic section West-Siberian oil field   | 13 |
| Gambar 2.9  | Low frequency Seismic section West-Siberian oil field  | 14 |
| Gambar 2.10 | Skema pemodelan ke depan dan inversi   | 15 |
| Gambar 2.11 | Proses inversi seismik   | 16 |
| Gambar 2.12 | Pembagian kategori metoda inversi seismik  | 16 |
| Gambar 2.13 | Iterasi dalam inversi sparse spike menambah jumlah spike dengan ukuran yang lebih kecil dari sebelumnya              | 18 |
| Gambar 3.1  | Lokasi Prospect " L "  | 20 |
| Gambar 3.2  | Peta Pola Struktur Tinggian (High) dan Rendahan (Graben), dan Pola kelurusan struktural di Cekungan Sumatera Selatan | 21 |
| Gambar 3.3  | Basemap  | 22 |
| Gambar 3.4  | Regional cross-Section Timur – Barat   | 23 |
| Gambar 3.5  | Stratigafi Regional Cekungan Sumatera Selatan  | 24 |
| Gambar 3.6  | CWT pada 1 trace seismik   | 25 |
| Gambar 3.7  | Alur penelitian  | 26 |
| Gambar 4.1  | Cross Plot Gamma Ray vs AI sumur Dinara-1  | 27 |
| Gambar 4.2  | Well Seismic Tie sumur Dinara-1 pada line H-1  | 28 |
| Gambar 4.3  | Frekuensi Dominan 15 Hz  | 28 |
| Gambar 4.4  | Interpretasi picking Horizon antara line yang berpotongan  | 29 |
| Gambar 4.5  | Structure map Top Meruap   | 30 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.6  | Fenomena <i>Bright spot</i> pada line H-4  | 30 |
| Gambar 4.7  | CWT pada 1 trace sumur Dinara-1  | 31 |
| Gambar 4.8  | CWT pada line H-1 (a) Frekuensi 30 Hz,<br>(b) Frekuensi 15 Hz  | 32 |
| Gambar 4.9  | CWT pada line H-4 (a) Frekuensi 30 Hz,<br>(b) Frekuensi 15 Hz  | 33 |
| Gambar 4.10 | CWT pada line H-3 (a) Frekuensi 30 Hz,<br>(b) Frekuensi 15 Hz  | 34 |
| Gambar 4.11 | CWT pada line V-3 (a) Frekuensi 30 Hz,<br>(b) Frekuensi 15 Hz  | 35 |
| Gambar 4.12 | Peta <i>Amplitude</i> hasil CWT pada frekuensi 30 Hz<br>Top Meruap                                     | 36 |
| Gambar 4.13 | Peta <i>Amplitude</i> hasil CWT pada frekuensi 30 Hz<br>Top Meruap + 50 ms                             | 36 |
| Gambar 4.14 | Peta <i>Amplitude</i> hasil CWT pada frekuensi 15 Hz<br>Top Meruap                                     | 37 |
| Gambar 4.15 | Peta <i>Amplitude</i> hasil CWT pada frekuensi 15 Hz<br>Top Meruap + 50 ms                             | 37 |
| Gambar 4.16 | Kombinasi Peta <i>Amplitude</i> hasil CWT pada frekuensi 30 Hz<br>dan <i>Time structure</i> Top Meruap | 38 |
| Gambar 4.17 | Kombinasi Peta <i>Amplitude</i> hasil CWT pada frekuensi 15 Hz<br>dan <i>Time structure</i> Top Meruap | 39 |
| Gambar 4.18 | Inversi pada line H-1 yang melewati sumur Dinara-1   | 40 |
| Gambar 4.19 | Hasil Inversi line H-4   | 41 |
| Gambar 4.20 | Hasil Inversi line H-3   | 41 |
| Gambar 4.21 | Hasil Inversi line V-3   | 42 |
| Gambar 4.22 | Peta kontur penyebaran impedansi akustik Top Meruap  | 42 |
| Gambar 4.23 | Peta kontur penyebaran impedansi akustik<br>Top Meruap + 50 ms   | 43 |
| Gambar 4.24 | Peta kontur penyebaran impedansi akustik dan<br>Time structure Top Meruap                              | 43 |
| Gambar 4.25 | Kombinasi hasil CWT frekuensi 15 Hz dan<br>Inversi (AI) pada line H-4                                  | 44 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 4.26 Kombinasi hasil CWT frekuensi 15 Hz dan<br>Inversi (AI) pada line V-3                                      | 44 |
| Gambar 4.27 Kombinasi peta Amplitude hasil CWT pada frekuensi 30 Hz,<br>15 Hz dan peta penyebaran AI pada prospect "L" | 45 |



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1.Latar Belakang

Dekomposisi spektrum merupakan salah satu alat untuk menginterpretasi data seismik. Dekomposisi spektrum digunakan sebagai analisa sinyal, khususnya data seismik. Kandungan frekuensi yang ada di dalam sinyal dapat diperlihatkan dengan menggunakan transformasi fourier. Analisa fourier biasa atau transformasi 1D menghasilkan sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi, sinyal *non-stationer* seperti sinyal seismik yang kandungan frekuensinya bervariasi terhadap waktu, setelah dilakukan transformasi fourier frekuensinya adalah rata-rata kandungan frekuensi tiap waktu yang menghasilkan spektrum frekuensi yang kurang baik, sehingga transformasi 1D kurang baik.

Seismik di alam merupakan data yang *non-stationer* dalam arti bahwa data tersebut memiliki wavelet dan frekuensi yang selalu berubah terhadap waktu, sehingga interpretasi seismik dari data seismik amplitudo yang dihasilkan akan memberikan suatu masalah bagi seorang interpreter akibat refleksi pada data seismik akan terlihat kabur dalam penentuan batas-batas stratigrafi dan memberikan keraguan pada hasil pemetaan reservoir.

Para ilmuwan mengembangkan analisa fourier biasa yang menghasilkan sinyal 2D dalam waktu dan frekuensi, kemudian melakukan *short-time window* setelah dilakukan transformasi fourier. Metode ini dikenal dengan nama *Short-Time Fourier Transform (STFT)*. Akan tetapi, resolusi time-frekuensi dengan menggunakan STFT terbatas dalam menggunakan lebar *window*. Permasalahan penentuan lebar *window* dalam analisa time-frekuensi dapat diatasi dengan metode *Continuous Wavelet Transform (CWT)* (Daubechies, 1992). Dekomposisi dengan *CWT* diharapkan dapat untuk meningkatkan rasio sinyal terhadap bising tersebut.

Perkembangan atribut seismik dewasa ini sangat membantu dalam menunjukkan indikasi adanya hidrokarbon pada reservoir. Adanya anomali yang menonjol yang ditunjukkan oleh sebuah reservoir dapat menunjukkan adanya indikasi hidrokarbon pengisi reservoir tersebut. Keberadaan hidrokarbon gas

biasanya lebih mudah teridentifikasi dibandingkan minyak dan air karena atenuasi oleh gas lebih besar dibandingkan dengan minyak dan air. Gas akan ter-atenuasi di frekuensi tinggi dan minyak akan ter-atenuasi di frekuensi yang lebih rendah. Atribut spektral sesaat yang didasari dari hasil komputasi *CWT* diharapkan dapat menjadi atribut yang berguna untuk mendeteksi adanya indikasi keberadaan hidrokarbon.

Disamping metode *Continous Wavelet Transform (CWT)*, kita juga melakukan metode inversi sebagai bahan pertimbangan lain. Seismik inversi adalah proses pemodelan geofisika yang dilakukan untuk memprediksi informasi sifat fisis bumi berdasarkan informasi rekaman seismik yang diperoleh. Inversi merupakan kebalikan (*inverse*) dari pengambilan rekaman data seismik (*forward modeling*). Sebagaimana yang kita ketahui *forward modeling* adalah operasi konvolusi antara wavelet sumber dengan kontras impedansi akustik bumi (koefisien refleksi). Proses inversi merupakan proses 'pembagian' rekaman seismik terhadap wavelet sumber yang diprediksi.

Dengan kombinasi metode *Continous Wavelet Transform (CWT)* dan inversi ini diharapkan dapat memberikan hasil yang maksimal dalam menentukan karakteristik reservoir target.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk melihat sejauh mana metoda Transformasi Wavelet Kontinyu (*CWT*) yang dikombinasikan dengan metode inversi dapat diterapkan untuk memetakan distribusi reservoir minyak dan gas dengan tujuan khusus sebagai berikut:

1. Karakterisasi reservoir melalui karakter spektrum frekuensi dengan melakukan analisis anomali zona frekuensi rendah.
2. Melakukan konfirmasi zona target dengan data hasil atribut inversi.
3. Memetakan zona zona target pengembangan berikutnya.

### **1.3.Ruang Lingkup Penelitian**

Obyek penelitian yang dicakup dalam penelitian ini adalah aplikasi metode Spektral dekomposisi dengan Transformasi Wavelet Kontinyu (CWT) untuk mendeteksi keberadaan hidrokarbon berdasarkan analisis *low frequency* yang dikombinasikan dengan hasil inversi.

### **1.4.Sistematika Penulisan**

Penulisan penelitian ini secara lengkap dibagi menjadi 5 bab. Tinjauan secara khusus terkait dengan latar belakang, tujuan dan ruang lingkup penelitian ini dijabarkan pada bab 1. Adapun untuk review konsep yang mendasari penulisan penelitian ini dijabarkan pada bab 2. Teori konsep dasar tersebut meliputi dasar spektral dekomposisi berbasis CWT dan inversi seismik. Pada bab 3 dibahas secara khusus mengenai pengolahan data yang meliputi data, *software*, dan metodologi yang digunakan dalam penelitian ini. Analisis dan pembahasan hasil penelitian dijabarkan secara terperinci pada bab 4. Dan terakhir pada bab 5 dijabarkan mengenai kesimpulan dan saran dari penelitian ini.

## BAB 2

### CWT DAN INVERSI SEISMIK

Metode seismik refleksi sampai saat ini masih merupakan metode yang paling banyak digunakan di dalam eksplorasi minyak dan gas bumi (hidrokarbon). Secara umum tujuan utama dari pengukuran seismik adalah untuk memperoleh rekaman yang berkualitas baik. Kualitas rekaman ini dapat dinilai dari perbandingan sinyal refleksi terhadap sinyal noise (S/N), yaitu perbandingan antara banyaknya sinyal refleksi yang direkam dibandingkan dengan sinyal noisena dan keakuratan pengukuran waktu tempuh (*travel time*). Dari pengukuran seismik akan menghasilkan penampang seismik yang menunjukkan respon refleksi bumi terhadap gelombang seismik dan posisi perlapisan batuan secara geologi. Refleksi gelombang seismik akan timbul setiap terjadi perubahan harga Impedansi Akustik (IA) yang merupakan salah satu sifat akustik yang khas pada batuan (Helbet, 2007). IA adalah perkalian antara densitas dengan kecepatan penjaralan gelombang dalam medium (Munadi, 2000). Salah satu masalah utama metode seismik refleksi adalah timbulnya interferensi respon seismik dari batas IA yang sangat rapat. Interferensi tersebut dapat bersifat destruktif apabila melemahkan reflektor lain atau konstruktif dengan timbulnya reflektor reflektor semu sebagai bising dan akan menjadi jebakan dalam interpretasi. Dengan keterbatasan di atas maka banyak cara yang dilakukan untuk mendapatkan resolusi penampang seismik yang baik agar data seismik tersebut mampu menggambarkan kondisi bawah permukaan dengan tepat.

#### 2.1. Resolusi Seismik

Resolusi didefinisikan sebagai jarak minimum antara dua obyek yang dapat dipisahkan oleh gelombang seismik dan berhubungan erat dengan fenomena interferensi. Resolusi dibagi atas dua yaitu resolusi vertikal dan horizontal. Dalam hal ini lebih ditekankan pada resolusi vertikal. Resolusi vertikal didefinisikan sebagai jarak minimum yang dibutuhkan untuk memisahkan antar reflektor. Dua buah reflektor akan dapat dipisahkan selama tebal batuan/lapisan tersebut sama atau lebih besar dari seperempat dari panjang gelombang seismik. Parameter yang



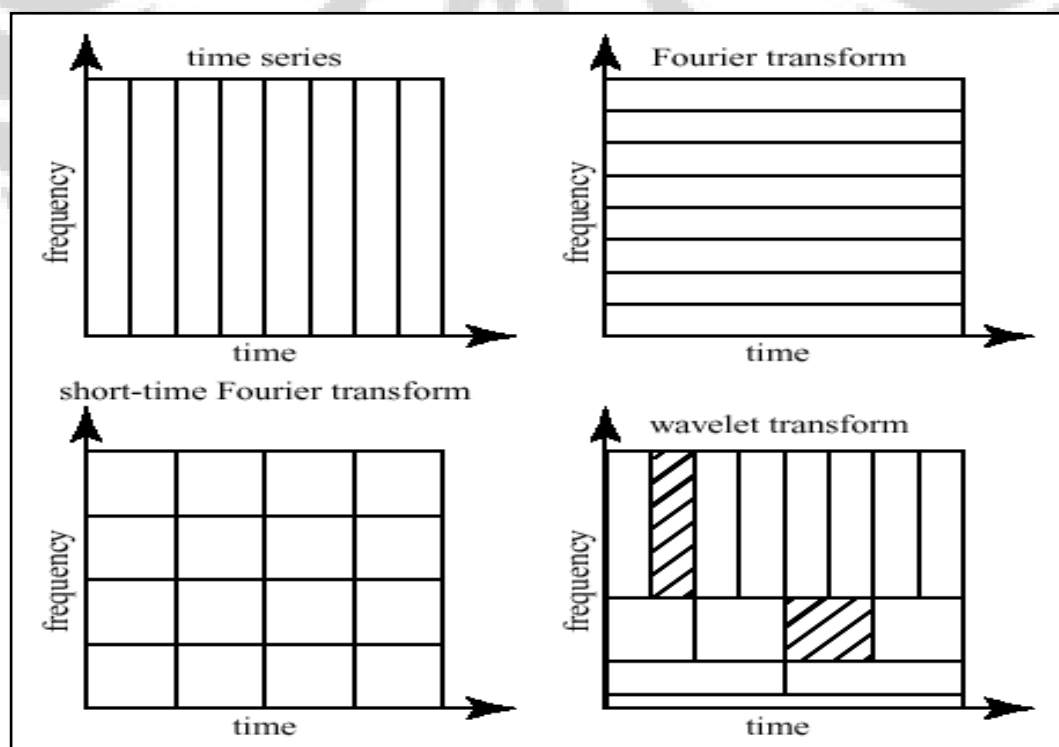
penting dalam resolusi adalah panjang gelombang seismik. Untuk mengatur panjang gelombang parameter yang dapat dikontrol adalah frekuensi. Resolusi akan lebih baik apabila dapat merekam frekuensi yang tinggi dan memiliki kisaran frekuensi yang lebar.

## 2.2. Transformasi Wavelet

*Wavelet* adalah sebuah gelombang kecil yang memiliki energi terkonsentrasi dalam waktu dan memiliki durasi yang terbatas. *Wavelet* memiliki kemampuan untuk melokalisasi waktu-frekuensi yang berguna dalam memberikan informasi pada proses geofisika sehingga berguna pada analisa sinyal yang tidak stasioner.

Transformasi wavelet adalah salah satu cara untuk menganalisa deret waktu (*time-series*) yang tidak stasioner (*non-stationer*) pada berbagai frekuensi yang berbeda (Daubeuchies, 1992)

Ada beberapa macam transformasi *wavelet*, masing-masing memiliki karakteristik tertentu dan dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 . Perbedaan dari beberapa transformasi sinyal *non stationer* (Qiao, 2005)

Dari gambar diatas dilihat perbedaan dari tiga metoda transformasi *wavelet*. Pada Transformasi Fourier (*FT*) terlihat lokalisasi frekuensi baik dalam domain frekuensi tetapi kurang baik dalam lokalisasi waktu. Pada Transformasi Fourier Waktu Singkat (*STFT*) lokalisasi waktu-frekuensi memiliki *window* yang tetap dalam waktu dan frekuensi. Adanya *window* waktu yang tetap pada semua frekuensi dan resolusi frekuensi yang tetap pada semua waktu. Dan yang terakhir adalah Transformasi Wavelet Kontinyu (*CWT*) dengan menerapkan skala untuk melokalisasi waktu-frekuensi, resolusi frekuensi yang bagus pada skala besar dan resolusi waktu yang baik pada skala rendah. Transformasi Wavelet Kontinyu merupakan metoda yang akan diterapkan pada penelitian ini.

### 2.3. Transformasi Wavelet Kontinyu (*CWT*)

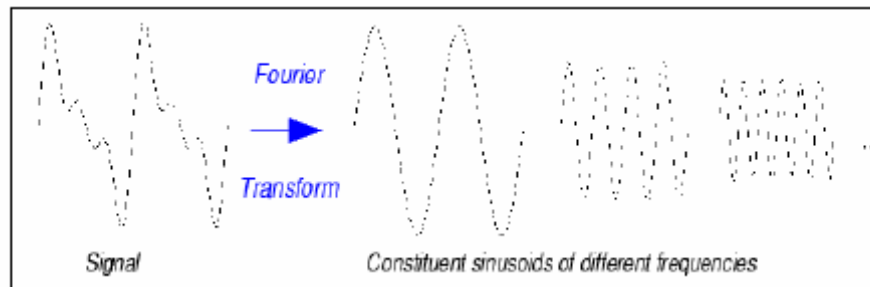
Secara matematis, apabila proses analisa Fourier direpresentasikan dalam Transformasi *Fourier* (*FT*) :

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt \quad (2.1)$$

Dimana Transformasi Fourier merupakan suatu penjumlahan dari sinyal  $f(t)$  pada seluruh waktu dimana sinyal  $f(t)$  tersebut bertambah secara periodik dengan bentuk kompleks eksponensial (Castagna, 2005). Kompleks eksponensial dapat dipisahkan komponen real dan imajiner dalam bentuk sinusoidal.

Hasil dari transformasi tersebut merupakan koefisien Fourier  $F(\omega)$  dimana sewaktu pengalihan oleh *sinusoid frequency* ( $\omega$ ) menghasilkan komponen konstituent sinusoidal dari sinyal aslinya, secara grafik dapat dilihat pada ilustrasi gambar 2.2.

Demikian juga pada *Continous Wavelet Transform* (*CWT*) yang didefinisikan sebagai penjumlahan dari sinyal  $f(t)$  dimana parameter pengalinya adalah skala yang merupakan versi *shifting* dari fungsi wavelet ( $\omega$ ).

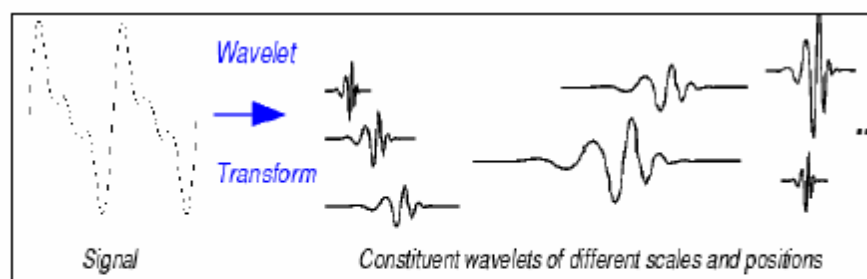


Gambar 2.2 Ilustrasi transformasi dengan Fourier Transform yang menghasilkan komponen sinusoid pada beberapa frekuensi (Helbet, 2007)

Demikian juga pada Transformasi Wavelet Kontinyu (*CWT*) yang didefinisikan sebagai penjumlahan dari sinyal  $f(t)$  dimana parameter pengalinya adalah skala yang merupakan versi pergeseran posisi dan fungsi *wavelet* ( $\omega$ ).

$$C(\text{skala}, \text{posisi}) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\psi(\text{skala}, \text{posisi}, t)dt \quad (2.2)$$

Hasil dari *CWT* adalah koefisien *wavelet*  $C$  yang merupakan fungsi skala dan posisi. Perkalian dari tiap koefisien dengan skala dan posisi yang tepat akan menghasilkan konstituent *wavelet* dari sinyal aslinya.



Gambar 2.3 Ilustrasi transformasi dengan Transformasi Wavelet Kontinyu yang menghasilkan komponen wavelet dari skala dan posisi (Helbet, 2007)

*CWT* merupakan salah satu metoda alternatif dalam analisa sinyal. Pada *CWT* sinyal berdilatasi sesuai dengan prinsip bahwa frekuensi selalu berubah terhadap waktu. Perubahan terhadap waktu tersebut dapat meningkatkan atau menurunkan frekuensi, sehingga frekuensi bergeser antara frekuensi tinggi dan

frekuensi rendah. Dengan demikian ketika resolusi frekuensi meningkat maka resolusi waktu menurun demikian juga sebaliknya.

*Wavelet* didefinisikan sebagai fungsi  $\psi(t) \in L^2(\mathbb{R})$  dengan zero-mean, yang dilokalisasikan dalam waktu dan frekuensi. Melalui dilatasi dan translasi *wavelet*  $\psi(t)$  memproduksi *wavelet* family sebagai berikut :

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (2.3)$$

Dimana  $a, b \in \mathbb{R}$  dan  $a \neq 0$ .  $a$  merupakan parameter skala dan  $b$  merupakan parameter pergeseran (posisi). CWT didefinisikan sebagai produk asal dari *wavelet* family  $\psi_{a,b}(t)$  dengan sinyal  $f(t)$  yang diberikan dengan persamaan

$$F_w(a, b) = \langle f(t), \psi_{a,b}(t) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{a}} \psi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (2.4)$$

Dimana  $\psi^*$  merupakan conjugate complex dari  $\psi$ .  $F_w(a, b)$  merupakan peta waktu-skala (*scalogram*). Konvolusi integral dari persamaan (2.4) dapat dengan mudah dihitung dalam domain Fourier. Pemilihan skala dan parameter translasi dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan.

Skala mempresentasikan range frekuensi dan bukan frekuensi tunggal. *Scalogram* tidak memungkinkan untuk interpretasi frekuensi langsung. Untuk merubah peta waktu-skala menjadi waktu-frekuensi map beberapa pendekatan digunakan. Langkah yang paling mudah adalah merenggangkan skala mendekati frekuensi. Pada waktu-frekuensi analisis untuk merubah *scalogram* menjadi spektrum waktu-frekuensi digunakan  $fc/f$  dimana  $fc$  merupakan frekuensi tengah dari *wavelet*.

Untuk mencari hubungan antara skala dengan frekuensi secara matematis maka akan berhubungan dengan frekuensi semu (*pseudo frequency*) yang berhubungan dengan skala yang diberikan dalam persamaan :

$$F_a = \frac{F_c}{a \cdot \Delta} \quad (2.5)$$

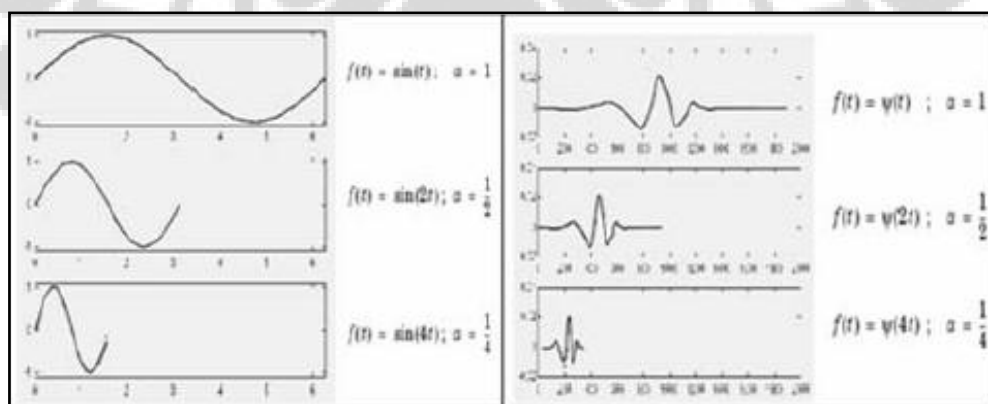
Dimana  $a$  adalah skala,  $\Delta$  adalah sampling periode,  $F_c$  adalah frekuensi tengah *wavelet* dalam Hz dan  $F_a$  adalah frekuensi semu yang berhubungan dengan skala dalam Hz. Dari persamaan (2.5) dapat dilihat bahwa yang memegang peranan penting dalam menghubungkan antara skala dengan frekuensi adalah frekuensi tengah yang didapat dari osilasi *wavelet* yang utama untuk menentukan nilai dari frekuensi tengah.

Skala yang besar berhubungan dengan *wavelet* yang diregangkan. Semakin renggang *wavelet* maka akan semakin besar ruang yang akan dikorelasikan. Sehingga akan dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa hubungan antara skala *wavelet* dengan frekuensi dalam analisa *wavelet* adalah :

- ❖ Skala rendah → *compress wavelet* → frekuensi tinggi
- ❖ Skala tinggi → *stretch wavelet* → frekuensi rendah

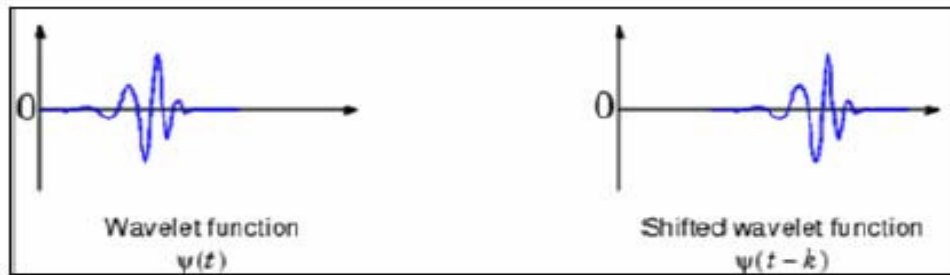
#### 2.4. Skala dan Posisi

Telah dijabarkan diatas bahwa analisa *wavelet* akan menghasilkan tampilan waktu-skala (*time-scale*) dari sinyal, maka kini akan dibahas mengenai pengertian dari skala dan posisi dari *wavelet*. Skala *wavelet* secara sederhana bermakna peregangan atau penekanan *wavelet* yang secara virtual akan diterangkan pada gambar ini :



Gambar 2.4 Skala Wavelet (Helbet, 2007)

Dari gambar diatas akan menjelaskan definisi dari skala yang menghasilkan “faktor skala” atau “a”. Faktor skala memiliki prinsip yang sama dengan *wavelet*, semakin kecil faktor skala maka *wavelet* akan semakin terkompresi. Pengertian dari posisi berarti pergeseran pada arah tertentu. Apabila dijabarkan secara matematis fungsi delay  $f(t)$  sejauh k adalah  $f(t-k)$ .



Gambar 2.5 Pergeseran wavelet atau posisi (Helbet, 2007)

## 2.5. Mother Wavelet Kompleks Morlet

Dalam *Transformasi Wavelet Kontinyu (CWT)* syarat-syarat sebuah *wavelet* yang baik digunakan sebagai *mother wavelet* adalah harus memiliki rata-rata nol, Nonortogonal dan simetri. Yang paling banyak digunakan dalam CWT adalah *Morlet Wavelet*.

*Morlet Wavelet* adalah sebuah *wavelet* yang memiliki window Gaussian kompleks sinusoid yang dapat berada pada domain waktu dan frekuensi. Apabila fungsi *wavelet* adalah kompleks maka transformasi *wavelet* yang dihasilkan juga kompleks. Dalam pembahasan ini yang digunakan adalah *Wavelet Kompleks Morlet* yang dapat diberikan dengan persamaan :

$$\psi(t) = e^{-(t/c)^2} e^{i2\pi f_0 t} \quad (2.6)$$

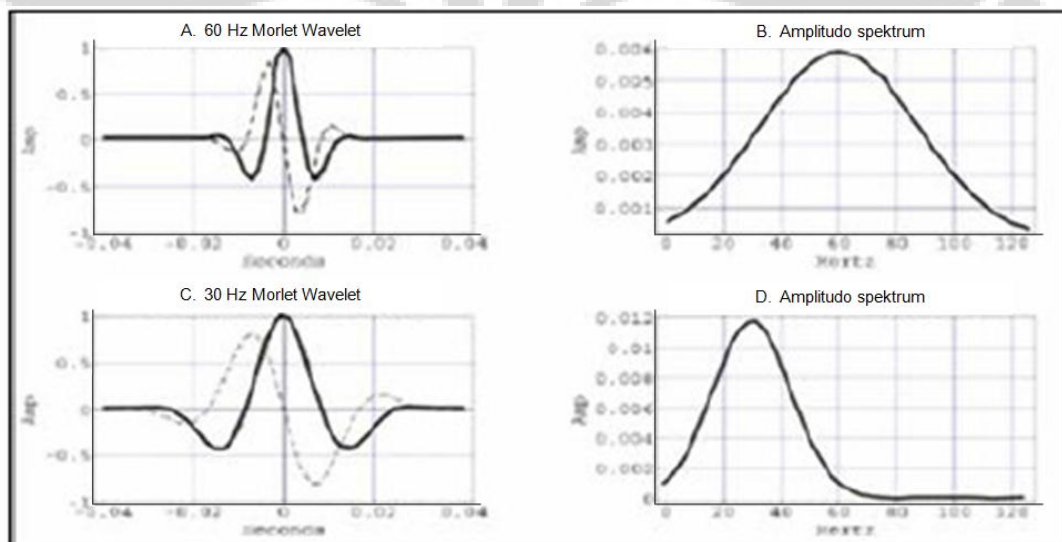
Dimana  $t$  adalah waktu,  $f_0$  adalah parameter frekuensi dan  $c$  adalah damping parameter dalam unit waktu. Persamaan (2.6) merupakan fungsi dalam domain waktu. Dalam domain frekuensi representasi dari *Wavelet* kompleks Morlet adalah :

$$\psi(f) = e^{-(cf)^2} * \delta(f - f_0) \quad (2.7)$$

Dimana faktor normalisasi disini dapat diabaikan dan (\*) melambangkan konvolusi. Sekali lagi persamaan (2.7) diatas merupakan fungsi gaussian yang berada di frekuensi tengah dalam domain frekuensi.

Membandingkan antara persamaan (2.6) dan (2.7) dapat dilihat karakter resolusi CWT. Damping parameter ( $c$ ) mengontrol kecepatan *wavelet* dalam domain waktu dan spektrum domain frekuensi menjadi nol. Begitu lokalisasi waktu bertambah ( $c$  bernilai besar), lokalisasi frekuensi akan berkurang. Dan begitu juga sebaliknya.

Pemilihan nilai damping parameter didasarkan pada invers dua kali frekuensi tengah *wavelet*. Dengan menggunakan nilai ini akan memunculkan *wavelet* yang setara dengan dua kali periodanya.



Gambar 2.6 Wavelet kompleks Morlet dalam waktu dan frekuensi domain (Helbet, 2007)

Gambar diatas dapat dilihat bahwa pada (A) *wavelet* 60 Hz menunjukkan komponen real (garis solid) dan imajiner (garis putus-putus). Damping parameter adalah  $c = 1/120$  dengan spektrum Fourier amplitudo pada bagian (B) yang menunjukkan bentuk gaussian. Bagian (C) menunjukkan morlet *wavelet* 30 Hz dengan damping parameter  $c=1/60$  dan bagian (D) merupakan spektrum amplitudo yang lebih sempit dibandingkan dengan (B) karena fungsi domain

waktunya lebih lebar. Disini dapat dilihat semakin lebar *wavelet* dan semakin besar damping parameter akan berpengaruh pada waktu dan frekuensi domain.

Transformasi wavelet menggunakan CWT dapat menghasilkan window waktu-frekuensi yang biasanya akan terbatas ketika diamati pada fenomena frekuensi tinggi dan melebar ketika analisa pada frekuensi rendah. Hasilnya resolusi waktu akan baik pada frekuensi tinggi dan resolusi frekuensi akan baik pada frekuensi rendah. Analisa ini akan tepat diterapkan pada sinyal dengan komposisi komponen frekuensi tinggi pada durasi yang singkat dan frekuensi rendah pada durasi tinggi yang biasanya terjadi pada kasus lapangan.

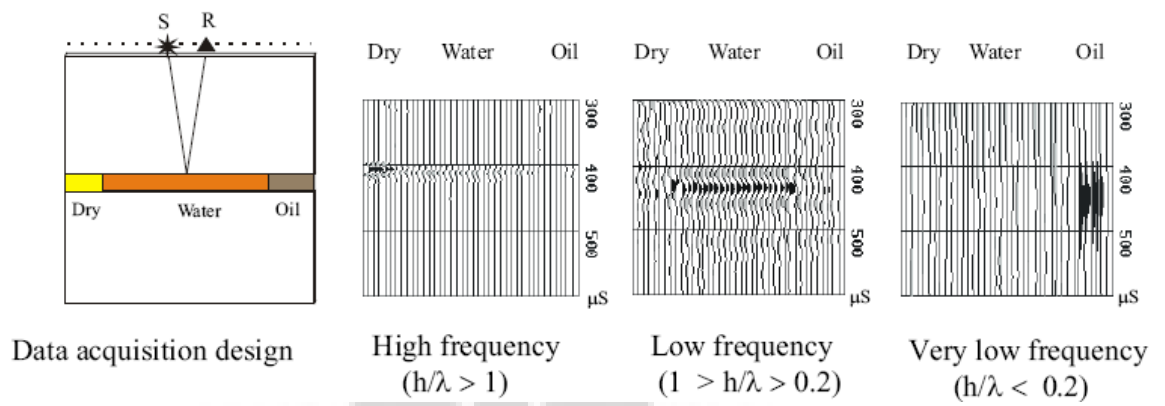
## 2.6 . Atribut Spektral Sesaat

Atribut spektral sesaat merupakan atribut hasil analisis teknik waktu-frekuensi kontinyu yang menghasilkan spektrum frekuensi untuk tiap sampel waktu pada trace seismik. Atribut ini menghasilkan lokalisasi waktu dan lokalisasi frekuensi yang baik dengan menggunakan transformasi *wavelet* untuk menghindari masalah pemilihan window yang cukup sulit seperti pada metoda konvensional analisa *Fourier*. Aplikasi dari metoda ini dapat meningkatkan resolusi, memperbaiki tampilan visual stratigrafi utama, estimasi ketebalan dari lapisan tipis, menghilangkan bising dan indikasi keberadaan hidrokarbon. Pada penelitian ini yang akan ditonjolkan adalah kegunaan atribut spektral sesaat sebagai indikasi keberadaan hidrokarbon (*DHI*).

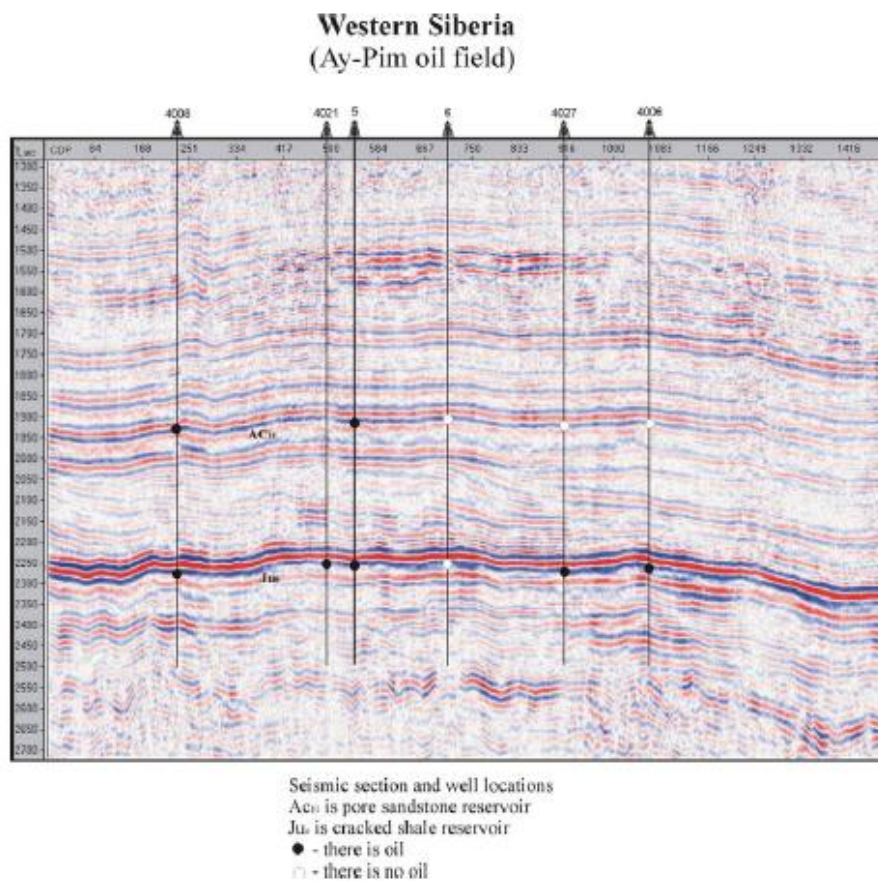
Ada beberapa alasan mengapa atribut spektral sesaat dapat digunakan untuk membantu dalam deteksi keberadaan hidrokarbon antara lain adalah anomali atenuasi tinggi pada reservoir tipis dan bayangan frekuensi rendah (*low-frequency shadow*) pada reservoir.

Hasil penelitian di laboratorium menunjukkan bahwa pada suatu lapisan reservoir yang dry, berisi air dan berisi minyak akan menghasilkan respon yang berbeda pada berbagai frekuensi seperti terlihat pada gambar 2.7 (Gennady, 2002).

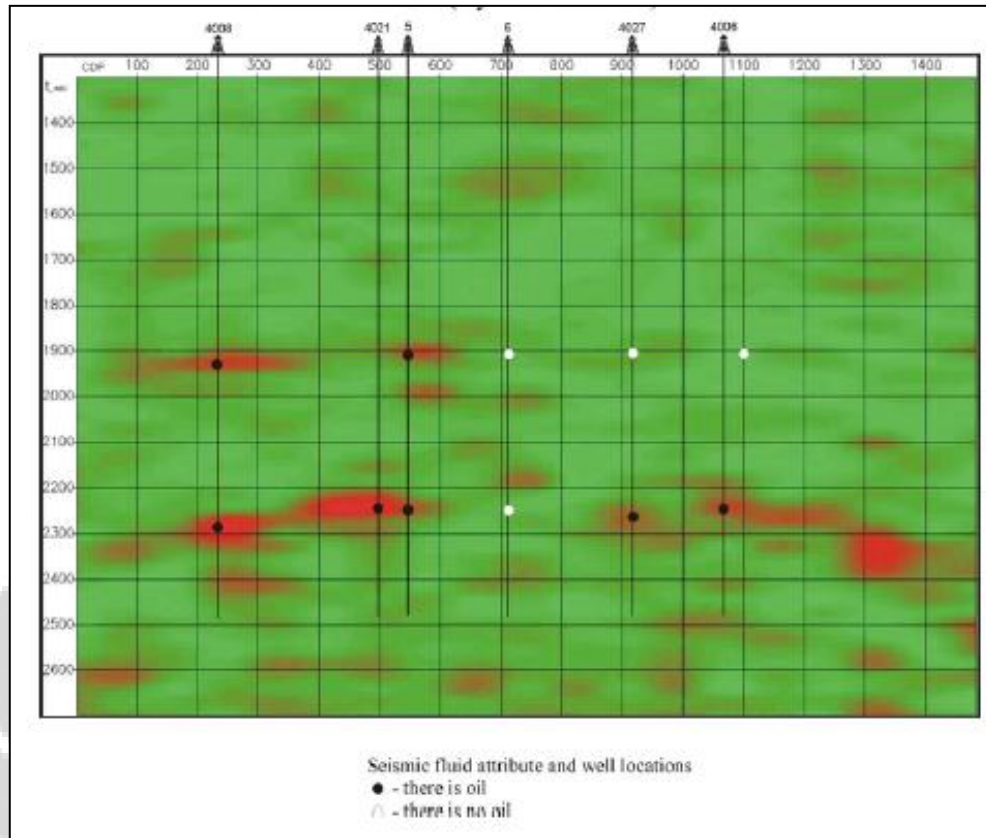




Gambar 2.7 Seismic low-frequency effect (Gennady, 2002).



Gambar 2.8 Standard Processed Seismic section West-Siberian oil field (Gennady, 2002).



Gambar 2.9 Low frequency Seismic section West-Siberian oil field (Gennady, 2002).

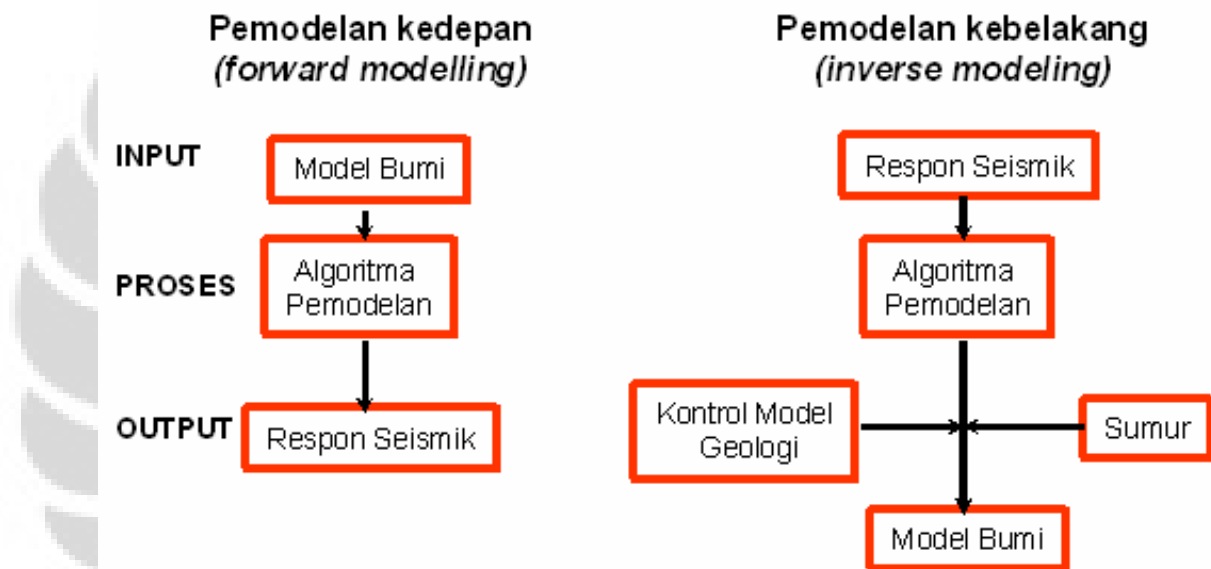
## 2.7 . Inversi Sesimik

Tujuan utama inversi data seismik adalah untuk melihat seberapa besar penyebaran lateral properti batuan melalui data log dengan perantara data seismik. Pada dasarnya perekaman data seimik merupakan pemodelan maju (forward modelling), data seismik yang terekam merupakan hasil konvolusi antara deret koefisien refleksi bumi dengan wavelet sumber. Sedangkan inversi seismik merupakan kebalikan dari proses di atas. Skema pemodelan ke depan dan inversi dapat dilihat pada gambar 2.10. Inversi seismik berusaha menghilangkan efek wavelet pada data seismik sehingga diperoleh data koefisien refleksi dari perlapisan bumi (gambar 2.11).

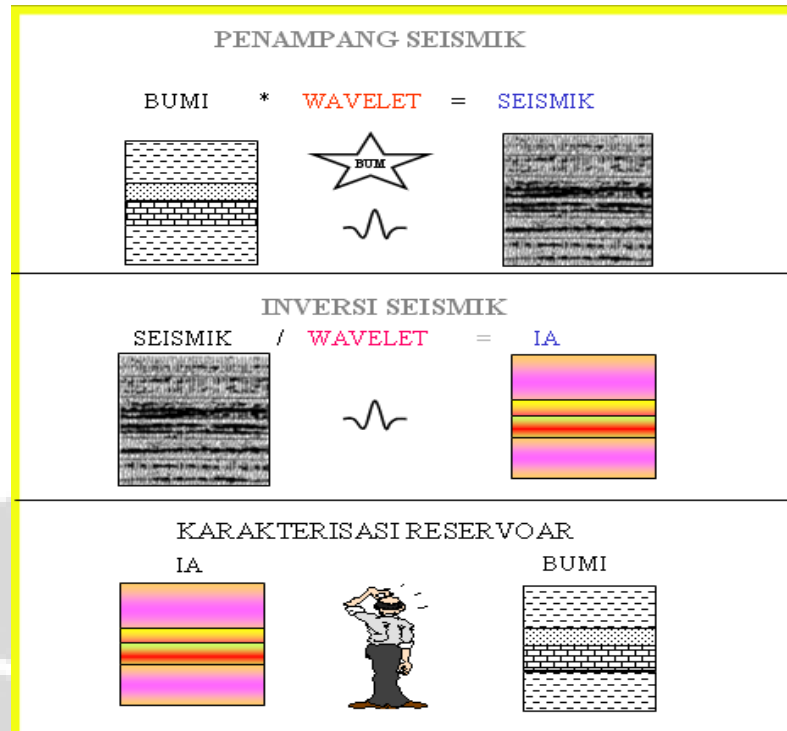
Menurut Sukmono (2000), inversi seismik merupakan suatu teknik untuk menggambarkan model geologi bawah permukaan menggunakan data seismik sebagai masukan dan data log sebagai pengontrol. Data seismik yang mempunyai

resolusi yang bagus ke arah horizontal sedangkan data log mempunyai resolusi yang bagus ke arah vertikal.

Inversi seismik awalnya hanya diterapkan pada data seismik post stack yang biasa disebut dengan inversi AI (*acoustic impedance*). Dengan melakukan inversi diharapkan diperoleh impedansi akustik semu sepanjang lintasan seismik. Saat ini inversi seismik telah banyak mengalami perkembangan sehingga inversi tidak hanya bisa dilakukan pada data post stack tetapi juga dapat dilakukan pada data *prestack* seperti yang diterapkan pada inversi seismik AVO.

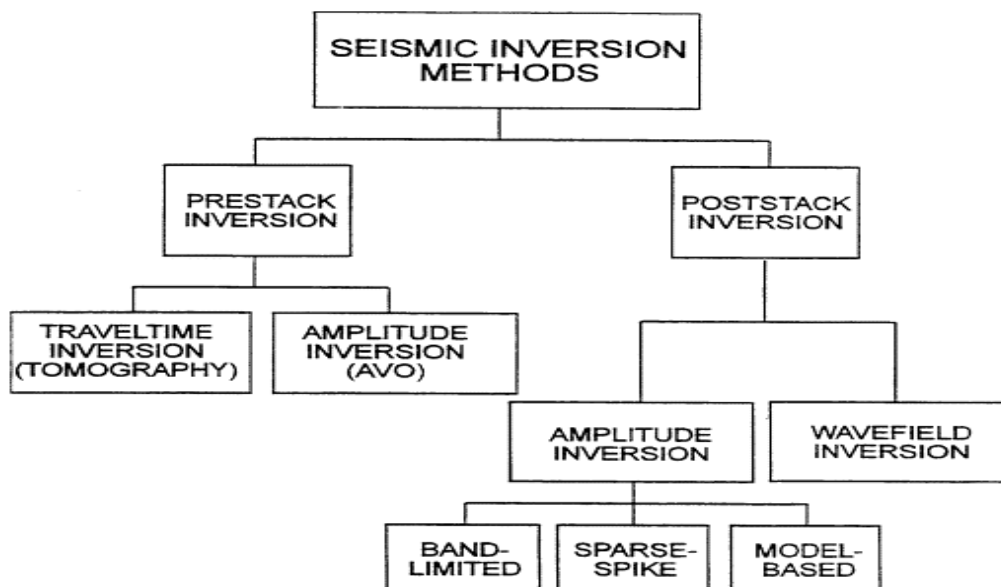


Gambar 2. 10. Skema pemodelan ke depan dan inversi (Sukmono, 2000)



Gambar 2. 11. Proses inversi seismik (Sukmono, 2000)

Metoda inversi seismik dapat dibagi menjadi beberapa kategori seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2. 12. dibawah ini (Russell, 2005).

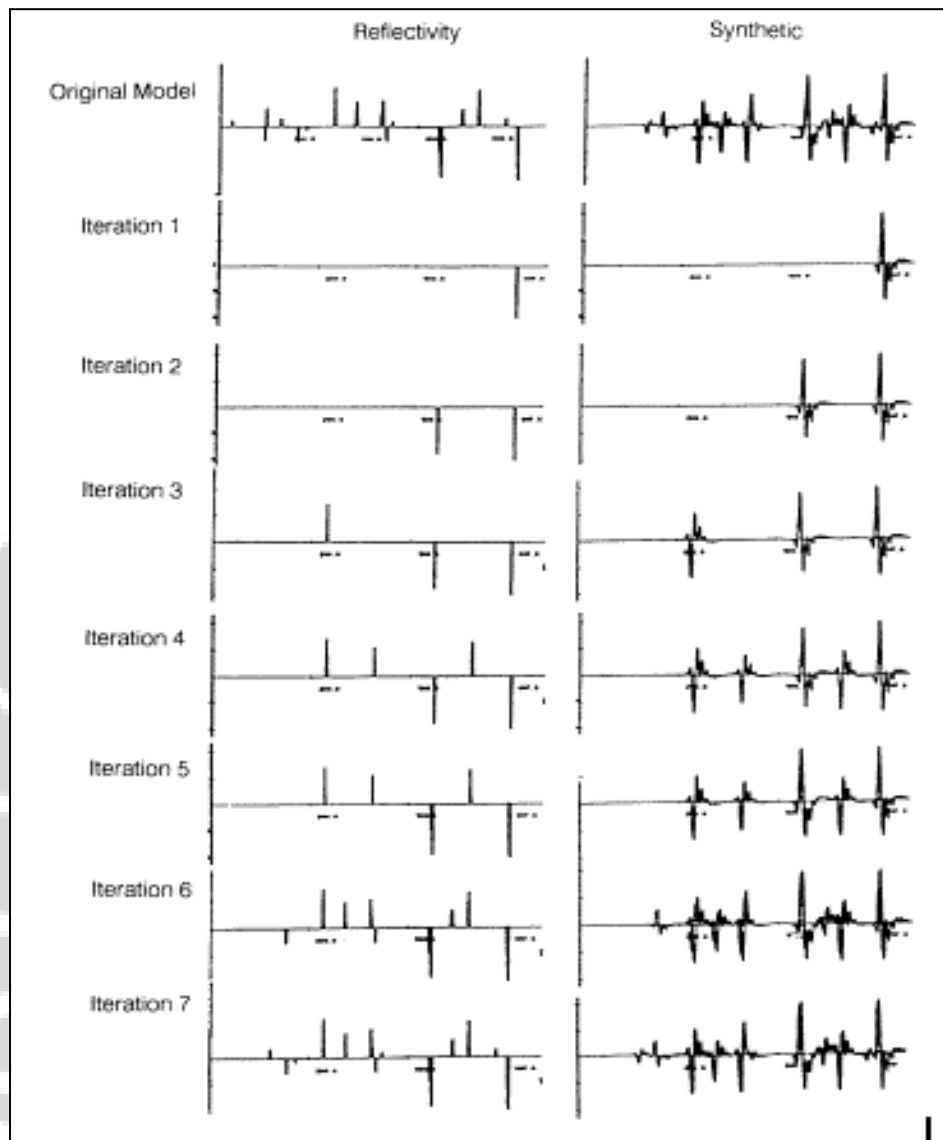


Gambar 2. 12. Pembagian kategori metoda inversi seismik(Russell, 2005).

Metoda inversi *Bandlimited* merupakan istilah lain dari *Recursive Inversion*. Dinamakan *bandlimited* karena trace akhir impedansi memiliki band frekuensi yang sama seperti pada data seismik. Metoda ini merupakan metoda inverse paling awal dan paling sederhana. Teknik inversi ini dikenal sebagai *bandlimited inversion* karena teknik ini melakukan inverse pada tras seismiknya itu sendiri, jadi hasil tras AI memiliki rentang (range) frekuensi yang sama dengan tras seismik. Kelemahan utama dari teknik ini yaitu bahwa pada teknik ini tidak mengakomodasi kontrol geologi dan oleh karena itu hampir sama dengan forward modeling. Wavelet yang tepat diasumsikan sebagai wavelet fasa nol, jadi hal ini akan berdampak pada hasil model geologi.

Metode inversi berbasis model dapat mengembalikan frekuensi rendah dan tinggi yang hilang dengan cara mengkorelasikan data seismik dengan respon seismik dari model geologi, karena itu metoda inversi ini secara teori memiliki cakupan frekuensi yang lebih luas dibanding metoda inversi rekursif. Inversi model based dikembangkan untuk memecahkan masalah yang muncul pada metoda rekursif diantaranya yaitu : pengaruh akumulasi noise, *bad amplitude recovery*, dan *band limited seismic data* (Sukmono, 2000).

Inversi *Sparse Spike* (*Sparse Spike Inversion*) menggunakan asumsi bahwa hanya spike yang besar yang dianggap penting. Metoda ini mencari spike yang besar dengan memeriksa trace seismik. Deret reflektivitas satu spike dibuat dalam satu waktu. Spike tersebut ditambahkan sampai trace termodelkan secara akurat. Inversi *sparse spike* menggunakan parameter yang sama dengan inversi model based. Parameter yang harus ditambahkan adalah parameter untuk menghitung berapa banyak spike yang akan dipisahkan dalam setiap trace. Spike yang baru lebih kecil daripada sebelumnya. Dari beberapa metode inversi yang ada, metode *sparse spike* memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode klasik dekonvolusi lainnya, karena *sparse spike* mengestimasi dengan batasan ekstra (*extra constraint*), dapat digunakan dalam estimasi full bandwidth reflektivitas. Reflektivitas bumi terdiri dari deretan reflektivitas yang besar dengan diikuti oleh event reflektivitas yang lebih kecil berupa Gaussian background.



Gambar 2.13. Iterasi dalam inversi sparse spike menambah jumlah spike dengan ukuran yang lebih kecil dari sebelumnya.

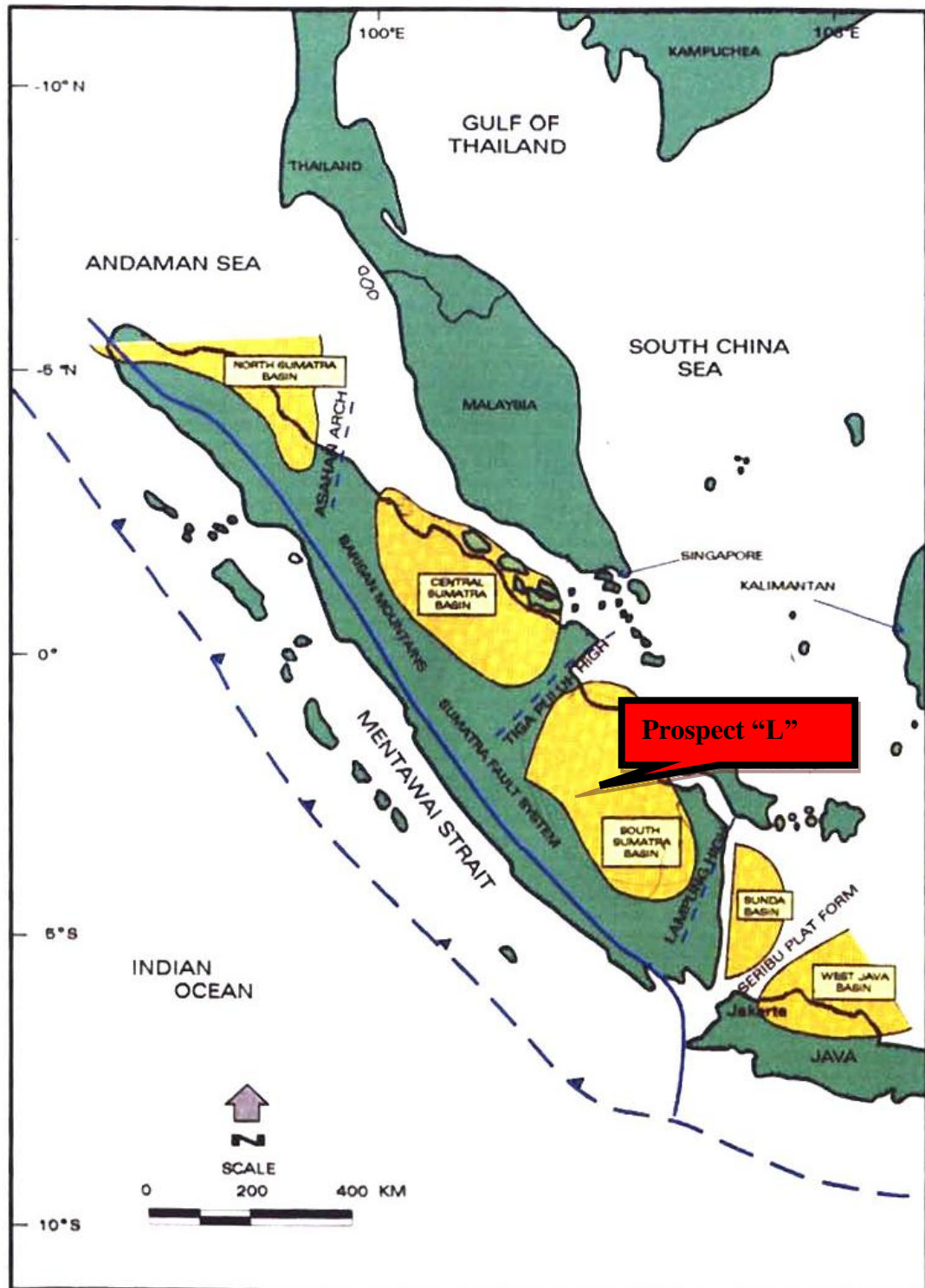
## BAB 3 PENGOLAHAN DATA

### 3.1. Data Lapangan

Lokasi penelitian adalah di *Prospect "L"*, yang secara regional terletak di Sub Cekungan Jambi - Cekungan Sumatera Selatan. Cekungan ini merupakan salah satu seri cekungan yang berpotensi mengandung hidrokarbon. Cekungan ini dibatasi Paparan Sunda di sebelah Timur Laut, Tinggian Lampung di sebelah Tenggara, Pegunungan Bukit Barisan di sebelah Barat Daya serta Pegunungan Dua Belas dan Pegunungan Tiga Puluh di sebelah Barat Laut (Gambar 3.1).

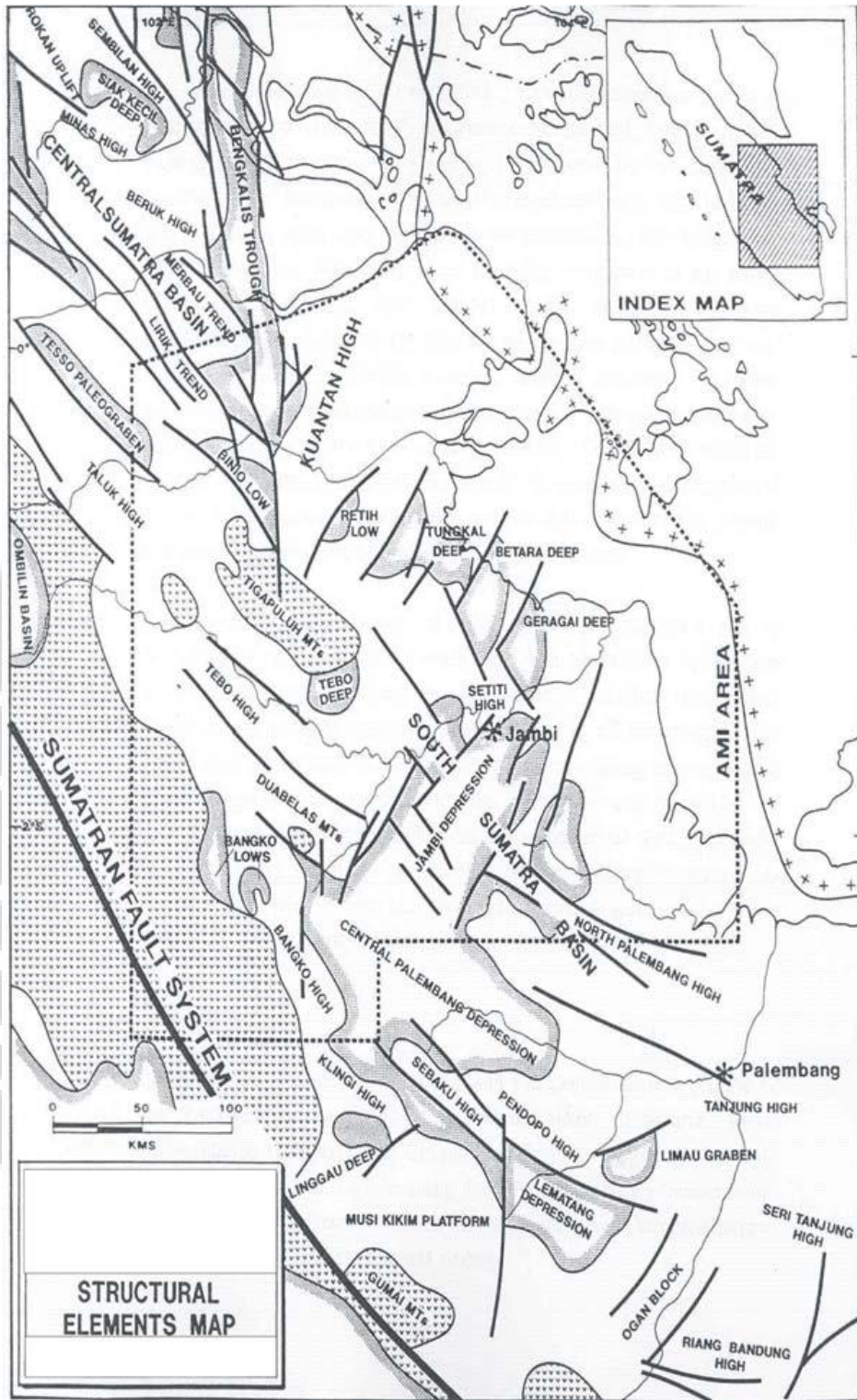
Evolusi cekungan tersebut diawali sejak Mesozoic (Pulunggono et. al., 1992) dan merupakan cekungan busur belakang (*back arc basin*). Tektonik Cekungan Sumatera dipengaruhi oleh pergerakan konvergen antara Lempeng Hindia-Australia dengan Lempeng Paparan Sunda.

Cekungan Sumatera Selatan terjadi pada masa Paleogen yang terbagi menjadi beberapa blok dengan kerangka tektonik primer yang arahnya Barat-Barat Laut (W-NW) dan Timur-Tenggara (E-SE), seperti sesar Lematang dan sesar mendatar yang terbentuk pada zaman Pre-Tersier dengan arah Utara-Selatan (N-S) yang mengalami peremajaan atau inversi menjadi sesar normal dengan dimulainya sejarah pengendapan cekungan Tersier (Pulunggono et.al., 1992). Tektonik tekanan pada waktu Neogen ditandai dengan perkembangan dari Cekungan Sumatera Selatan yang menyebabkan terjadinya inversi pada blok-blok sesar sepanjang sesar yang arahnya WNW-ESE. Arah Barat Laut-Tenggara 5 (Barisan atau Semangko) dengan jelas mencerminkan arah WNW-ESE yang bertemu sebagai sesar mendatar yang aktif membentuk zona sesar yang merupakan bagian dari Pegunungan Bukit Barisan.



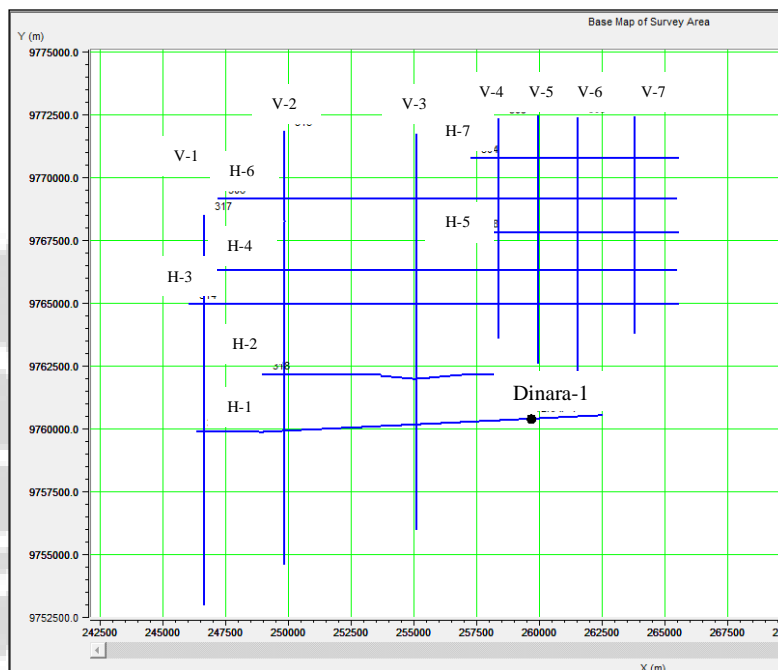
Gambar 3.1 Lokasi Prospect "L" (Pertamina BPPKA, 1995)





Gambar 3.2. Peta Pola Struktur Tinggian (*High*) dan Rendahan (*Graben*), dan Pola kelurusan struktural di Cekungan Sumatera Selatan (Pulungono *et.al.*, 1992)

Dalam penelitian ini data yang digunakan terdiri dari 14 line seismik 2d , dengan 7 line seismik horisontal dan 7 line seismik vertikal dan 1 well eksplorasi Dinara-1 (gambar 3.3).



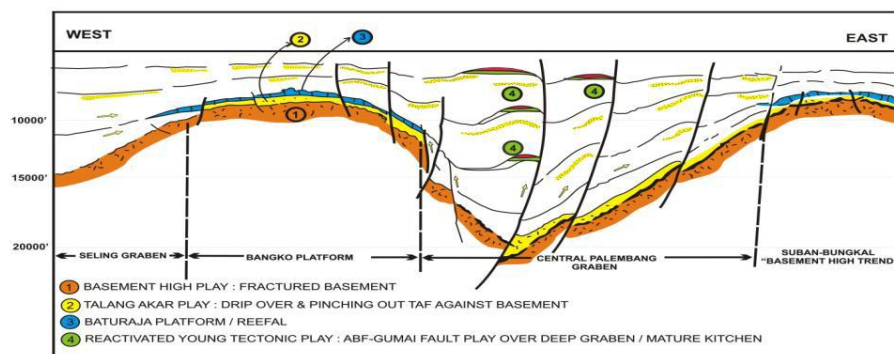
Gambar 3.3. Basemap

## 3.2. Geologi Regional

### 3.2.1. Struktural

Secara geologi, prospect “L” dikelilingi oleh Pegunungan Duabelas di utara dimana Pretercier, pre-Baturaja klastik dan batuan yang lebih muda tersingkap; Tinggian basement (Basement High) Suban-Bungkal-Bungin di bagian timur blok, bagian selatan blok merupakan Cekungan Palembang Tengah (Central Palembang Basin) serta Graben Seling di bagian barat blok.

Aktivitas tektonik yang Utama yang mempengaruhi geologi dari Sumatera Selatan terutama di Prospect “L” adalah pengangkatan jaman paleogen (Paleogene Rifting) dimana cekungan/setengah cekungan dan daerah-daerah tinggian terbentuk.



Gambar 3.4. Regional Cross-Section Timur – Barat

Daerah rendahan menyediakan tempat yang cukup untuk pengendapan paleogene yang tebal (yaitu formasi Lahat, Lemat dan Talang Akar) dan klastik neogene. Di daerah tinggian, hanya sedimen neogene yang terendapkan yaitu Baturaja, Telisa, Lower Palembang dan Middle Palembang.

Aktivitas tektonik lain adalah orogen plio-pleistosen, bagian dari sabuk tektonik yang terjadi di Sumatera Selatan, yang mempengaruhi perkembangan struktur-struktur dalam endapan tersier yang tebal di bagian bawah cekungan.

Orogen plio-peistosen juga menyebabkan terbentuknya struktur-struktur yang saat ini ada di cekungan Sumatera Selatan dimana sebagian besar minyak dan gas terjebak didalamnya. Orogen ini juga menyebabkan terbentuknya ladang-ladang minyak yang ditemukan.

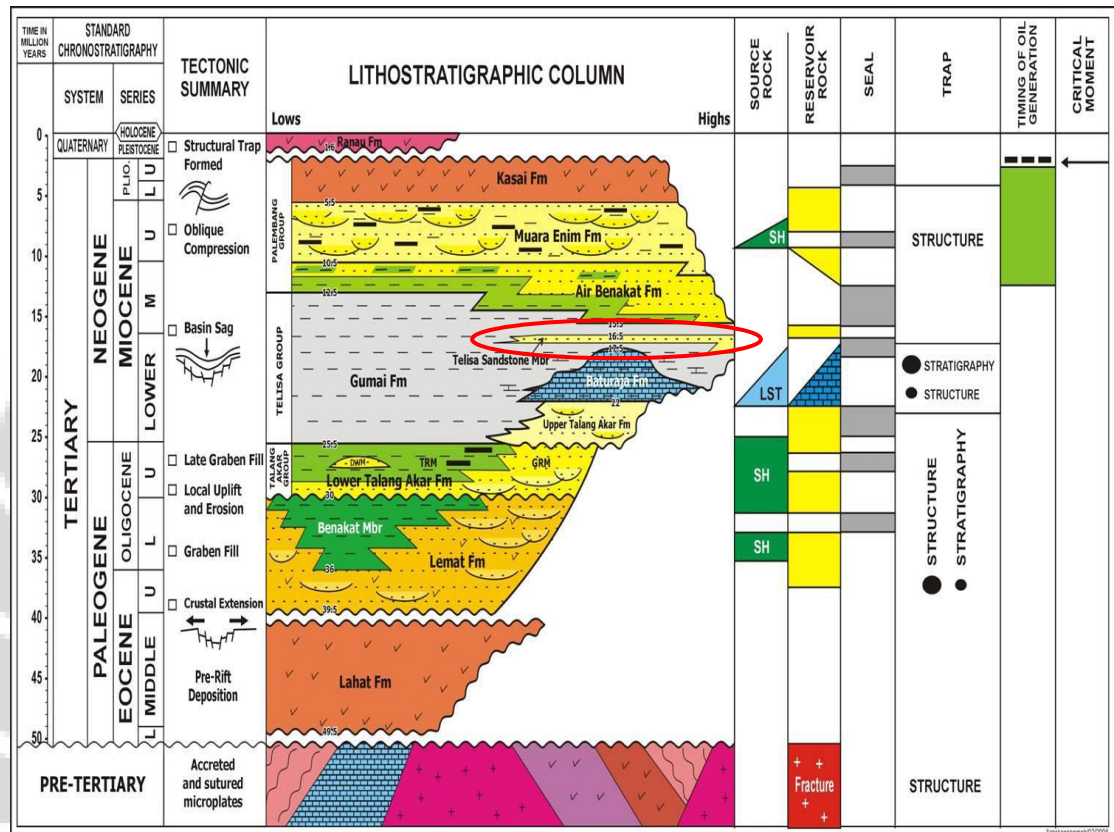
Endapan paleogen mengandung batuan sumber (Source Rock) yang baik yang mengisi reservoir ladang-ladang minyak dan gas yang saat ini berproduksi di Sumatera Selatan.

Daerah tinggian/horst lebih banyak mengendalikan pengendapan neogen dan juga mengontrol pertumbuhan karbonat (Baturaja FM) yang sangat jarang ditemukan di daerah graben.

Basement fractured, batupasir Lemat, batupasir Talang Akar, batuan karbonat Baturaja, batupasir Telisa/Meruap, batupasir Lower Palembang/Air Benakat merupakan batuan yang berpotensi menjadi waduk (reservoir) yang mengandung akumulasi minyak dan gas yang ekonomis. Pada penelitian kali ini target reservoir kita adalah batu pasir Telisa/Meruap.

### 3.2.2. Stratigrafi

Stratigrafi regional daerah penelitian dapat dilihat pada kolom stratigrafi di bawah ini. Reservoir target yaitu batu pasir Telisa/Meruap.



Gambar 3. 5. Stratigrafi Regional Cekungan Sumatera Selatan

### 3.3. Pengolahan dan Analisis Data Seismik

#### 3.3.1. Software dan Hardware

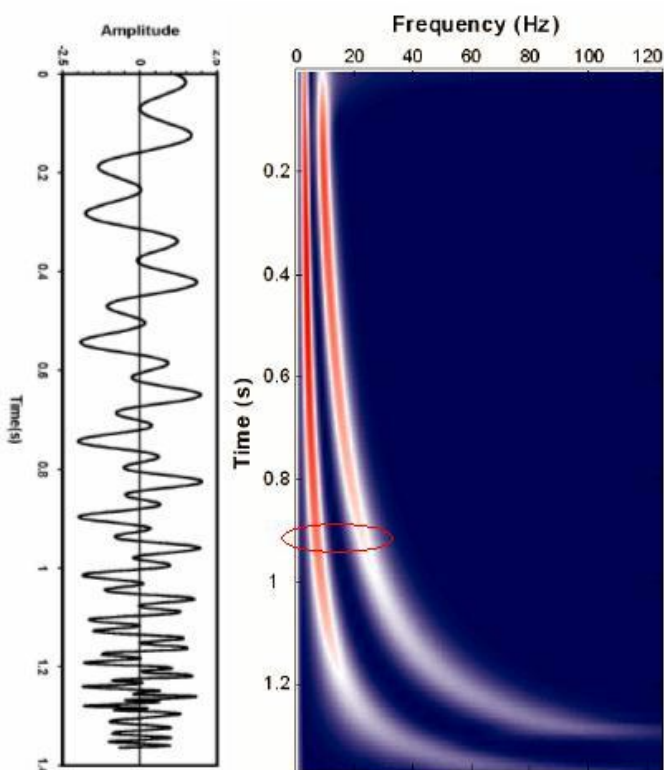
Proses dekomposisi spektral CWT dan inversi untuk data seismik pada penelitian ini digunakan beberapa *software* sebagai berikut :

1. Matlab
2. *TF-SIGNAL package* (Kristekova M.,2006) untuk CWT satu trace
3. *Freeware OpendTect 4.0* ([www.opendtect.org](http://www.opendtect.org)).
4. *Humpson Russel*
5. *Petrel*

Hardware yang digunakan untuk proses CWT dan inversi adalah *notebook* Acer 4710, processor CoreDuo T2450, memori 2.5GB, dengan OS Windows Vista.

### 3.3.2. Metode Analisis

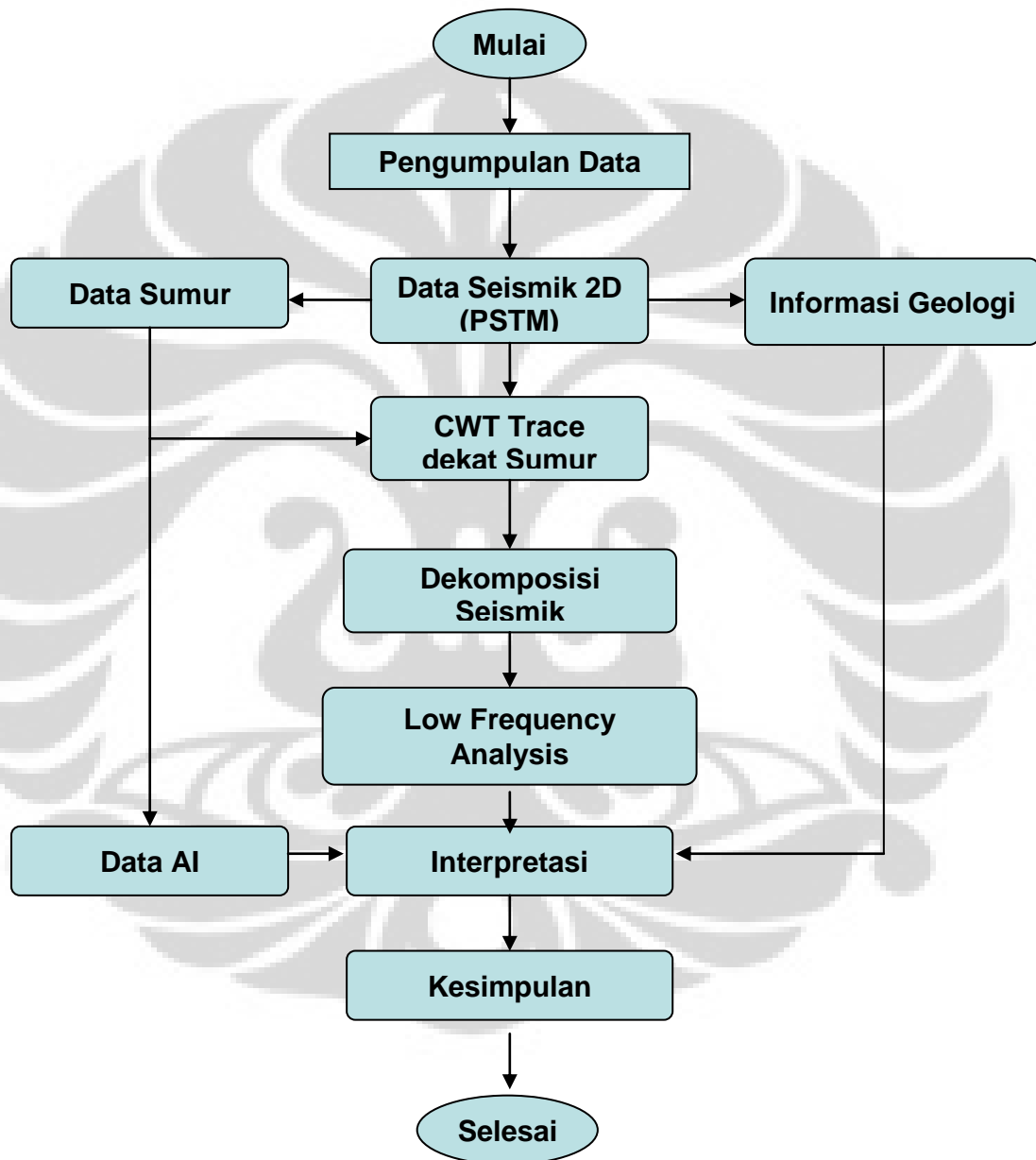
Dalam proses melakukan dekomposisi spectral CWT kita melakukan dahulu CWT pada 1 trace seismic di sekitar well (gambar 3.6). Dengan hal tersebut kita akan mengetahui frekuensi pada target reservoir. Setelah mengetahui frekuensi pada target reservoir kita akan melakukan dekomposisi spectral CWT ini untuk semua trace seismic dari semua line seismic. Setelah itu kita lakukan horizon slicing dan kita dapatkan peta kontur penyebaran.



Gambar 3. 6. CWT pada 1 trace seismic (ensiklopediseismik.blogspot.com)

Disamping itu kita juga melakukan inversi untuk semua line seismic. Hasil inversi yang berupa data impedansi akustik masing masing line seismic kita lakukan horizon slicing dan mapping untuk mengetahui penyebarannya.

Dari hasil CWT kita kombinasikan dengan data hasil Inversi untuk mengetahui karakteristik reservoir prospect “L”, yaitu dengan melakukan overlay data *structure* dengan data CWT serta data *structure* dengan data Inversi. Detil alur penelitian dapat dilihat pada gambar 3.7



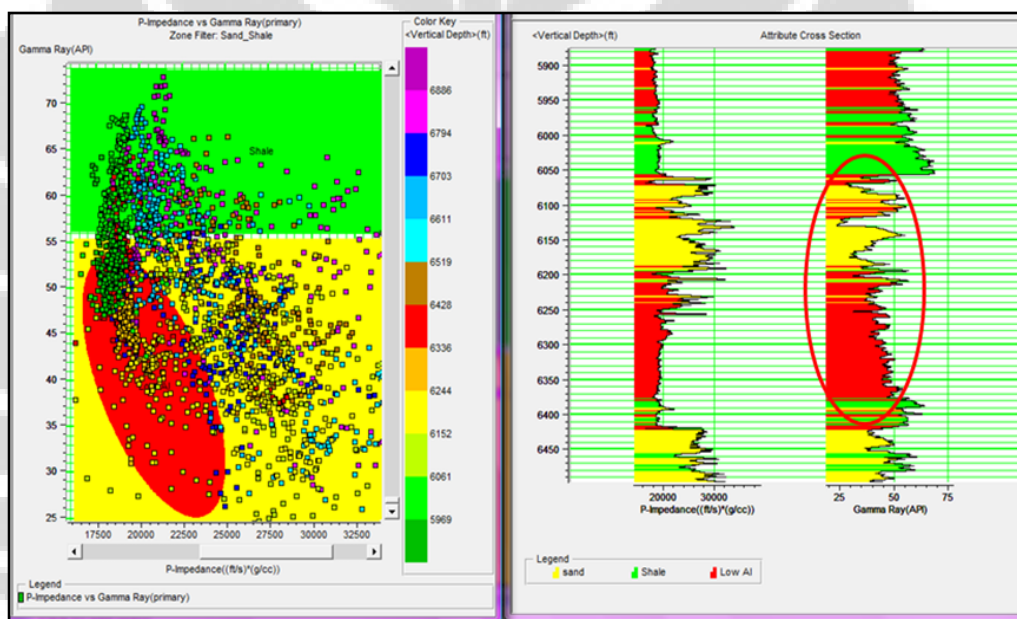
Gambar 3. 7. Alur penelitian

## BAB 4

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisis *petrophysics*

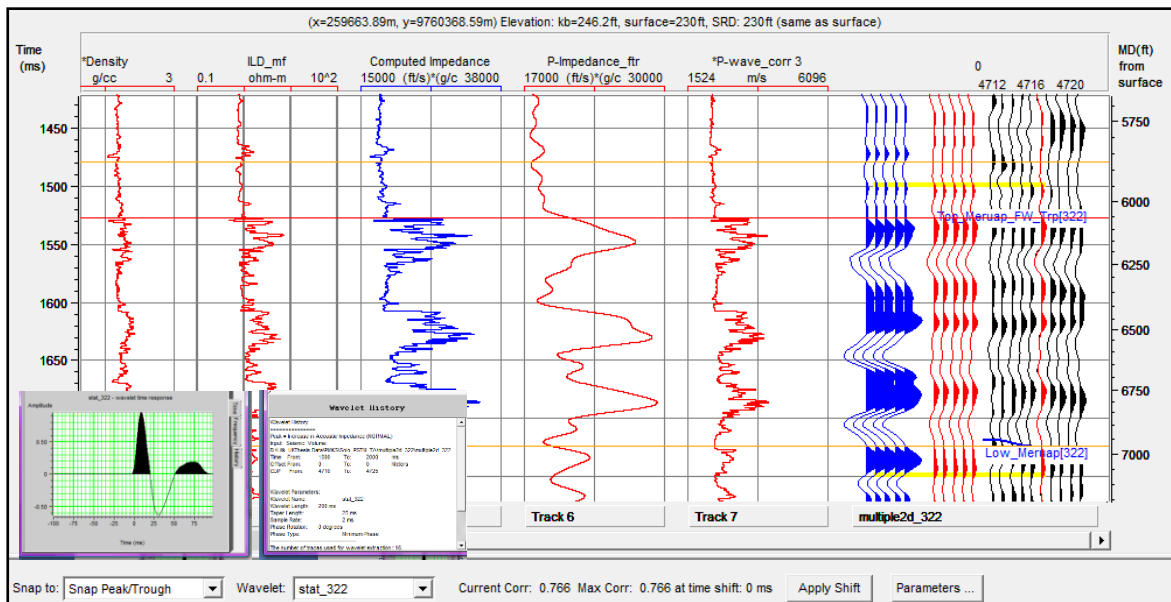
Hasil analisis data sumur Dinara-1 yang berupa crossplot antara gamma ray vs p-impedance memperlihatkan bahwa zona target berada pada kedalaman sekitar 6050 feet. Dari gambar 4.1 warna hijau diidentifikasi sebagai shale, sedang warna kuning adalah batu pasir (*sand*), sedangkan warna merah diidentifikasi sebagai batu pasir yang mempunyai nilai impedansi kecil yang merupakan target penelitian ini.



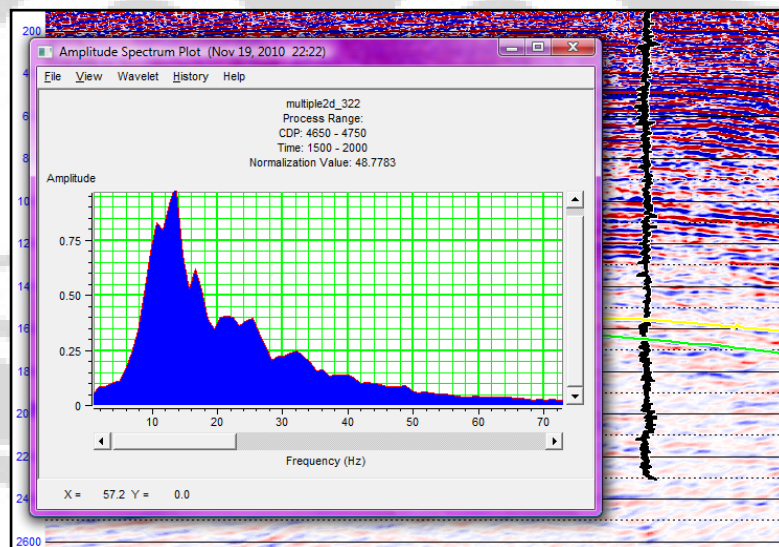
Gambar 4. 1. Cross Plot Gamma Ray vs AI sumur Dinara-1

#### 4.2. Interpretasi Seismik

Sebelum dilakukan *picking* horizon terlebih dahulu dilakukan *well seismic tie* pada sumur Dinara-1 dan *line* yang melewati sumur Dinara-1 yaitu *line* H-1. *Well seismic tie* menunjukkan hasil cukup bagus dengan nilai korelasi 0.766 (Gambar 4.2). Untuk frekuensi dominan dari *line* seismik yang melewati well dan seismik lain di daerah prospect adalah 15 Hz (Gambar 4.3).



Gambar 4.2 Well Seismic Tie sumur Dinara-1 pada line H-1

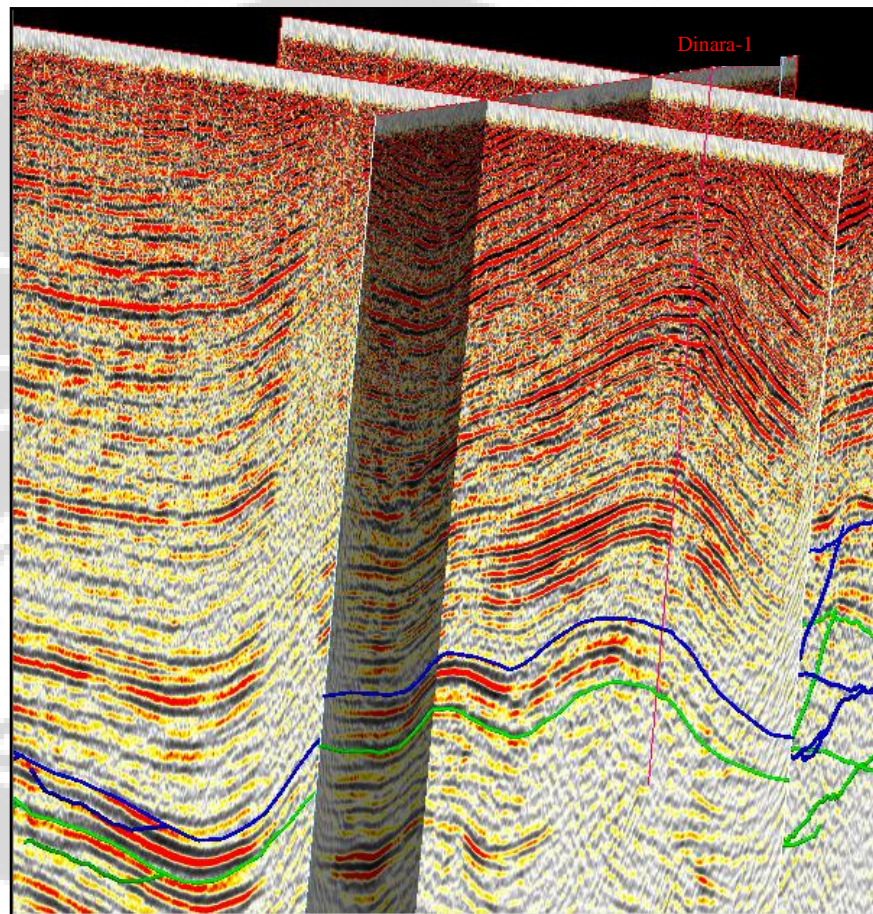


Gambar 4.3 Frekuensi Dominan 15 Hz

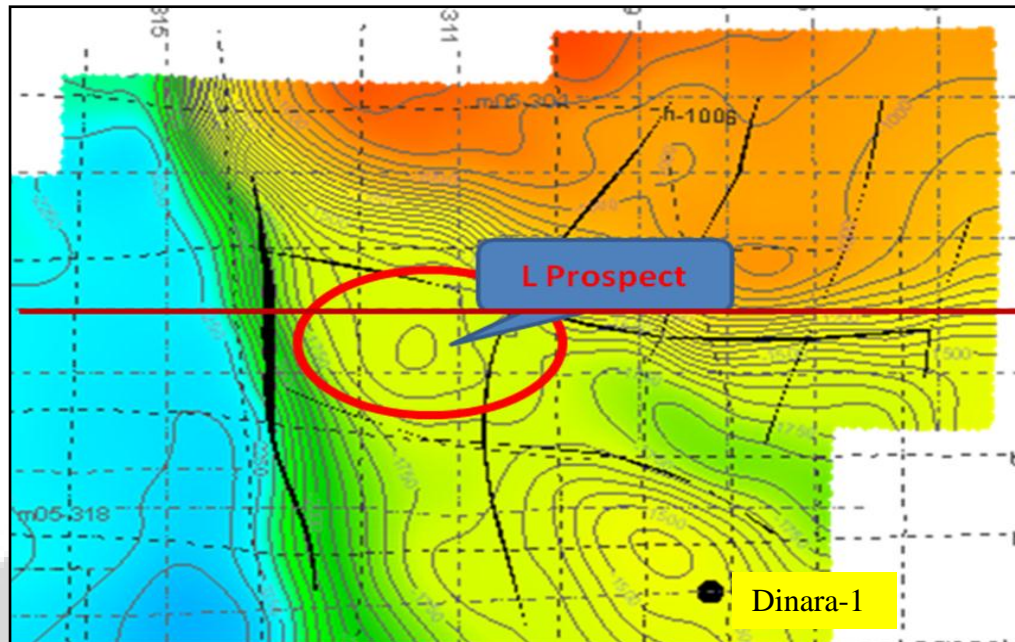
Selanjutnya dilakukan *picking* horizon untuk level Top Meruap berdasarkan hasil *well seismic tie* tersebut. Picking horizon dilakukan untuk ke seluruh line seismik yang berjumlah 14 line dan meyakinkan bahwa antara line seismik yang berpotongan tidak terjadi shifting (gambar 4.4). Dari hasil interpretasi tersebut dihasilkan *time structure map* Top Meruap. Dari *time*



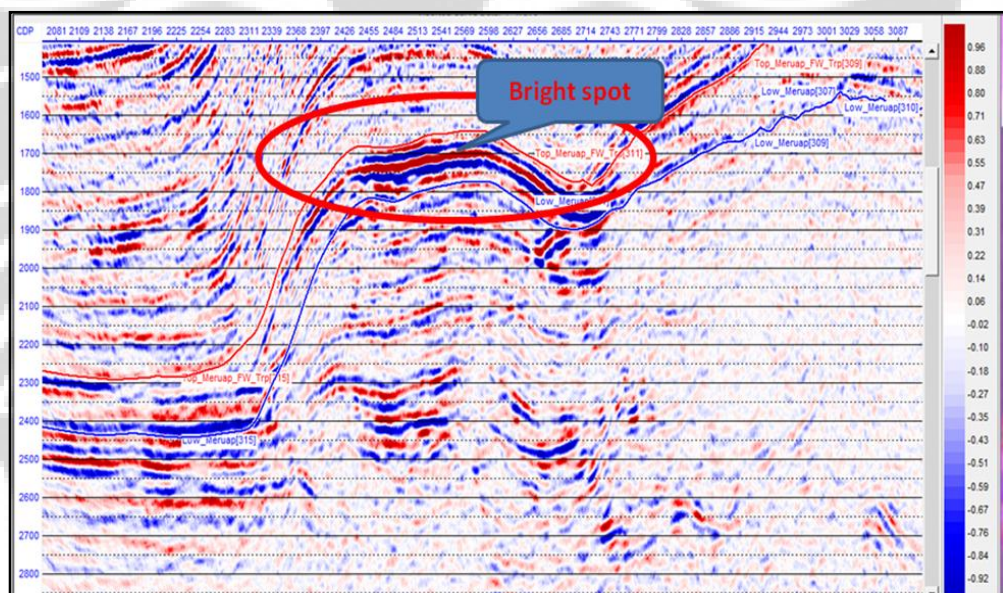
*structure* Horizon Top Meruap tersebut menunjukkan adanya *closure* yang merupakan area prospect “L” (gambar 4.5). Dan pada data seismik 2D yang melewati area prospect ini dijumpai fenomena *bright spot* yang biasanya merupakan indikasi adanya hidrokarbon (*DHI*). Hal ini tampak jelas pada *line* H-4, ditunjukkan pada Gambar 4. 6.



Gambar 4. 4. Interpretasi picking Horizon antara line yang berpotongan



Gambar 4. 5. *Time Structure map* Top Meruap

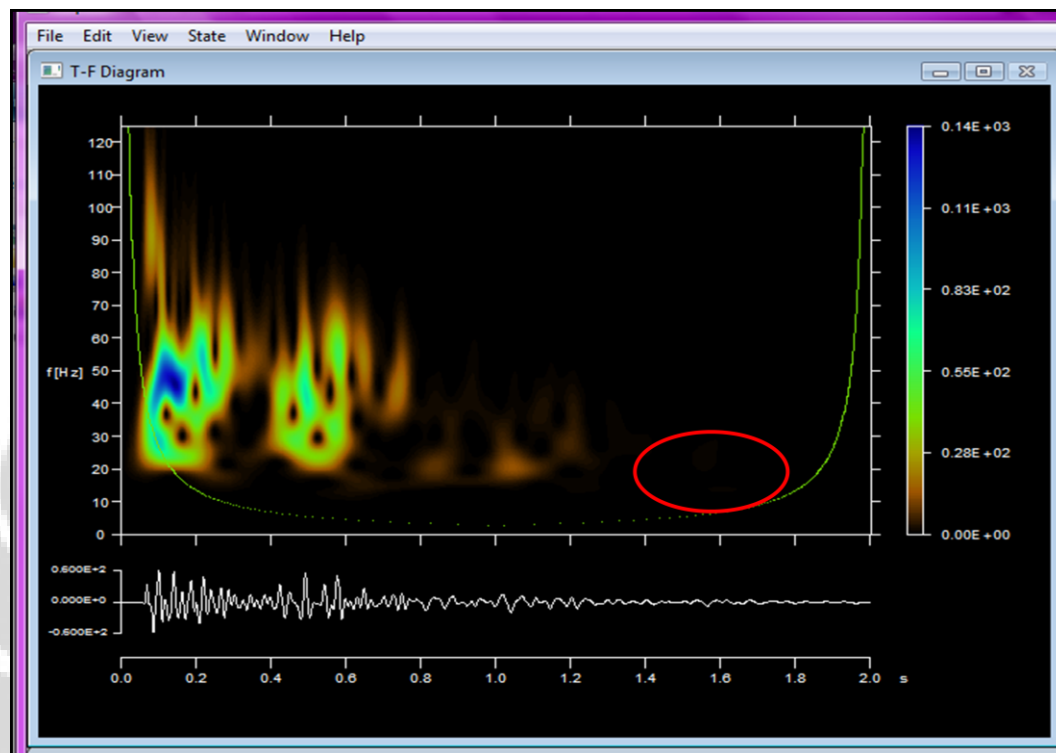


Gambar 4. 6. Fenomena *Bright spot* pada line H-4

### 4.3. Analisis *Continous Wavelet Transform* (CWT)

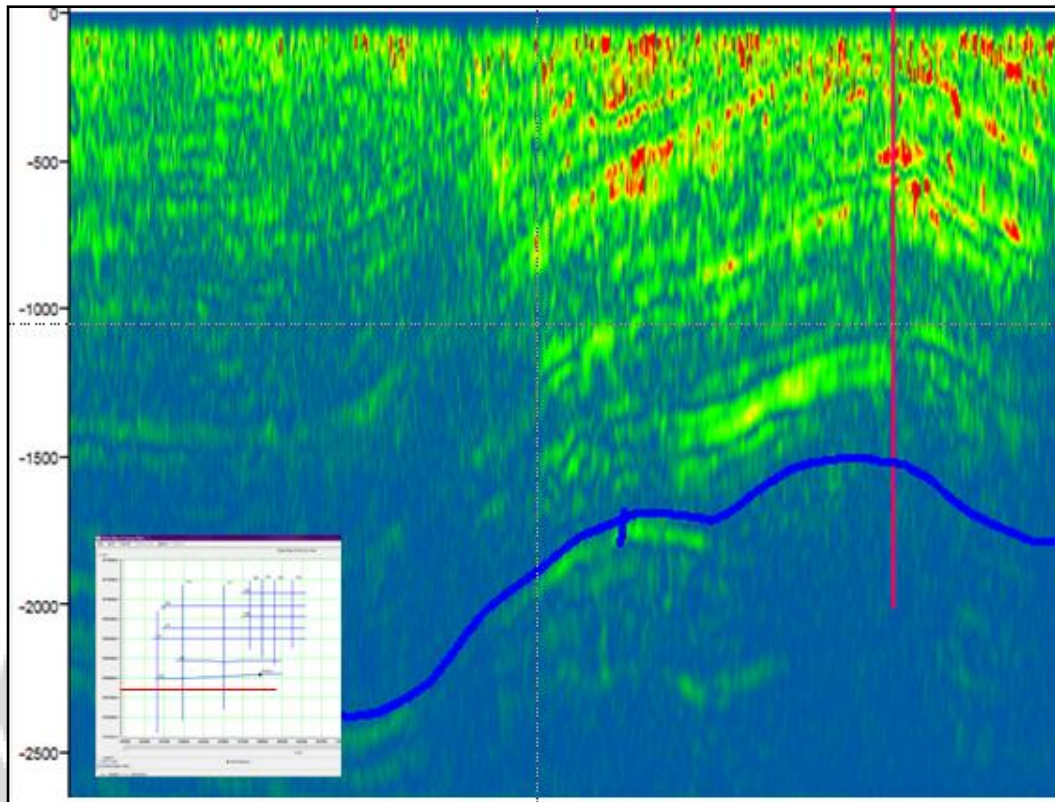
Sebelum melakukan spektral dekomposisi berbasis CWT untuk seluruh trace dan seluruh line seismik yang ada, kita melakukan terlebih dahulu CWT pada satu trace yang dekat dengan sumur Dinara-1. Hasil CWT untuk satu trace memperlihatkan pada area target mempunyai frekuensi 15 Hz (gambar 4.7).

Kemudian kita melakukan CWT untuk line H-1 yang melewati sumur Dinara-1 dan line line yang melalui daerah prospect (line H-3, H-4, V-3) pada frekuensi 15 Hz dan juga pada frekuensi 30 Hz sebagai perbandingan.

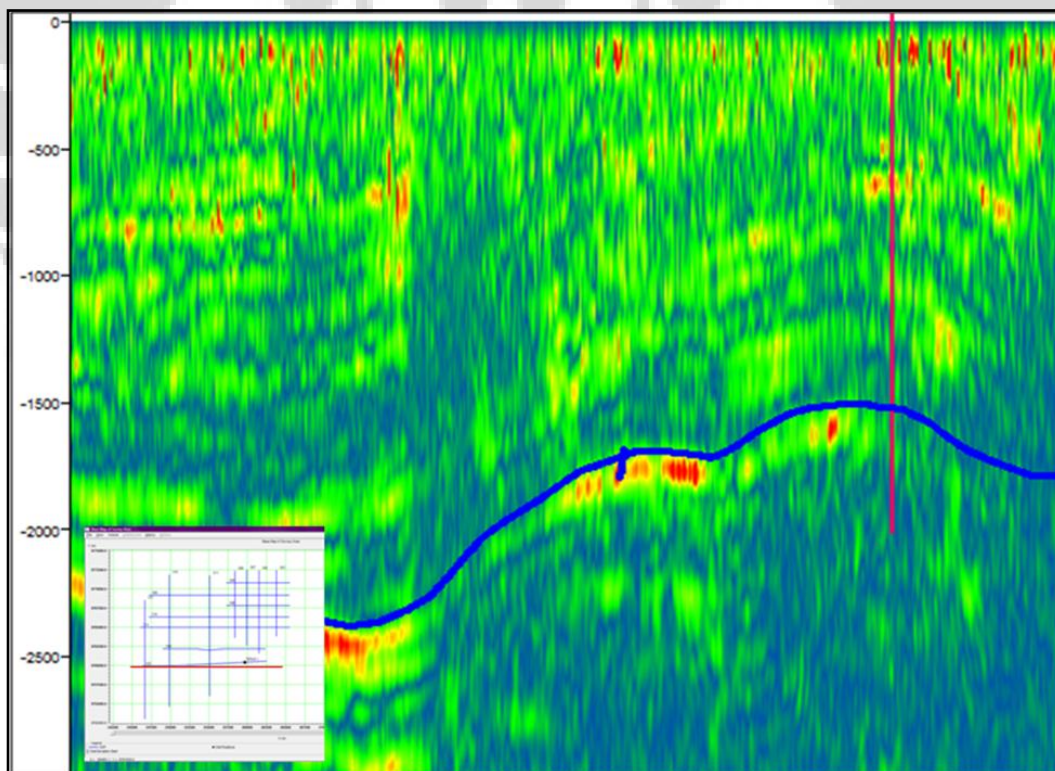


Gambar 4. 7. CWT pada 1 trace sumur Dinara-1

Untuk line H-1, dengan melihat spektral dekomposisi pada frekuensi 30 Hz dan 15 Hz tidak menunjukkan adanya anomaly *low frequency effect* (gambar 4.8). Sedangkan untuk line H-3, H-4 dan V-3, dengan melihat spektral dekomposisi pada frekuensi 30 Hz dan 15 Hz menunjukkan adanya anomaly *low frequency effect*, yaitu amplitudo spektral sesaat hanya muncul pada frekuensi 15 Hz (gambar 4.9, 4.10 dan 4.11). *Low frequency effect* yang muncul pada line H-4 mendukung adanya *bright spot* yang muncul pada data PSTM dan mengindikasikan adanya *hydrocarbon*.

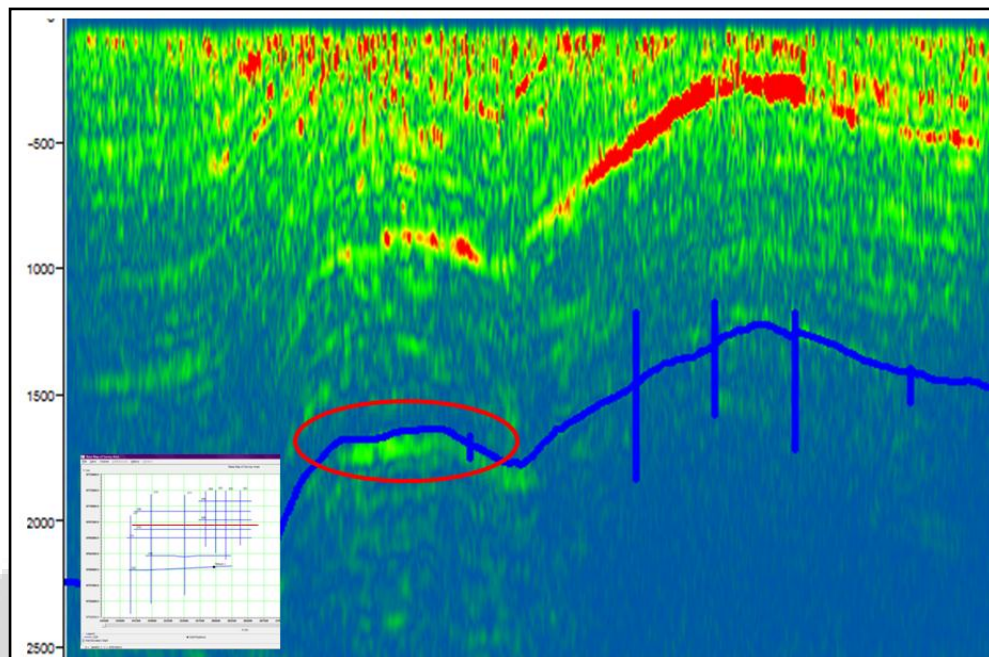


a. Hasil CWT pada frekuensi 30Hz

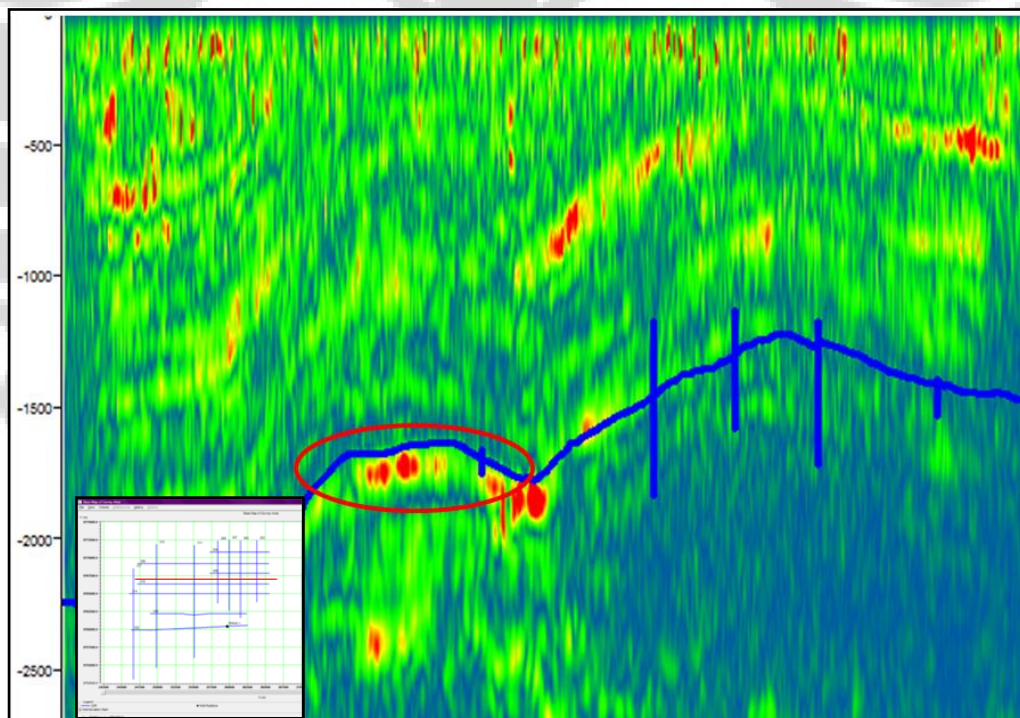


b. Hasil CWT pada frekuensi 15Hz

Gambar 4. 8. Hasil CWT pada line H-1 (a) Frekuensi 30 Hz, (b) Frekuensi 15 Hz

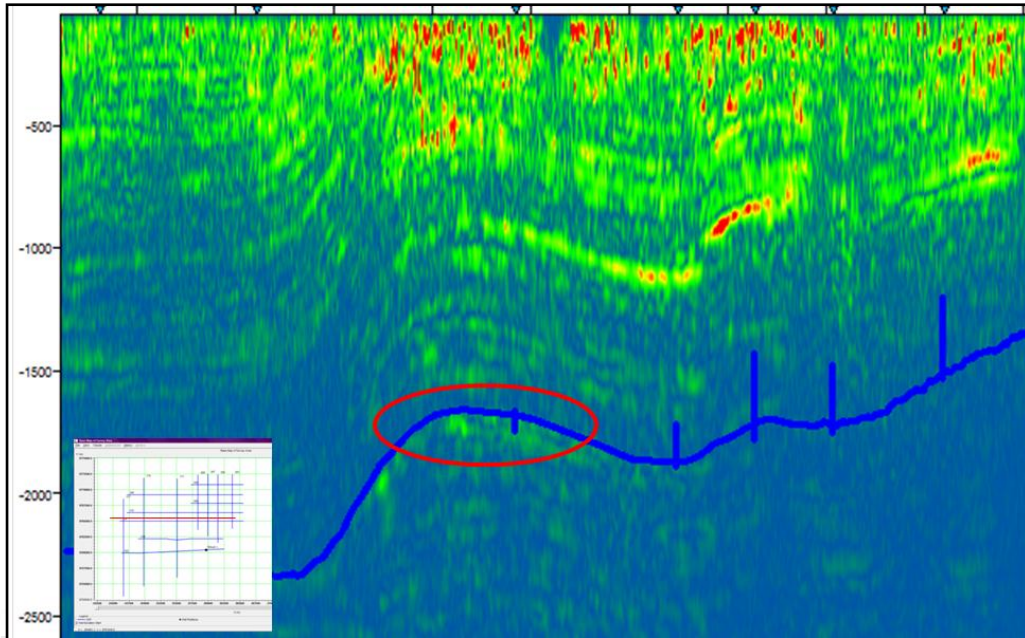


a. Hasil CWT pada frekuensi 30Hz

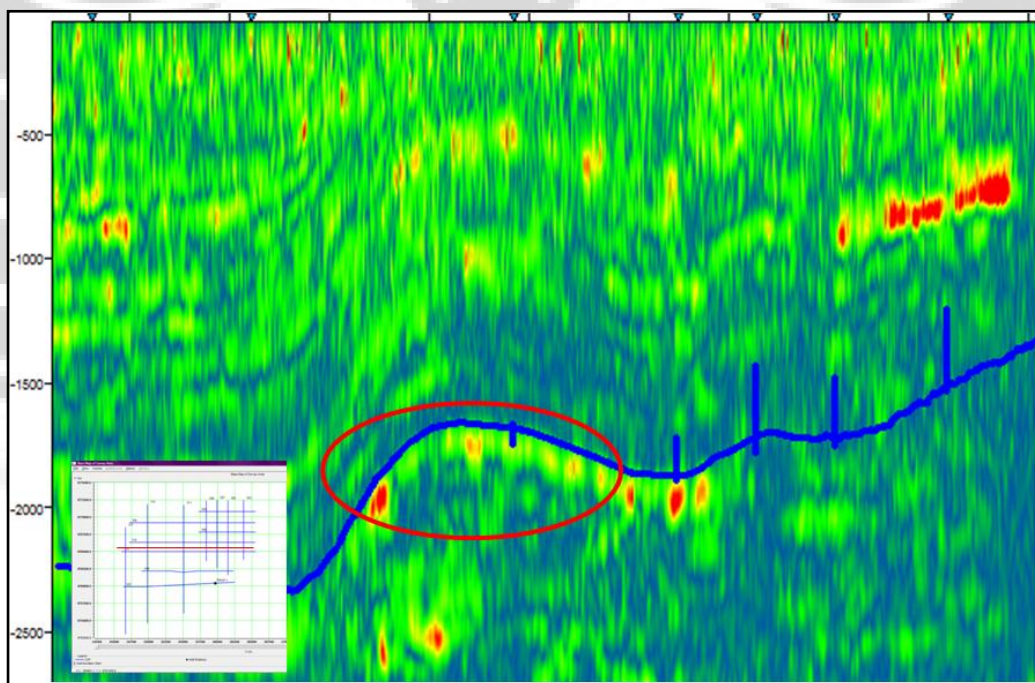


b. Hasil CWT pada frekuensi 15Hz

Gambar 4. 9. CWT pada line H-4 (a) Frekuensi 30 Hz, (b) Frekuensi 15 Hz

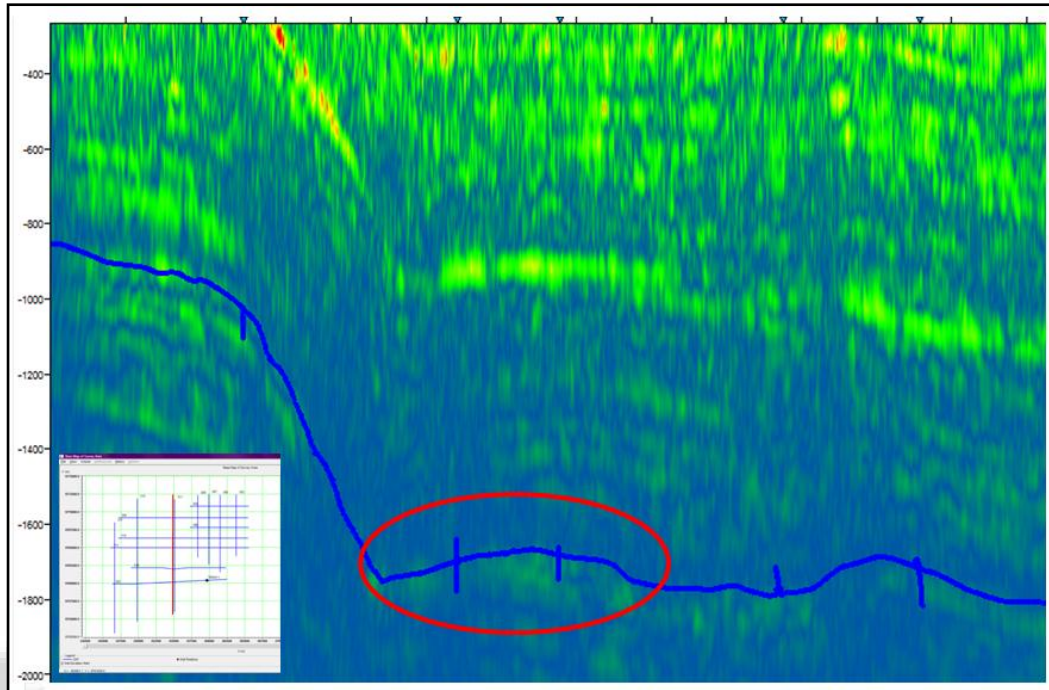


a. Hasil CWT pada frekuensi 30Hz

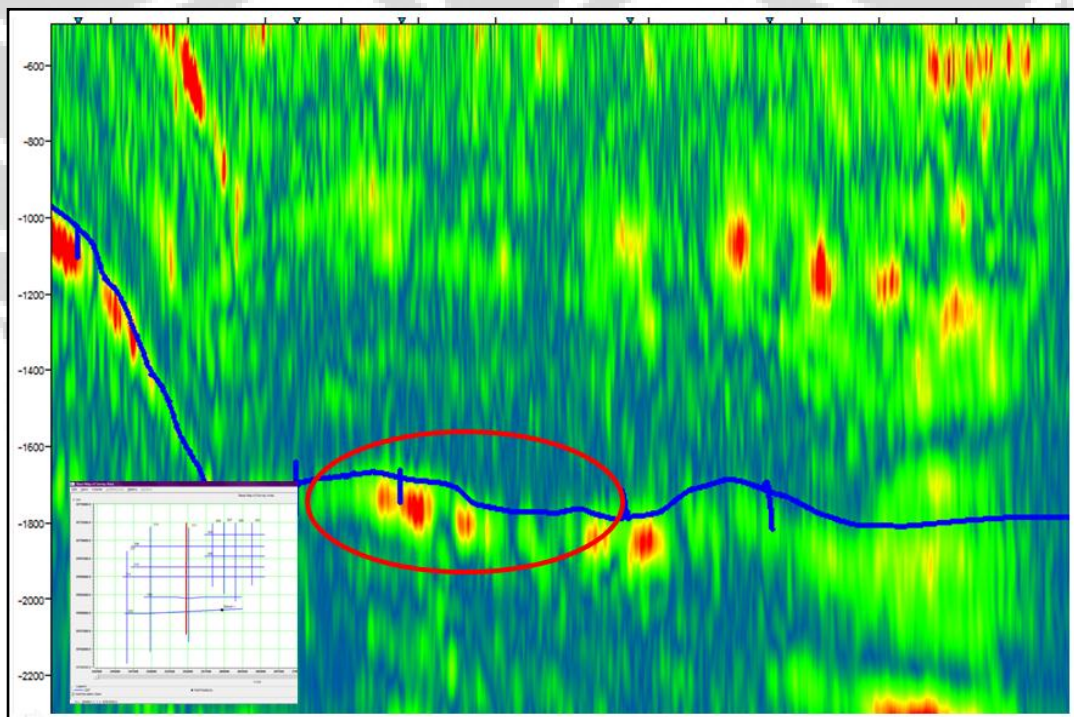


b. Hasil CWT pada frekuensi 15Hz

Gambar 4. 10. CWT pada line H-3 (a) Frekuensi 30 Hz, (b) Frekuensi 15 Hz

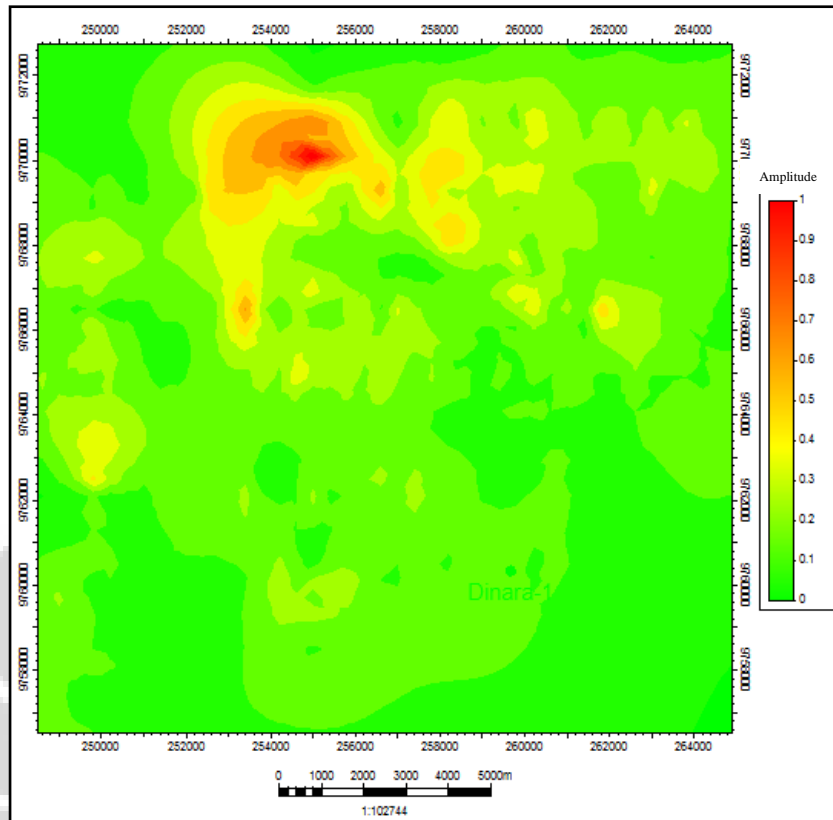


a. Hasil CWT pada frekuensi 30Hz

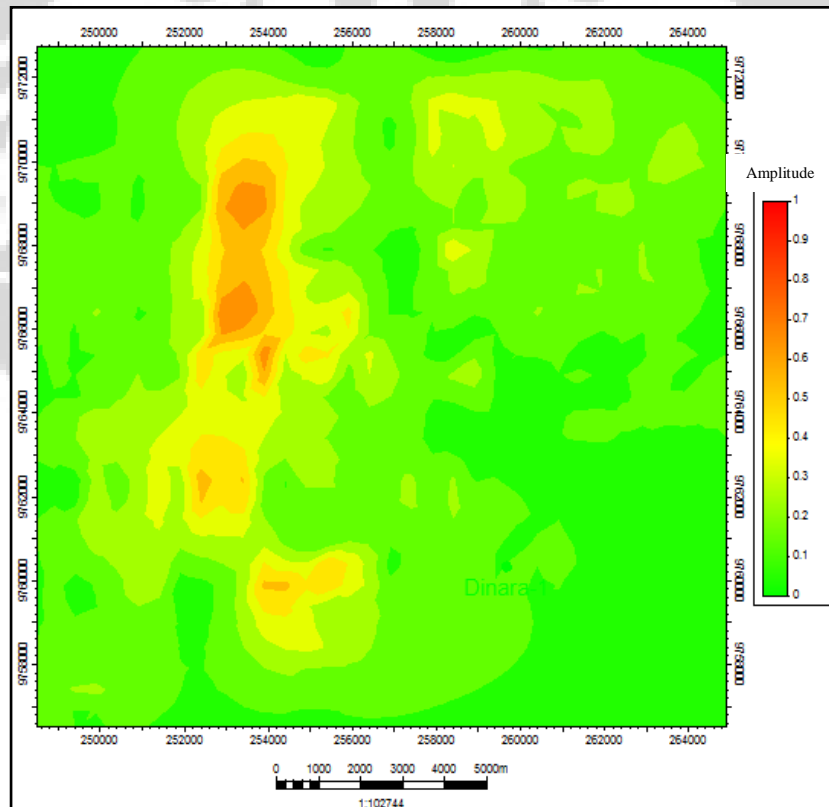


b. Hasil CWT pada frekuensi 15Hz

Gambar 4. 11. CWT pada line V-3 (a) Frekuensi 30 Hz, (b) Frekuensi 15 Hz

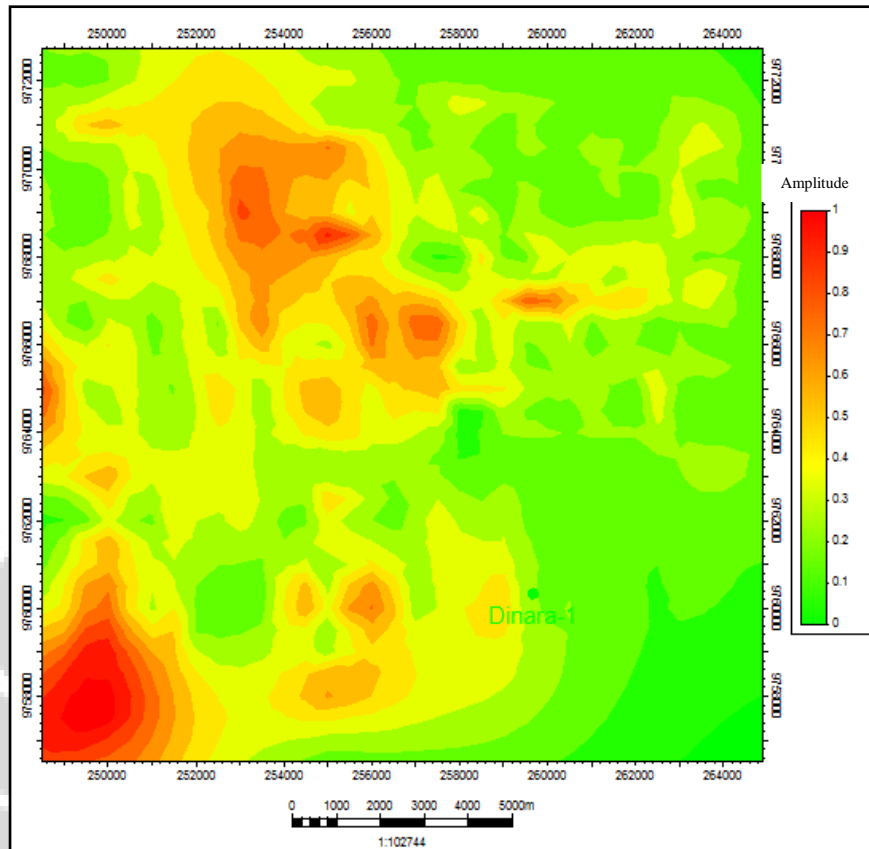


Gambar 4. 12. Peta *Amplitude* hasil CWT pada frekuensi 30 Hz Top Meruap

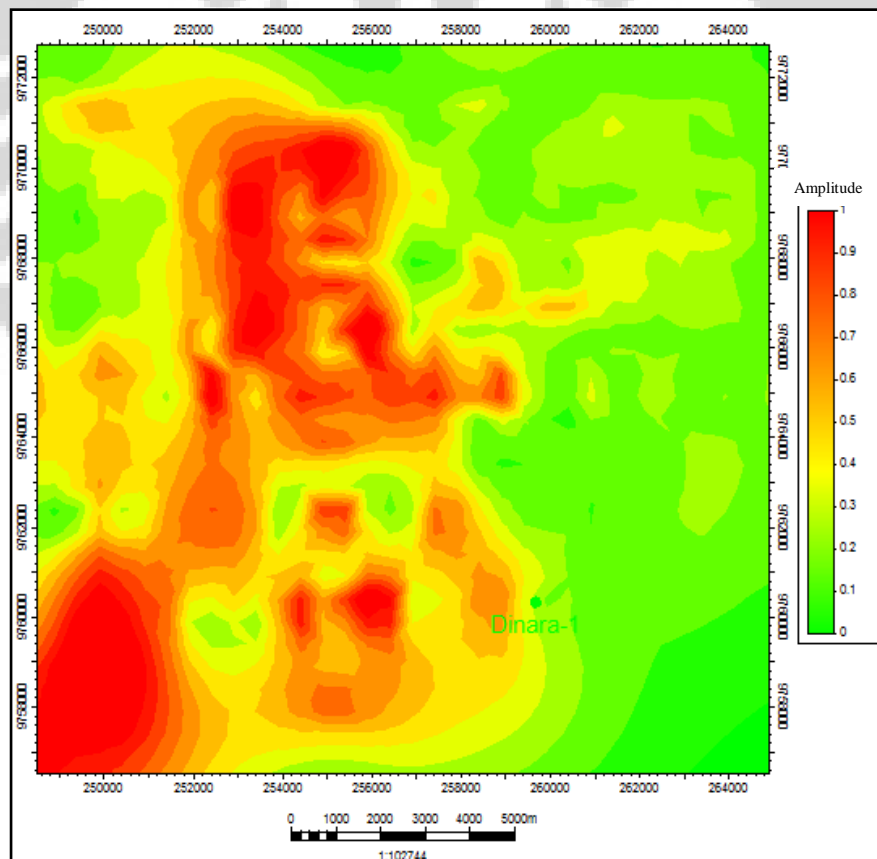


Gambar 4. 13. Peta *Amplitude* hasil CWT pada frekuensi 30 Hz Top Meruap + 50 ms



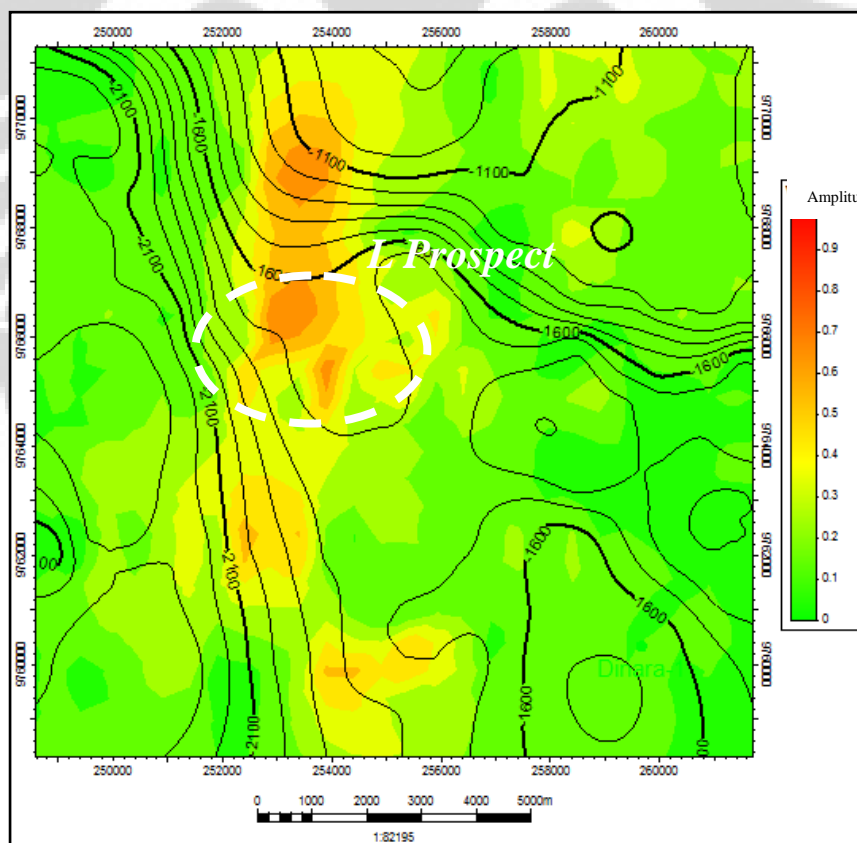


Gambar 4. 14. Peta *Amplitude* hasil CWT pada frekuensi 15 Hz Top Meruap

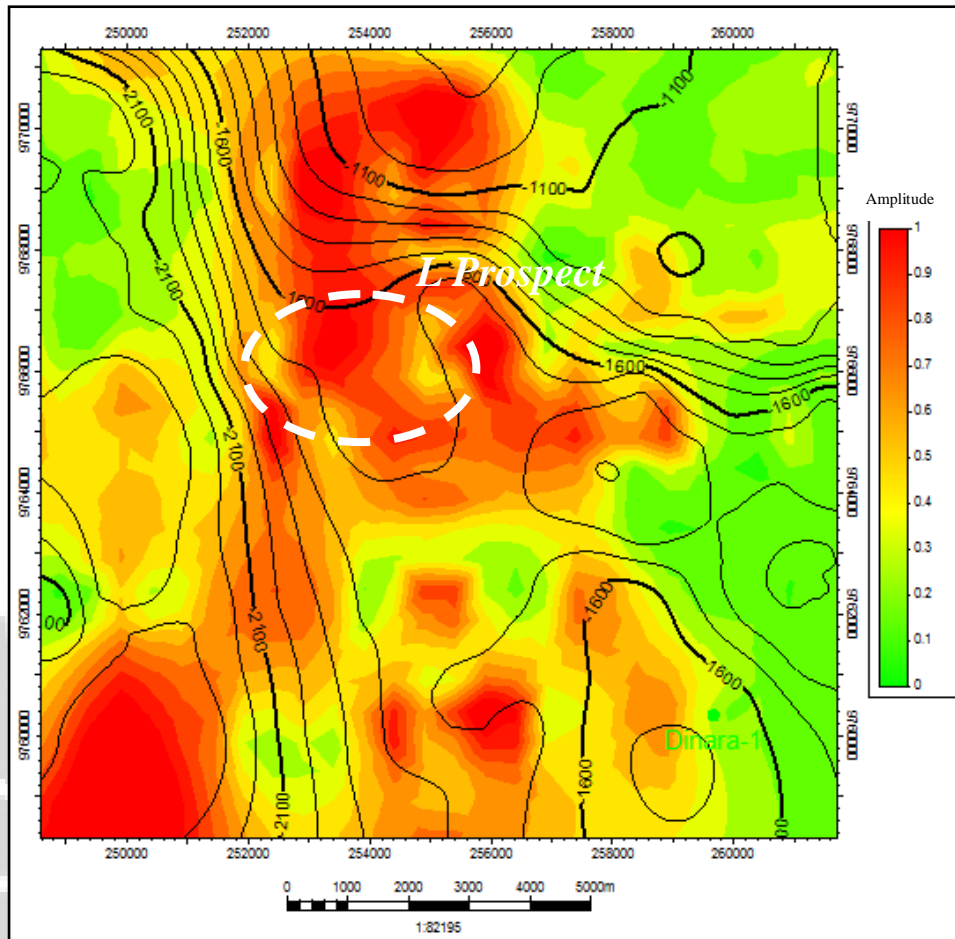


Gambar 4. 15. Peta *Amplitude* hasil CWT pada frekuensi 15 Hz Top Meruap + 50 ms

Untuk mendapatkan penyebaran atribut spektral sesaat pada frekuensi 30 Hz dan 15 Hz, dilakukan analisis CWT untuk 14 line seismik yang ada, kemudian dilakukan *horizon slicing* pada Top Meruap sehingga didapatkan kontur penyebarannya seperti terlihat pada gambar 4.12 untuk frekuensi 30 Hz dan gambar 4.14 untuk frekuensi 15 Hz. Disamping itu juga dilakukan *horizon slicing* pada Top Meruap + 50 ms untuk melihat penyebarannya dan sebagai perbandingan dengan Top Meruap yang terlihat gambar 4.13 untuk frekuensi 30 Hz dan gambar 4.15 untuk frekuensi 15 Hz. Dan dengan melakukan *overlay* peta *Amplitude* hasil CWT dengan peta *time structure* akan diperoleh gambaran pada daerah prospect seperti terlihat pada gambar 4.16 dan gambar 4.17. Dari gambar 4.17 yang merupakan peta *Amplitude* hasil CWT pada frekuensi 15 Hz menunjukkan bahwa pada area prospect “L” mempunyai nilai amplitudo spektral sesaat yang tinggi dibanding pada gambar 4.16 yang merupakan peta *Amplitude* hasil CWT pada frekuensi 30 Hz, dan bisa dijadikan sebagai indikasi keberadaan hidrokarbon.



Gambar 4. 16. Kombinasi Peta *Amplitude* hasil CWT pada frekuensi 30 Hz dan *Time structure* Top Meruap



Gambar 4. 17. Kombinasi Peta *Amplitude* hasil CWT pada frekuensi 15 Hz dan *Time structure* Top Meruap

#### 4.4. Impedansi Akustik

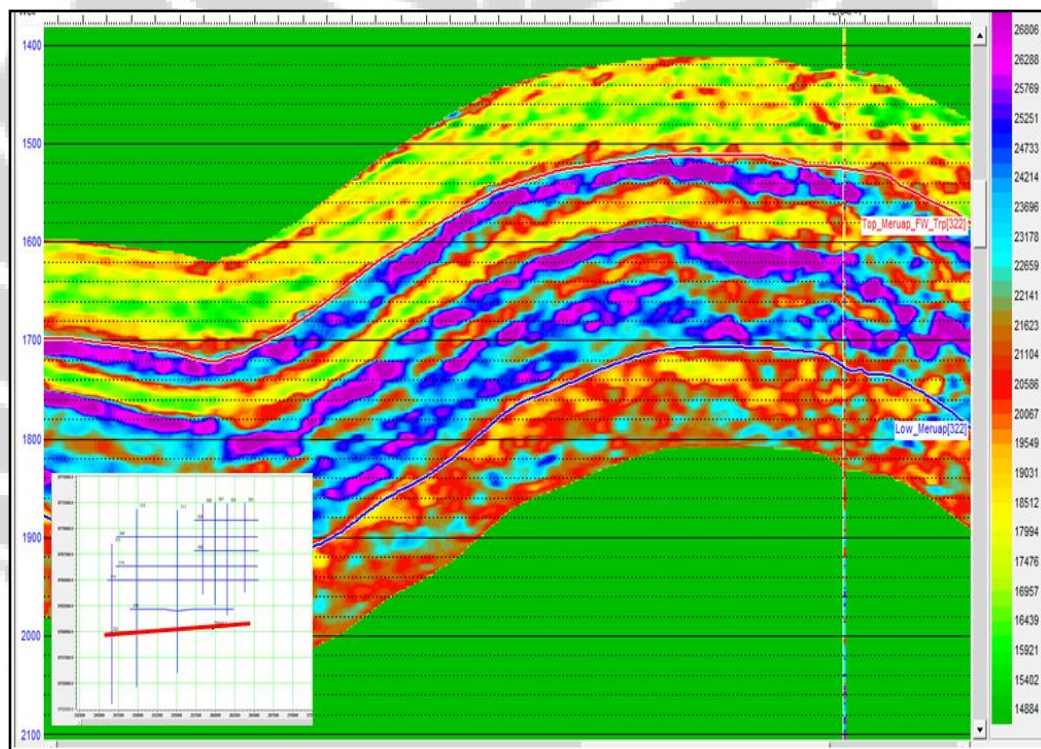
Untuk mempertajam kenampakan distribusi *low frequency* yang berasosiasi dengan adanya hidrokarbon, dilakukan inversi untuk mendapatkan penyebaran nilai impedansi akustik. Inversi dilakukan untuk line yang melewati sumur Dinara-1 dan 13 line seismik yang lain kemudian dilakukan *horizon slicing* sehingga diperoleh peta kontur penyebarannya.

Hasil inversi pada line H-1 tidak menunjukkan adanya nilai impedansi akustik rendah di sekitar sumur Dinara-1. Hal ini membuktikan bahwa memang di sumur tersebut tidak mengindikasikan ada hidrokarbon karena sumur tersebut merupakan *dry well* (gambar 4.18).

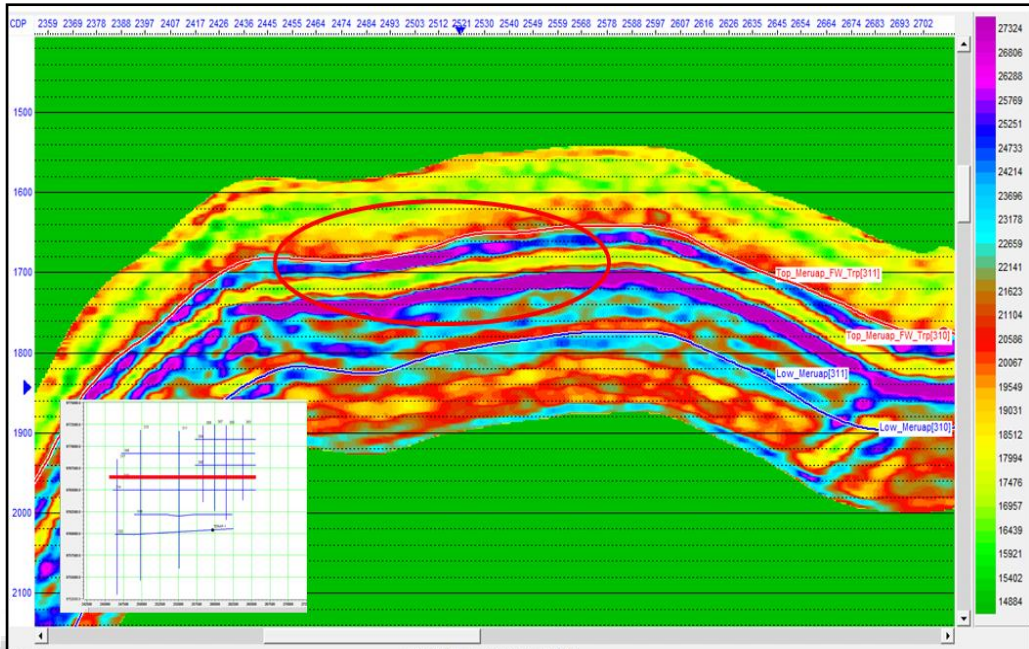
Jika dilihat secara detil per line untuk line H-3, H-4 dan V-3 akan terlihat seperti pada gambar 4.18, 4.19, dan 4.20. Baik pada line H-3, H-4 dan V-3 memperlihatkan adanya low AI yang kontras dengan nilai AI di atasnya pada zona

target prospect “L” . Hal ini membuktikan dan memperkuat hasil CWT yang mengindikasikan adanya hidrokarbon pada zona target prospect “L”.

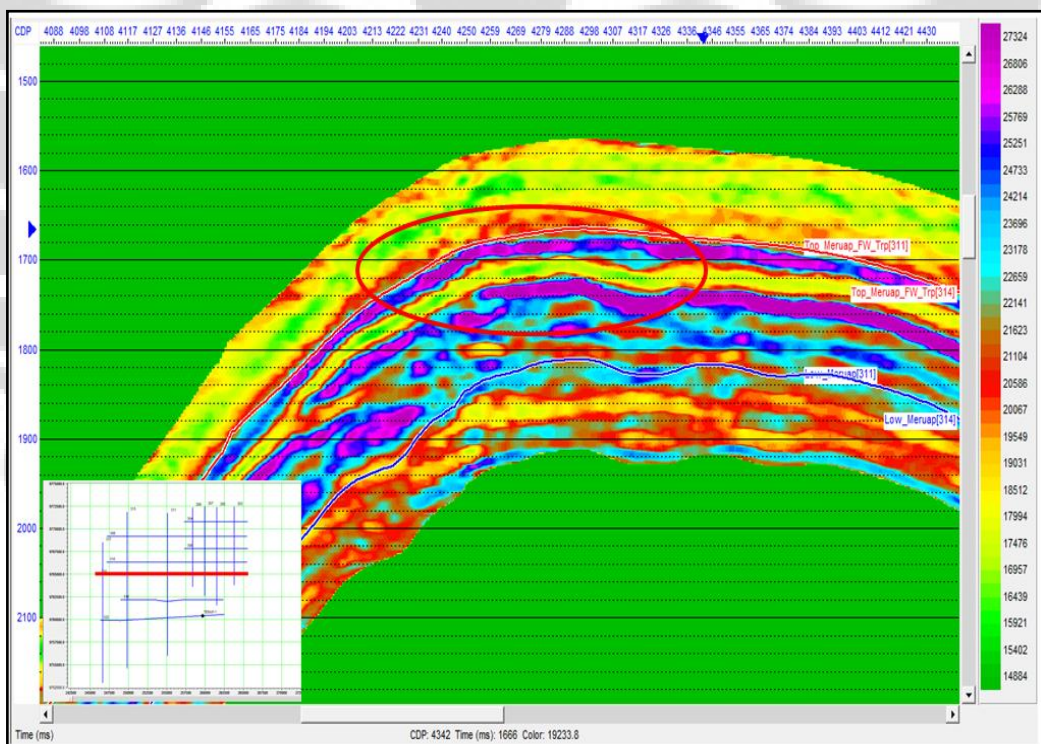
Untuk *horizon slicing* dilakukan pada Top Meruap dan Top Meruap + 50ms sebagai perbandingan. Peta penyebaran AI Top meruap dapat dilihat pada gambar 4.21 dan peta penyebaran AI Top Meruap + 50ms dapat dilihat pada gambar 4.22. Dan dengan melakukan overlay peta penyebaran AI dengan peta time structure akan diperoleh gambaran pada daerah prospect (Gambar 4.23). Dari gambar 4.23 menunjukkan bahwa pada area prospect “L” mempunyai nilai AI yang rendah.



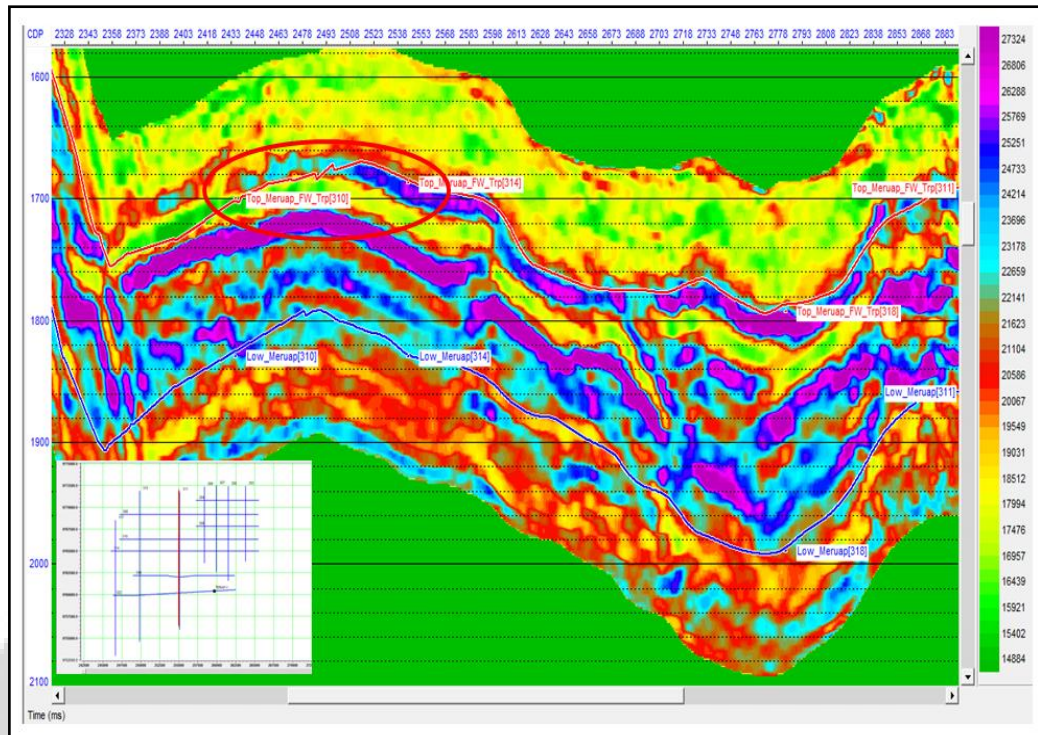
Gambar 4. 18. Inversi pada line H-1 yang melewati sumur Dinara-1



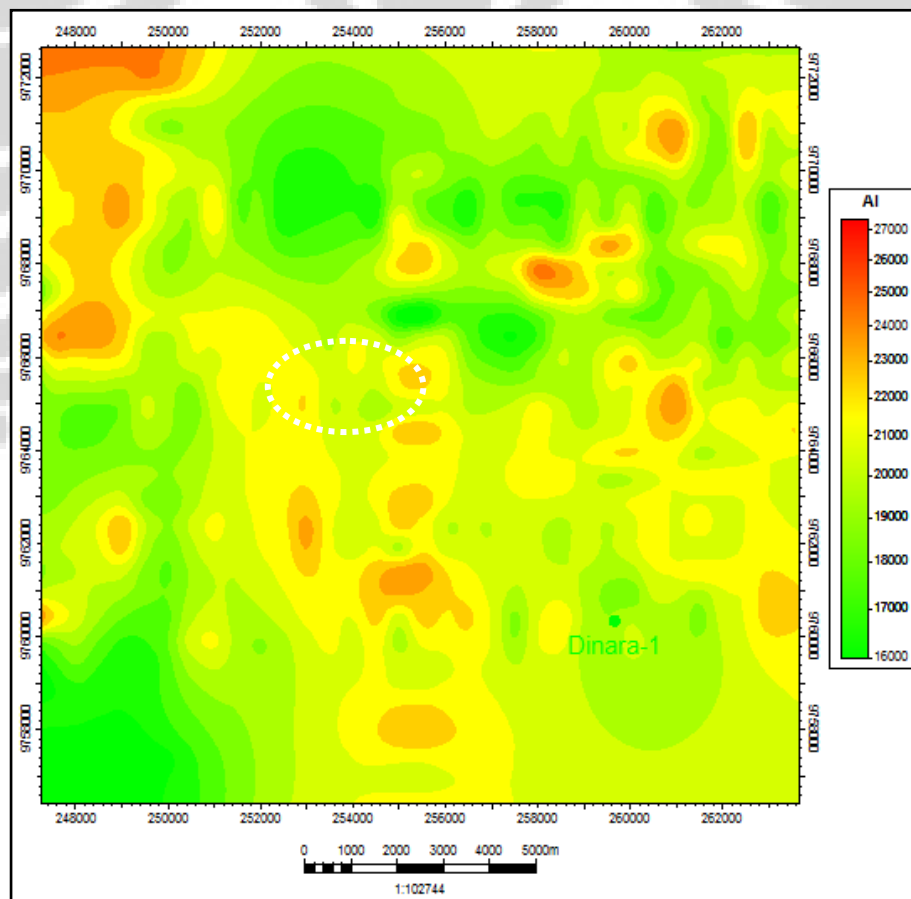
Gambar 4. 19. Hasil inversi line H-4



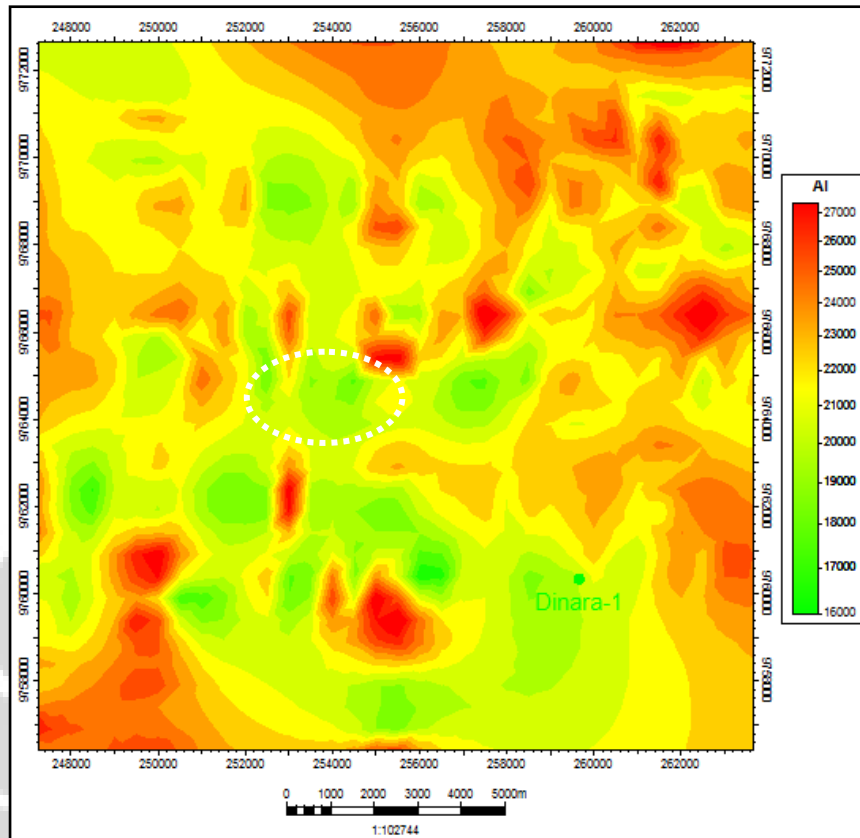
Gambar 4. 20. Hasil inversi line H-3



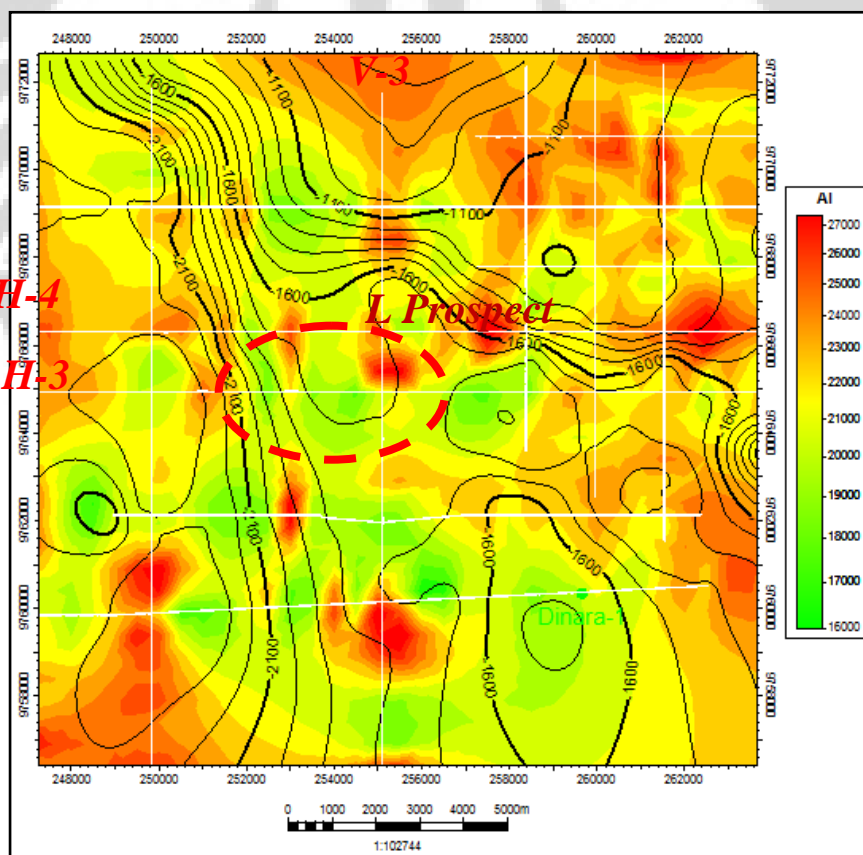
Gambar 4. 21. Hasil inversi line V-3



Gambar 4. 22. Peta kontur penyebaran impedansi akustik Top Meruap



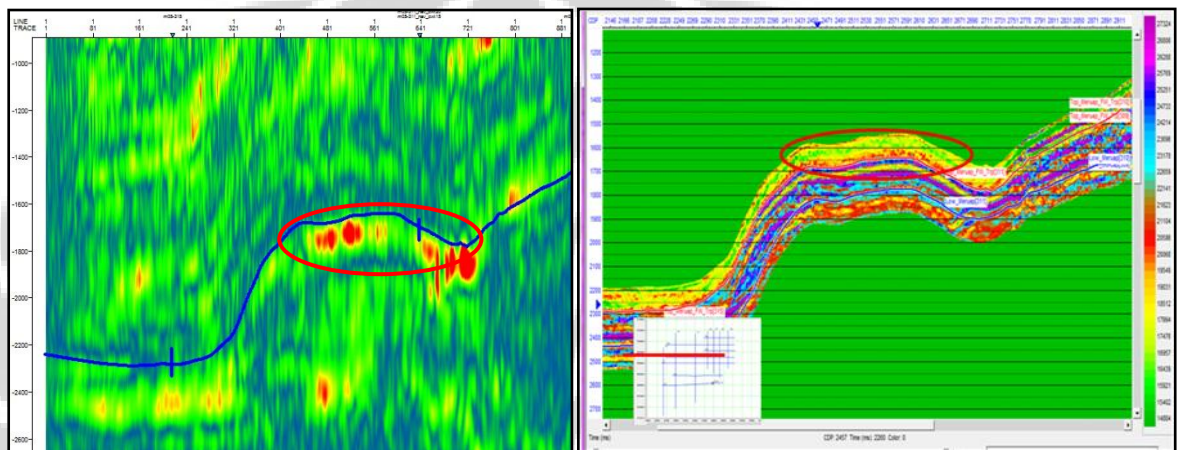
Gambar 4. 23. Peta kontur penyebaran impedansi akustik Top Meruap + 50 ms



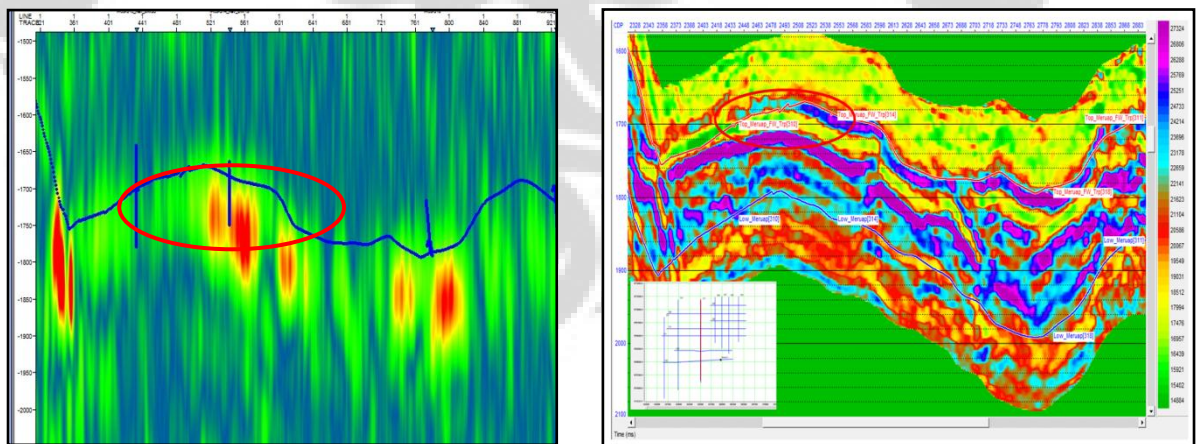
Gambar 4. 24. Peta kontur penyebaran impedansi akustik dan *time structure* Top Meruap

#### 4.5. Kombinasi CWT dan Impedansi Akustik (AI)

Dari hasil analisa CWT dan AI jika dikombinasikan, maka akan kelihatan apakah hasil tersebut akan memperkuat satu sama lain atau tidak. Jika diambil satu beberapa line yang melewati prospect dan dikombinasikan antara hasil analisa CWT dan AI maka akan tampak seperti pada gambar 4.25 dan 4.26. Peta *Amplitude* hasil CWT pada frekuensi 15 Hz jika dikombinasikan dengan peta penyebaran AI dapat terlihat pada gambar 4.27.

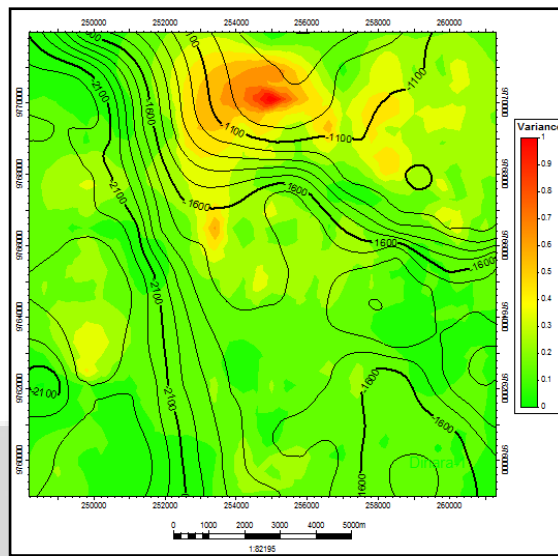


Gambar 4. 25. Kombinasi hasil CWT frekuensi 15 Hz dan Inversi (AI) pada line H-4

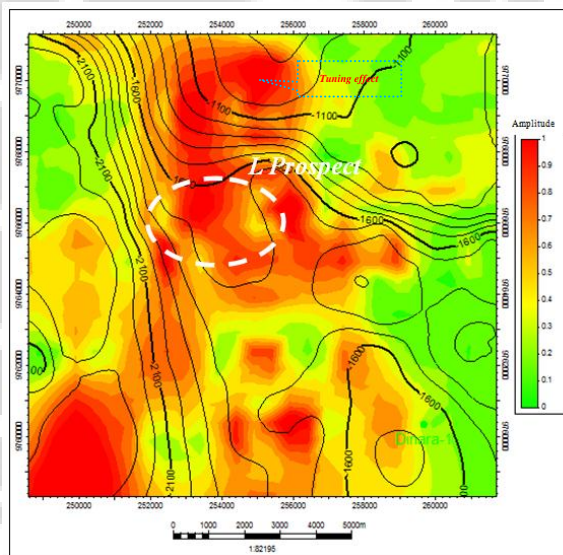


Gambar 4. 26. Kombinasi hasil CWT frekuensi 15 Hz dan Inversi (AI) pada line V-3

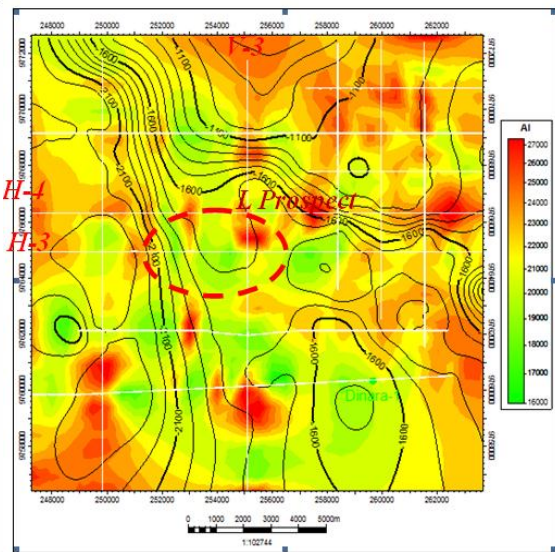




a. Hasil CWT pada frekuensi 30 Hz



b. Hasil CWT pada frekuensi 15 Hz



c. Peta penyebaran AI

Gambar 4. 27. Kombinasi peta Amplitude hasil CWT pada frekuensi 30 Hz, 15 Hz dan peta penyebaran AI pada *prospect* “L”

Dengan melihat kombinasi hasil analisa CWT dan impedansi akustik pada zona prosek, terlihat bahwa nilai amplitudo spektral sesaat yang tinggi (0.8 -1.0) didukung oleh nilai impedansi akustik yang rendah dengan nilai sekitar 1700 – 22000 ((ft/s) \*(gr/cc)). Dan dari kombinasi ini dapat menunjukkan adanya Hidrokarbon pada *prospect* “L”.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian ini adalah:

1. Dengan menentukan frekuensi seismik zona target dengan metode CWT pada trace yang dekat dengan sumur dapat menghasilkan analisis spektral dekomposisi yang bagus sehingga rasio sinyal terhadap frekuensi lebih baik. Pada penelitian ini frekuensi zona target adalah 15 Hz.
2. Metode CWT yang diterapkan untuk semua line seismik pada *prospect* “L” menunjukkan adanya bayangan frekuensi rendah (*low-frequency shadow*) pada reservoir target.
3. Metode Inversi yang telah diaplikasikan pada penelitian ini menunjukkan adanya kontras nilai akustik impedansi yang cukup cukup tinggi pada reservoir target prospek “L”.
4. Distribusi anomali *low frequency* hasil CWT dari penelitian ini menunjukkan korelasi yang baik dengan distribusi *low* akustik impedansi hasil metode inversi seismik dengan nilai AI sekitar 17000 – 22000 ((ft/s)\*(gr/cc)). Hal ini membuktikan bahwa metode dekomposisi spektral berbasis CWT yang dikombinasikan dengan metode inversi seismik mengindikasikan adanya akumulasi hidrokarbon pada *prospect* “L”.

#### 5.2. Saran

1. Dilakukan pengeboran pada *prospect* “L” untuk mengetahui hasil pasti dari penelitian ini.
2. Untuk pengembangan, dari hasil penelitian ini menunjukkan pada area sebelah tenggara daerah penelitian menunjukkan adanya nilai amplitudo hasil CWT yang tinggi dan nilai AI yg relatif rendah. Namun data untuk area tersebut tidak mencukupi sehingga dibutuhkan data data baru, terutama seismik untuk pengembangan lebih lanjut.

## DAFTAR ACUAN

- Abdullah, Agus., 2008, "CWT (Continous Wavelet Transform)", <http://ensiklopediseismik.blogspot.com/2008/02/cwt-continuous-wavelet-transform.html>
- Castagna, J.S, Satish Sinha, Partha S. Routh, Phil D. Anno, 2005, "Spectral decomposition of seismic data with continuous-wavelet transform", *Geophysics* Vol 70, No.6
- Castagna, J.S Sun & R. Siegfried, 2003, "Instantaneous Spectral Analysis : Detection of Low Frequency Shadows Associated with Hydrocarbons". *The Leading Edge*, February.
- Christopher Lang., and Skyle F., 1998, "Time frequency analysis with the continuous wavelet transform", *American Association of Physics Teachers*.
- Chen, Q., and Sydney, S., 1997, "Seismic Attribute Technology for Reservoir Forecasting and Monitoring", *The Leading Edge*, May 1997.
- Chui, C.K., 1992, "An Introduction to Wavelet", Academic Press, New York.
- Daubechies, I, 1992, "Ten Lecture on Wavelet", Soc. For Ind and Appl Math, Philadelphia.
- Gennady, M.G., Valeri ,A.K., Vjacheslav, M.V., 2002, "Seismic Low-Frequency Effect from Oil-Saturated Reservoir Zones", University of California.
- Helbet, Ricky., 2007, "Evaluasi Penerapan Transformasi Wavlet Kontinu (CWT) Untuk Pemodelan Lapisan Tipis Membaji dan sebagai Indikator Hidrokarbon (DHI) pada Studi Kasus Model Marmousi2", ITB, Bandung.
- Koesoemadinata, 1980, "Geologi Minyak dan Gas Bumi", ITB, Bandung.
- Kristekova, M., Kristek, J., Moczo, P., 2006, "User's Guide to TF Signal – The Fortran95 Program Package for Computation of Time-Frequency Representations of Time Signals", Bratislava.
- Munadi, Suprayitno., 2000, "Aspek Fisis Seismologi Eksplorasi", Universitas Indonesia, Depok.
- Nurcahya, B.E., 2004, "Transformasi Wavelet : Sebuah Metoda Baru yang dapat digunakan untuk menganalisa Gempa Tektonik ", *Prosiding Konferensi Nasional Rekayasa Kegempaan II, Pusat Studi Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.

Pertamina BPPKA, 1995, "Petroleum Geology Of Indonesia Basins Vol X : South Sumatra Basin".

Pulunggono, A., Agus, H.S., Kosuma, C.G., 1992. "Pre-Tertiary And Tertiary Fault System As A Framework Of The South Sumatra Basin" A Study Of SAR-Maps, Proceeding IPA., 21st Ann. Conv., Vol. 1, p. 339 – 360.

Sudarmaji, Nurcahya B.E., Padmono J., Sutrisno B., Nugraha T.B., Hisan R.F., Mualimin, 2004, "Analisis Multi-Resolusi Data Seismik 3D Menggunakan Transformasi Wavelet Kontinu", PIT HAGI ke-29, Yogyakarta.

Sukmono, S., 2000, Inversi Seismik untuk Karakteristik Reservoir, Lab Teknik Geofisika, ITB

Taner, M.T., Koehler, F., and Sheriff, R.E., 1979, "Complex Seismic Trace Analysis", Geophysics, Vol. 44 No. 6, 1041–1063.

