



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**DEKOMPOSISI SPEKTRAL MENGGUNAKAN  
S-TRANSFORM UNTUK IDENTIFIKASI LOW FREQUENCY  
SHADOWS**

**TESIS**

**GADANG GENTUR WIHARDY  
0806421086**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI GEOFISIKA RESERVOIR  
JAKARTA  
JUNI 2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**DEKOMPOSISI SPEKTRAL MENGGUNAKAN  
S-TRANSFORM UNTUK IDENTIFIKASI LOW FREQUENCY  
SHADOWS**

**TESIS**

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

**GADANG GENTUR WIHARDY  
0806421086**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI GEOFISIKA RESERVOAR  
JAKARTA  
JUNI 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Gadang Gentur Wihardy  
NPM : 0806421086  
Program Studi : Geofisika Reservoar  
Judul Tesis : Dekomposisi Spektral Menggunakan S-Transform Untuk Identifikasi *Low Frequency Shadows*

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Abdul Haris (.....)

Penguji : Prof. Dr. Suprayitno Munadi (.....)

Penguji : Dr. Waluyo (.....)

Penguji : Dr. Supriyanto (.....)

Ditetapkan di : .....

Tanggal : .....

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Gadang Gentur Wihardy**  
**NPM : 0806421086**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 25 Juni 2010**



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Yang Maha Kuasa, karena atas berkat, rahmat dan pertolongan-Nya lah tesis ini dapat terselesaikan. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Magister Fisika, Program Pascasarjana Geofisika Reservoir, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian tesis ini tentu tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, baik selama proses perkuliahan maupun dalam masa penyusunan dan penulisan. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. rer. nat. Abdul Haris, atas bimbingan, dukungan serta diskusi-diskusi selama proses penyusunan dan penulisan tesis ini.
2. Para dosen dan staf administrasi Program Pascasarjana Geofisika Reservoir Universitas Indonesia, yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu di halaman ini, terima kasih atas segala ilmu yang telah diajarkan dan bantuannya selama proses perkuliahan.
3. Papa, Mama, dan adik semata wayang, Irma, yang selalu mendukung tanpa ampun dengan telepon dan pesan-pesan singkatnya. I love you full, Bali menunggu!
4. Rekan-rekan kantor VSFusion, Mark Newman, Pak Ardiek Mahargono, Pak Anis Shahab, Pak Nugroho Putro dan Sunawar Kunaifi, terima kasih atas dukungannya selama penulis mengambil program S2 ini.
5. Teman-teman Geofisika Reservoir UI 2008, atas pertemanan manis yang kalian tawarkan. Khusus untuk Budi Riyanto, sahabat yang senantiasa mendukung tanpa pamrih, bahkan sampai detik-detik akhir proses penulisan tesis ini, terima kasih sobat.
6. Awal F. Mandong dan Tri Handayani, tidak lengkap kehadiranku di Jakarta tanpa kalian. Terima kasih untuk semua perhatian, pelarian, dan kegilaan yang pernah kita lakukan bersama-sama.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari kesempurnaan, karena kesempurnaan hanyalah milik Allah Yang Maha Suci. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga tesis dapat memberi manfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dunia, khususnya dalam bidang Geofisika. Die erde!

Jakarta, 25 Juni 2010

Penulis



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

---

---

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

Nama : Gadang Gentur Wihardy  
NPM : 0806421086  
Program Studi : Geofisika Reservoir  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Tesis

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

Dekomposisi Spektral Menggunakan S-Transform Untuk Identifikasi *Low Frequency Shadows*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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 : 25 Juni 2010

Yang menyatakan

(Gadang Gentur Wihardy)

## ABSTRAK

Nama : Gadang Gentur Wihardy  
Program Studi : Geofisika Reservoar  
Judul : Dekomposisi Spektral Menggunakan S-Transform Untuk Identifikasi *Low Frequency Shadows*

Fenomena *low frequency shadows* merupakan fenomena unik yang terkadang dijumpai dalam analisis data seismik. Keberadaan fenomena ini terutama terkait dengan keberadaan reservoar hidrokarbon sehingga kemudian diperhitungkan sebagai *direct hydrocarbon indicator*. *Low frequency shadows* hanya dapat terlihat pada kisaran frekuensi tertentu, sehingga tidak akan terlihat langsung dari data seismik yang bersifat *broadband*.

*Time-frequency decomposition* atau yang lebih umum dikenal sebagai *spectral decomposition* memberikan informasi variasi komponen frekuensi dari sebuah sinyal di sepanjang waktu. S-Transform merupakan salah satu metode *spectral decomposition* yang dapat digunakan untuk menganalisis sinyal non-stasioner. Metode ini merupakan pengembangan ide dari metode *Continuous Wavelet Transform (CWT)* yang didasarkan pada lokalisasi *window* Gaussian yang bergeser pada skala tertentu. S-Transform mampu memberikan resolusi frekuensi dari setiap *time sample* dengan tetap berhubungan dengan spektrum Fourier.

Pada penelitian ini, *spectral decomposition* berbasis S-Transform digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan *low frequency shadows* dari sebuah data *post-stack* seismik 3D. Berdasarkan hasil analisis terbukti bahwa fenomena *low frequency shadows* memang berkaitan erat dengan keberadaan reservoar hidrokarbon. Selain itu, dengan melihat sebaran konten frekuensi dari data seismik secara lateral, terlihat adanya area yang berpotensi mengandung hidrokarbon karena memiliki *low frequency shadows*.

Kata kunci:

Dekomposisi spektral, S-Transform, *low frequency shadows*

## ABSTRACT

Name : Gadang Gentur Wihardy  
Study Program : Reservoir Geophysics  
Title : Spectral Decomposition Using S-Transform for  
Low Frequency Shadows Identification

Low frequency shadows is a unique feature which can be found in seismic data analysis. The existence of this anomaly is closely related to the existence of hydrocarbon reservoir, so it is usually considered as a direct hydrocarbon indicator. Low frequency shadows only visible at certain frequency (low frequency), so it will not be visible directly from a broadband seismic data.

Time-frequency decomposition or which is generally known as spectral decomposition gives information about the variation of frequency components from a signal through time. S-Transform is one of the spectral decomposition methods which can be used to analyze non-stationer signal. This method is an extension ideas of Continuous Wavelet Transform (CWT) which is based on a moving and scalable Gaussian window. S-Transform can provide frequency resolution for each time sample, and still maintain a connection with Fourier spectrum.

In this paper, S-Transform spectral decomposition is used to identify the existence of low frequency shadows from a 3D post-stack seismic data. Based on the analysis result, it is proven that the existence of low frequency shadows indeed related to the existence of hydrocarbon reservoir. By analyzing the distribution of the frequency map laterally, it is shown that there is an area, which potentially contains hydrocarbon as indicated by low frequency shadows anomaly.

Key words:

Spectral decomposition, S-Transform, low frequency shadows

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	x
<b>1. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Penelitian	3
1.5. Sistematika Penulisan	4
<b>2. DEKOMPOSISI SPEKTRAL</b>	<b>5</b>
2.1. Metode Dekomposisi Spektral	5
2.2. S-Transform	6
2.3. Dekomposisi Spektral Berbasis S-Transform	12
2.4. Dekomposisi Spektral dan <i>Low Frequency Shadows</i>	14
<b>3. PENGOLAHAN DATA</b>	<b>17</b>
3.1. Aplikasi Pada Data Sintetik	17
3.2. Aplikasi Pada Data Lapangan	21
3.3. Perangkat Lunak yang Digunakan	28
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>29</b>
4.1 Analisis Pada Penampang Seismik	29
4.2 Analisis Pada Horizon <i>Slice</i>	31
4.3 Analisis Area Potensi Target	33
<b>5. KESIMPULAN</b>	<b>39</b>
<b>DAFTAR ACUAN</b>	<b>40</b>

## DAFTAR GAMBAR

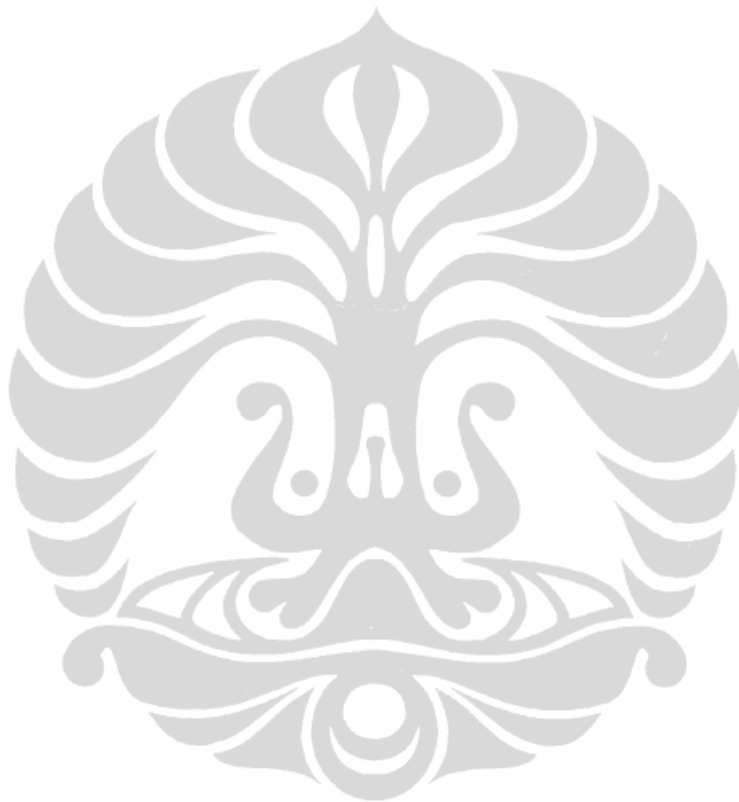
- Gambar 2.1. Diagram alir komputasi S-Transform untuk sinyal 1D
- Gambar 2.2. Ilustrasi hubungan S-Transform dengan spektrum Fourier
- Gambar 2.3. S-Transform dari sinyal sintetik yang mengandung frekuensi yang bervariasi (0.05 Hz, 0.2 Hz, 0.4 Hz)
- Gambar 2.4. S-Transform pada sinyal chirp *up-sweep*
- Gambar 2.5. Fourier transform pada sinyal *cross-chirp*
- Gambar 2.6. S-Transform pada sinyal *cross-chirp*
- Gambar 2.7. Ilustrasi dekomposisi spektral dan *iso frequency* data 1D
- Gambar 2.8. Ilustrasi dekomposisi spektral dan *iso frequency* data 3D
- Gambar 2.9. *Low frequency shadows* (panah kuning) pada sebuah penampang seismik yang dihasilkan oleh dekomposisi spektral berbasis TFCWT pada frekuensi 20 Hz
- Gambar 2.10. Diagram alir proses dekomposisi spektral berbasis S-Transform untuk identifikasi *low frequency shadows*
- Gambar 3.1. Model sintetik membaji (*wedge*), *gas sand* berwarna kuning dan *shale* berwarna hijau
- Gambar 3.2. Model seismik membaji, *zero phase* wavelet dengan frekuensi dominan 15 Hz
- Gambar 3.3. Ilustrasi konsep dekomposisi spektral untuk perhitungan ketebalan temporal
- Gambar 3.4. Analisis S-Transform dan penentuan ketebalan temporal
- Gambar 3.5. Model hasil prediksi menggunakan dekomposisi spektral berbasis S-Transform
- Gambar 3.6. Data seismik 3D yang digunakan di dalam penelitian
- Gambar 3.7. Horizon *slice* dari data seismik (horizon L1) dan posisi sumur P02

- Gambar 3.8. Horizon *slice* dari data seismik (horizon L6) dan posisi sumur P02
- Gambar 3.9. Penampang seismik (inline 306)
- Gambar 3.10. Penampang seismik (xline 282)
- Gambar 3.11. *Base map* posisi sumur
- Gambar 3.12. Data pendukung berupa *volume AI*
- Gambar 3.13. Analisis frekuensi rata-rata dari data seismik 3D
- Gambar 3.14. Ilustrasi dekomposisi spektral berbasis S-Transform dan *iso frequency* dari data 1D yang digunakan dalam penelitian
- Gambar 3.15. Ilustrasi dari *iso frequency cubes* yang dihasilkan oleh dekomposisi spektral berbasis S-Transform pada data 3D yang digunakan dalam penelitian
- Gambar 3.16. Ilustrasi ekstraksi horizon *slice* atau penampang dari *iso frequency cube*
- Gambar 4.1. Penampang inline pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan penampang impedansi akustik pada inline yang sama (tengah bawah).
- Gambar 4.2. Penampang xline 282 pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan penampang impedansi akustik pada xline yang sama (tengah bawah).
- Gambar 4.3. Horizon *slice* L1 pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan horizon *slice* L1 dari impedansi akustik (tengah bawah).
- Gambar 4.4. Horizon *slice* L1 +20 ms pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan horizon *slice* L1 +20 ms dari impedansi akustik (tengah bawah).
- Gambar 4.5. Penampang inline 292 pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan penampang impedansi akustik pada inline yang sama (tengah bawah).
- Gambar 4.6. Penampang xline 279 pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan penampang impedansi akustik pada xline yang sama (tengah bawah).



Gambar 4.7. Horizon *slice* L1 pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan horizon *slice* L1 dari impedansi akustik (tengah bawah).

Gambar 4.8. Horizon *slice* L1 +20 ms pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan horizon *slice* L1 +20 ms dari impedansi akustik (tengah bawah).



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada awal perkembangan teknologi *processing* dan interpretasi data seismik, para peneliti lebih cenderung untuk mengamati karakter reservoir atau perlapisan batuan berdasarkan atribut-atribut seismik yang dapat langsung diturunkan dari besarnya amplitudo dari data seismik. Namun seiring perkembangan teknologi dan semakin kompleksnya permasalahan reservoir, maka perhatian para interpreter mulai beralih kepada analisis data seismik pada segi informasi-informasi yang tersembunyi di dalam sinyal seismik. Salah satu contoh informasi yang tersembunyi di dalam sinyal seismik adalah informasi kandungan frekuensi. Karakteristik dari *event-event* geologi yang terkandung pada data seismik terkadang hanya dapat terpetakan pada kisaran frekuensi tertentu yang spesifik, yang tersembunyi di dalam keseluruhan sinyal seismik yang bersifat *broad band* dan non-stasioner. Maka berdasarkan sudut pandang inilah, diperlukan sebuah metode analisis yang dapat memberikan informasi spektral yang tersembunyi pada data seismik.

Analisis spektral dengan menggunakan Fourier transform adalah hal yang umum dilakukan pada analisis sinyal. Akan tetapi Fourier transform hanya menghasilkan spektrum rata-rata di sepanjang waktu, sehingga kelemahan utama dari Fourier transform terletak pada ketidakmampuannya memberikan informasi secara temporal. Data yang sama sekali berbeda (misal sinyal *chirp up-sweep* dan *down-sweep*) akan memiliki bentuk spektrum yang sama dari Fourier transform. Amplitudo spektrum keduanya identik, sehingga tidak diketahui kapan terjadi perbedaan frekuensi di sepanjang time. Fourier transform sangat ideal bila diterapkan pada sinyal stasioner, dimana karakteristik sinyal stasioner tidak berubah di sepanjang waktu. Namun seperti yang kita ketahui, sinyal stasioner adalah konsep matematis ideal yang jarang kita jumpai di lapangan. Karena keterbatasan inilah maka kemudian dikembangkan beberapa metode analisis *time-frequency* atau dekomposisi

spektral yang dapat memberikan informasi secara temporal dan frekuensi dari setiap detil yang terkandung di dalam sinyal, dimana dalam hal ini sinyal yang dimaksud adalah sinyal seismik. S-Transform merupakan salah satu metode yang diajukan untuk keperluan analisis *time-frequency* dari sebuah sinyal. Metode ini diperkenalkan pertama kali oleh Stockwell, Mansinha dan Lowe (1996) sebagai bentuk koreksi fasa dari metode CWT. S-Transform berbeda dengan metode analisis *time-frequency* lain karena S-Transform secara unik mampu mengkombinasikan resolusi yang progresif, informasi fasa absolut, respon amplitudo frekuensi yang konstan, dan berhubungan erat dengan Fourier transform melalui inversi S-Transform (Stockwell, n.d.).

Fenomena *low frequency shadows* merupakan fenomena unik yang terkadang dijumpai dalam analisis data seismik. Keberadaan fenomena ini terutama terkait dengan keberadaan hidrokarbon sehingga diperhitungkan sebagai *direct hydrocarbon indicator*. *Low frequency shadows* hanya dapat terlihat pada kisaran frekuensi tertentu, sehingga tidak akan terlihat langsung pada data seismik yang bersifat *broadband*. Karena karakteristik inilah, maka dekomposisi spektral sangat tepat bila diaplikasikan untuk mengidentifikasi kehadiran *low frequency shadows*.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, Castagna, Sun, dan Siegrid (2003) dan Sinha et al. (2005) telah memanfaatkan metode dekomposisi spektral berbasis TFCWT untuk mendeteksi fenomena ini. Sementara pada paper ini, penulis mencoba mengaplikasikan metode lain, yakni dekomposisi spektral berbasis S-Transform untuk mengidentifikasi kehadiran *low frequency shadows* pada data *post-stack* seismik 3D. Hasil dari dekomposisi spektral ini nantinya akan dikombinasikan dengan beberapa data pendukung yakni data produksi sumur serta volume impedansi akustik dari *volume of interest*.

## 1.2 Perumusan Masalah

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, perpaduan konsep analisis *time-frequency* S-Transform dan dekomposisi spektral dapat dimanfaatkan untuk

menganalisis karakteristik spektral dari data seismik 3D secara menyeluruh, efektif dan efisien. Untuk memperoleh hasil yang jelas dan spesifik, maka penelitian mengenai metode tersebut akan difokuskan pada masalah-masalah tertentu, yakni:

1. Bagaimana cara menerapkan dekomposisi spektral berbasis S-Transform ke dalam sebuah data seismik 3D, agar diperoleh informasi spektral secara menyeluruh (dalam domain waktu dan frekuensi)?
2. Interpretasi seperti apa yang bisa kita simpulkan dari karakteristik spektral yang dihasilkan oleh metode tersebut?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan batasan permasalahan yang telah disebutkan di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Merancang sebuah algoritme aplikasi dekomposisi spektral berbasis S-Transform kepada data seismik 3D.
2. Melakukan analisis dan interpretasi dari hasil analisis spektral yang diberikan oleh metode yang diajukan, dikaitkan dengan informasi pendukung berupa data produksi dari sumur dan volume impedansi akustik.

### 1.4 Batasan Penelitian

1. Data yang digunakan pada penelitian adalah sebuah *volume of interest* yang diambil dari data post-stack seismik 3D yang telah dimigrasi.
2. Metode dekomposisi spektral yang digunakan dalam proses analisis adalah metode S-Transform.
3. Analisis lebih bersifat kualitatif yang didasarkan pada informasi data produksi dari satu sumur (sumur P02) yang terletak pada area penelitian serta data nilai impedansi akustik dari *volume of interest*.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Bab I Pendahuluan, menjabarkan mengenai latar belakang dari penulisan karya ilmiah, rumusan masalah, tujuan penelitian serta batasan permasalahan yang akan dibahas di dalam karya tulis ini.

Pada Bab II Dekomposisi Spektral, penulis akan menjelaskan mengenai konsep dan perkembangan metode dekomposisi spektral. Selain itu, pada bagian ini juga akan dijelaskan secara khusus mengenai metode dekomposisi spektral S-Transform, aplikasi S-Transform dalam penelitian serta penjelasan umum mengenai *low frequency shadows*.

Bab III Pengolahan Data, membahas tentang aplikasi metode dekomposisi spektral berbasis S-Transform pada data sintetik, data lapangan, serta penjelasan mengenai perangkat lunak yang digunakan untuk keperluan penelitian ini.

Selanjutnya, Bab IV Hasil dan Pembahasan, penulis akan mengulas mengenai hasil dari pengolahan data lapangan dalam bentuk analisis penampang seismik, analisis horizon *slice*, serta analisis area potensi target.

Bab terakhir, Bab V Kesimpulan, berisi poin-poin kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pembahasan sebelumnya, serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

## BAB 2

### DEKOMPOSISI SPEKTRAL

#### 2.1 Metode Dekomposisi Spektral

Pada awal perkembangannya, *time-frequency decomposition* atau yang lebih umum disebut dekomposisi spektral, memanfaatkan konsep *Discrete Fourier Transform* (DFT) untuk keperluan *imaging* dan *mapping* dari ketebalan temporal lapisan maupun ketidakmenerusan *event-event* geologi dari sebuah data seismik 3D (Partyka, Gridley & Lopez, 1999). Dengan mengubah data seismik ke dalam domain frekuensi melalui DFT, maka amplitudo spektrum hasil transformasi menggambarkan variasi dari ketebalan temporal lapisan, sementara fasa spektrum akan mengindikasikan ketidakmenerusan *event-event* geologi. Metode ini dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi stratigrafi dari sebuah survey seismik 3D (seperti misalnya identifikasi *sand channel* maupun sistem *channel* yang kompleks). Akan tetapi pada praktiknya, dekomposisi spektral hanya bergerak pada sebuah *zone of interest* (volume) tertentu dari keseluruhan data. Artinya ruang analisis dekomposisi spektral hanya terbatas pada sebuah *window* tertentu dari volume seismik 3D.

Dalam perkembangan selanjutnya, dekomposisi spektral beralih kepada analisis peta *time-frequency* dari sebuah sinyal. Metode pemetaan *time-frequency* ini bersifat *non-unique*, sehingga terdapat beberapa metode yang telah dikembangkan untuk keperluan analisis sinyal. Beberapa metode yang cukup dikenal luas antara lain adalah Gabor Transform, atau dikenal juga sebagai *Short Time Fourier Transform* (STFT) dan *Continuous Wavelet Transform* (CWT). Masing-masing metode memiliki keunggulan dan kelemahan tertentu. STFT memiliki keterbatasan resolusi akibat penggunaan *window* yang konstan (*single resolution*). Sementara CWT mengatasi kelemahan Gabor Transform dalam hal resolusi, namun faktor skala yang digunakan di dalam CWT tidak berhubungan langsung dengan frekuensi. Karena itu CWT tidak bisa digunakan secara langsung untuk

memperoleh informasi spektra *time-frequency* yang sebenarnya (Han-Ming Gu & Stewart, 2006). Pada perkembangannya, permasalahan “*scale-frequency*” pada metode CWT teratasi melalui Fourier transform dari *inverse* CWT, sehingga dihasilkan peta *time-frequency* dari metode CWT. Metode ini kemudian dinamakan *Time Frequency Continuous Wavelet Transform* (TFCWT), yang dikembangkan oleh Sinha, et al. (2005).

Dalam dunia eksplorasi, metode dekomposisi spektral telah banyak dimanfaatkan untuk keperluan analisis data seismik. Antara lain seperti yang telah disebutkan sebelumnya, Partyka, Gridley dan Lopez (1999) pertama kali memanfaatkan konsep dekomposisi spektral untuk menganalisis *tunning effect* dan *tunning thickness* pada lapisan tipis (*thin bed*). Kemudian Ruthner, Moren dan Oliveira (2005) menggunakan metode S-Transform untuk deteksi sebuah sistem *channel* yang kompleks. Hal yang sama dilakukan pula oleh Liwanag, Zhang dan Mirotchnik (2006), yang mencoba membandingkan peta morfologi distribusi sebuah *sand channel* yang dihasilkan oleh metode STFT, TFCWT dan S-Transform. Sementara Castagna, Sun, dan Siegrfid (2003) dan Sinha et al. (2005) mengembangkan metode dekomposisi spektral berbasis TFCWT untuk mendeteksi fenomena *low frequency shadows*.

## 2.2 S-Transform

Konsep S-Transform diperkenalkan pertama kali oleh Stockwell, Mansinha dan Lowe (1996) sebagai salah satu metode untuk melokalisasi spektrum yang kompleks. Menurut Stockwell, S-Transform merupakan bentuk koreksi fasa dari metode *Continuous Wavelet Transform* (CWT). CWT,  $W(\tau, d)$ , dari sebuah fungsi  $h(t)$  dinyatakan sebagai:

$$W(\tau, d) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t)w(t - \tau, d)dt \quad (2.1)$$

Sementara S-Transform dari fungsi  $h(t)$  didefinisikan sebagai CWT dengan *wavelet* induk tertentu yang dikalikan dengan faktor fasa :

$$S(\tau, f) = e^{i2\pi f\tau} W(\tau, d) \quad (2.2)$$

dimana *wavelet* induk didefinisikan sebagai :

$$w(t, f) = \frac{|f|}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2 f^2}{2}} e^{-i2\pi ft} \quad (2.3)$$

Secara eksplisit S-Transform dinyatakan sebagai :

$$S(\tau, f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) \frac{|f|}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\tau-t)^2 f^2}{2}} e^{-i2\pi ft} dt \quad (2.4)$$

Untuk memudahkan perhitungan nilai S-Transform dari fungsi  $h(t)$  maka persamaan S-Transform dapat dituliskan sebagai berikut :

$$S(\tau, f) = \int_{-\infty}^{\infty} H(\alpha + f) e^{-\frac{2\pi^2 k^2}{f^2} \alpha^2} e^{i2\pi \alpha \tau} d\alpha \quad (2.5)$$

dimana  $H(\alpha)$  merupakan Fourier transform dari  $h(t)$ .

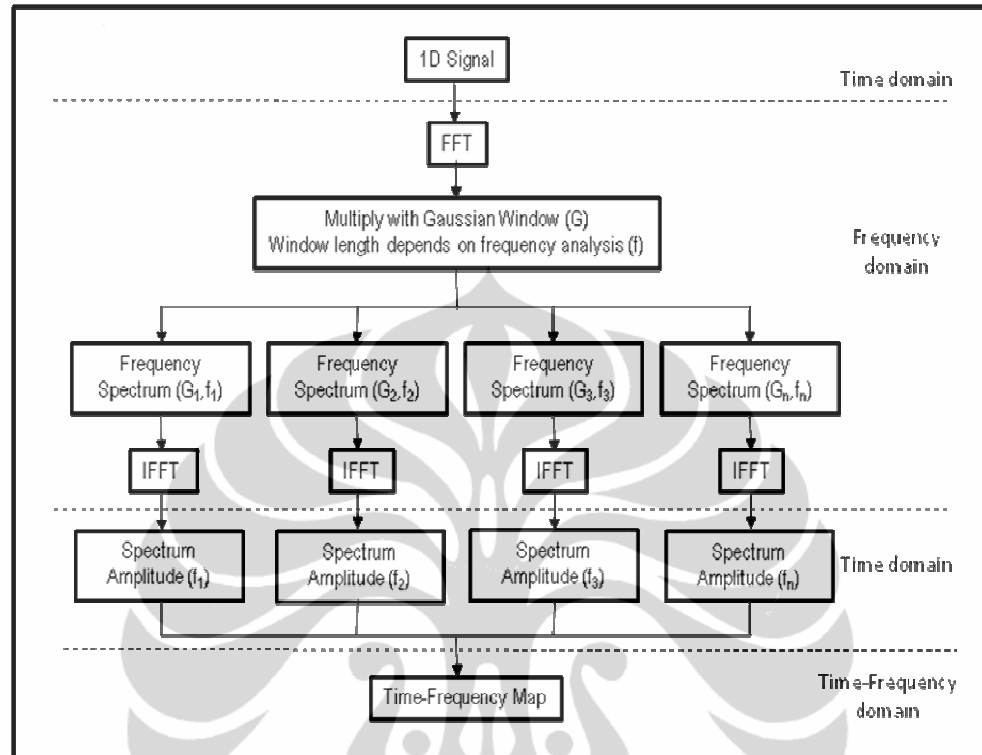
Persamaan diskrit analog diatas digunakan untuk menghitung S-Transform diskrit dengan memanfaatkan *Fast Fourier transform* (FFT) dan konsep konvolusi (gambar 2.1). S-Transform mampu memberikan gambaran mengenai spektrum sesaat (*Instantaneous Spectrum*) dari tiap-tiap partisi sinyal, sehingga pada akhirnya dihasilkan peta *time-frequency* untuk keseluruhan sinyal (gambar 2.2).

Solusi dekomposisi spektral yang dihasilkan oleh S-Transform sangat berhubungan erat dengan spektrum Fourier. Apabila hasil S-Transform diintegrasikan di sepanjang domain waktu maka akan dihasilkan spektrum frekuensi yang biasanya diperoleh melalui Fourier transform biasa. Hubungan inilah yang menyebabkan S-Transform unik dan berbeda dari metode analisis *time-frequency* lainnya.

$$\int_{-\infty}^{\infty} S(\tau, f) dt \tau = H(f) \quad (2.6)$$

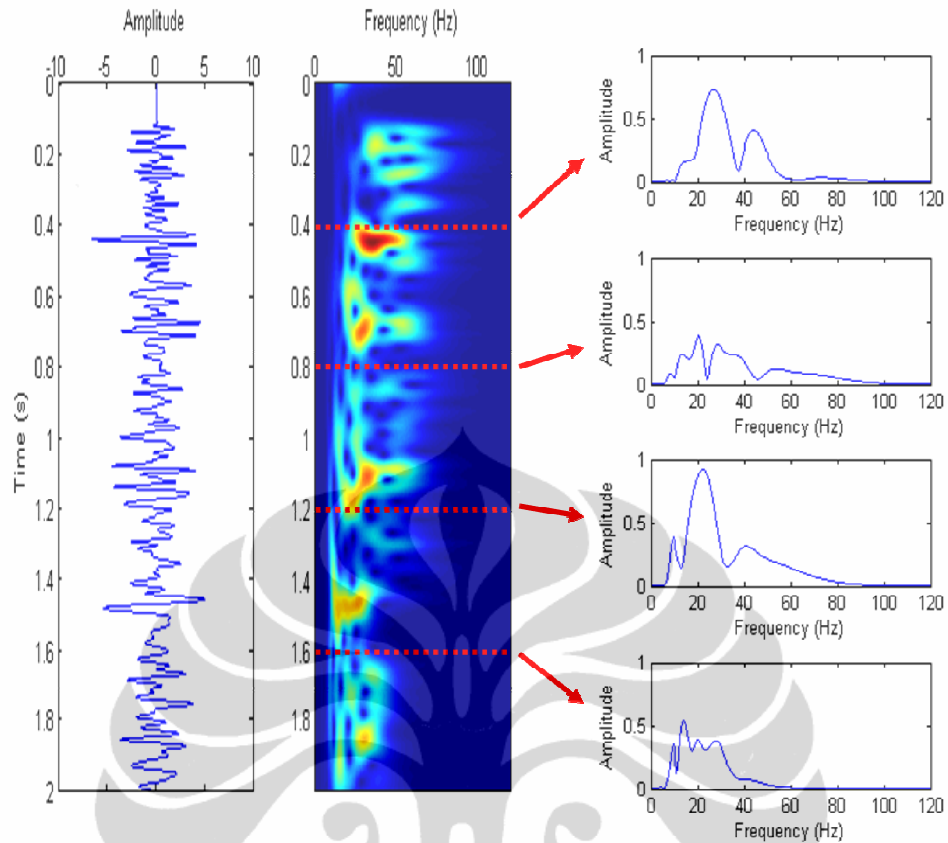


$$h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} S(\tau, f) d\tau \right\} e^{i2\pi ft} df \quad (2.7)$$



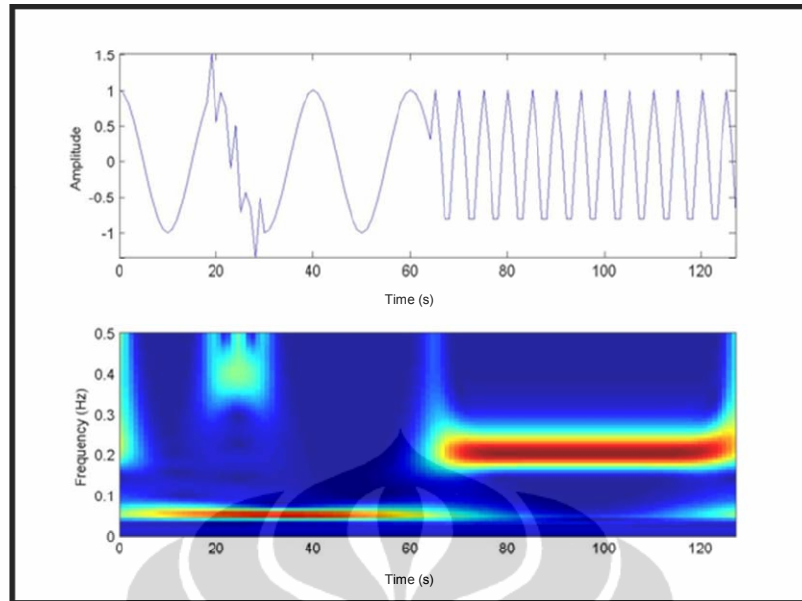
Gambar 2.1. Diagram alir komputasi S-Transform untuk sinyal 1D

S-Transform mengidentifikasi komponen riil dan imajiner dari spektrum secara independen, dan demikian pula dengan fasa dan amplitudo dari spektrum. Informasi fasa yang dihasilkan oleh S-Transform selalu mengacu pada time  $t = 0$ , sama seperti informasi fasa yang dihasilkan oleh Fourier transform. Hal ini berlaku untuk setiap sampel S-Transform di domain *time-frequency*. Dan juga, dengan adanya faktor normalisasi pada *window* Gaussian yang digunakan dalam perhitungan, menyebabkan amplitudo dari spektrum S-Transform memiliki makna yang sama dengan amplitudo spektrum yang dihasilkan oleh Fourier transform. Artinya, bila sebuah sinusoid memiliki amplitudo  $A_0$  maka spektrum S-Transform dari sinusoid tersebut juga memiliki amplitudo sebesar  $A_0$  (Stockwell, n.d.)

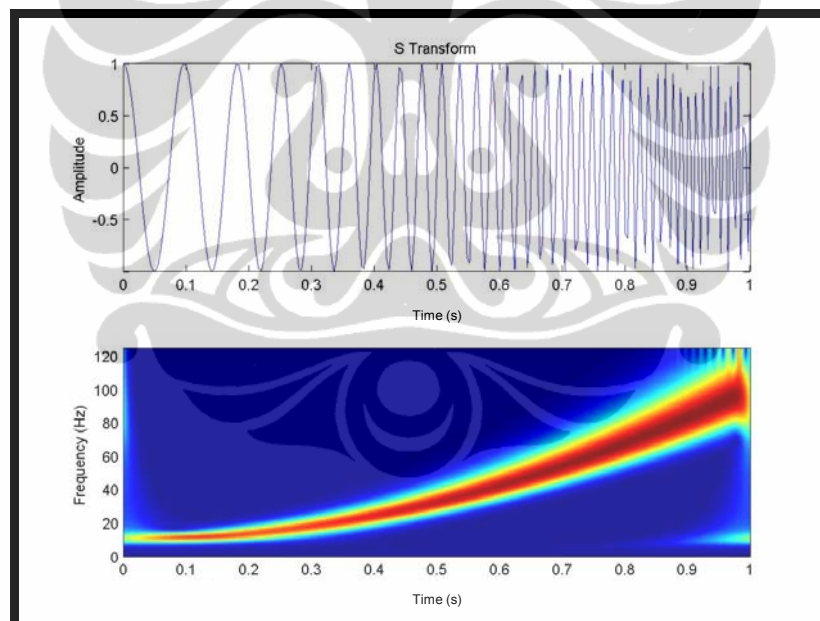


Gambar 2.2. Ilustrasi hubungan S-Transform dengan spektrum Fourier

Gambar 2.3 menunjukkan peta *time-frequency* S-Transform dari sebuah sinyal sintetik yang dibuat berdasarkan persamaan cosinus sederhana. Sinyal tersebut mengandung komponen-komponen frekuensi yang berbeda (0.05 Hz, 0.2 Hz dan 0.4 Hz), yang terletak pada posisi waktu tertentu pula. Tampak bahwa S-Transform mampu melokalisasi kehadiran dari komponen-komponen frekuensi tersebut di dalam domain waktu dan frekuensi.



Gambar 2.3. S-Transform dari sinyal sintetik yang mengandung frekuensi yang bervariasi (0.05 Hz, 0.2 Hz, 0.4 Hz)

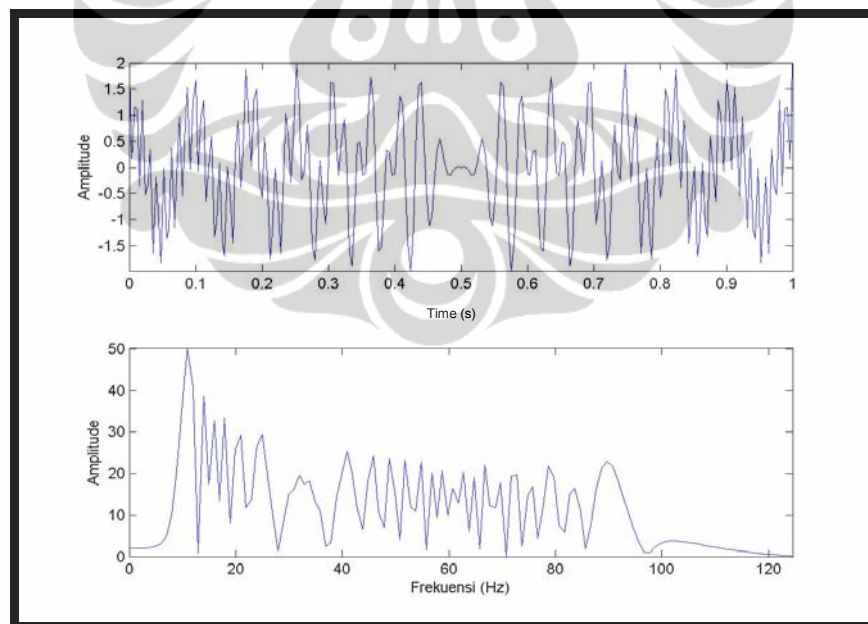


Gambar 2.4. S-Transform pada sinyal chirp *up-sweep*

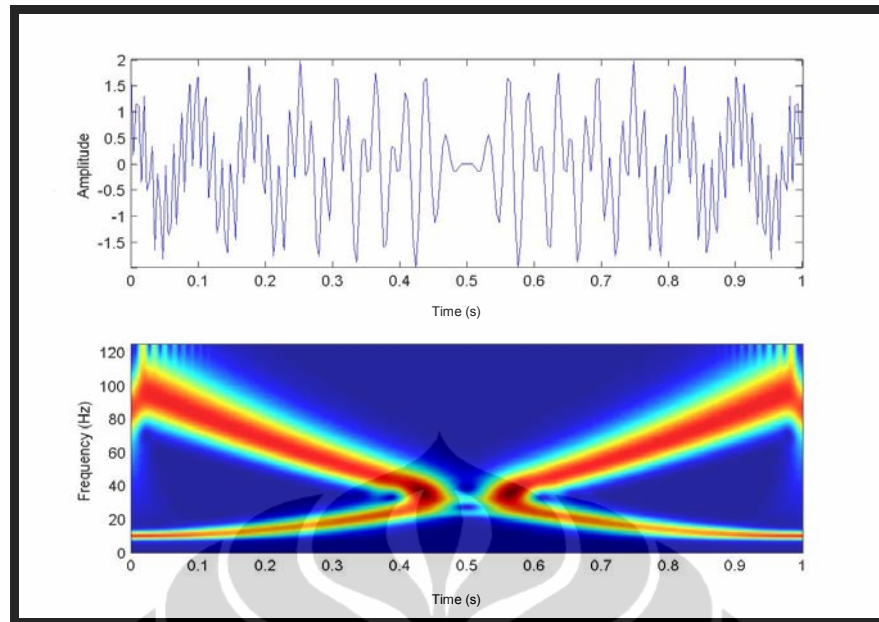
Contoh lain dari analisis spektral dengan menggunakan S-Transform ditunjukkan pada gambar 2.4. Pada contoh tersebut digunakan sinyal *chirp* yang mengalami *up-sweep*, dimulai dari frekuensi 10 Hz terus naik menuju frekuensi 100 Hz. Tampak bahwa peta *time-frequency* yang dihasilkan

S-Transform juga mampu melokalisasi dan memberikan indikasi kenaikan komponen frekuensi dari *up-sweep* tersebut (dari 10 Hz menuju 100 Hz).

Untuk melihat sejauh mana kemampuan S-Transform dalam penggunaannya untuk analisis spektral, sebuah sinyal *cross-chirp* digunakan sebagai contoh kasus. Sinyal *cross-chirp* dihasilkan dari penjumlahan sinyal *chirp up-sweep* dan *chirp down-sweep*. Untuk contoh ini, frekuensi *chirp up-sweep* dimulai dari 10 Hz sampai 100 Hz. Sementara frekuensi *chirp down-sweep* dimulai dari 100 Hz, turun sampai 10 Hz. Gambar 2.5 menunjukkan implementasi metode Fourier transform pada sinyal *cross-chirp*. Tampak bahwa Fourier transform tidak mampu menunjukkan indikasi keberadaan dua sinyal *chirp* (*up-sweep* dan *down-sweep*) yang saling terintegrasi tersebut. Berbeda halnya dengan Fourier transform, S-Transform mampu memberikan gambaran lebih jelas tentang keberadaan *chirp up-sweep* dan *chirp down-sweep* pada sinyal *cross-chirp* (gambar 2.6).



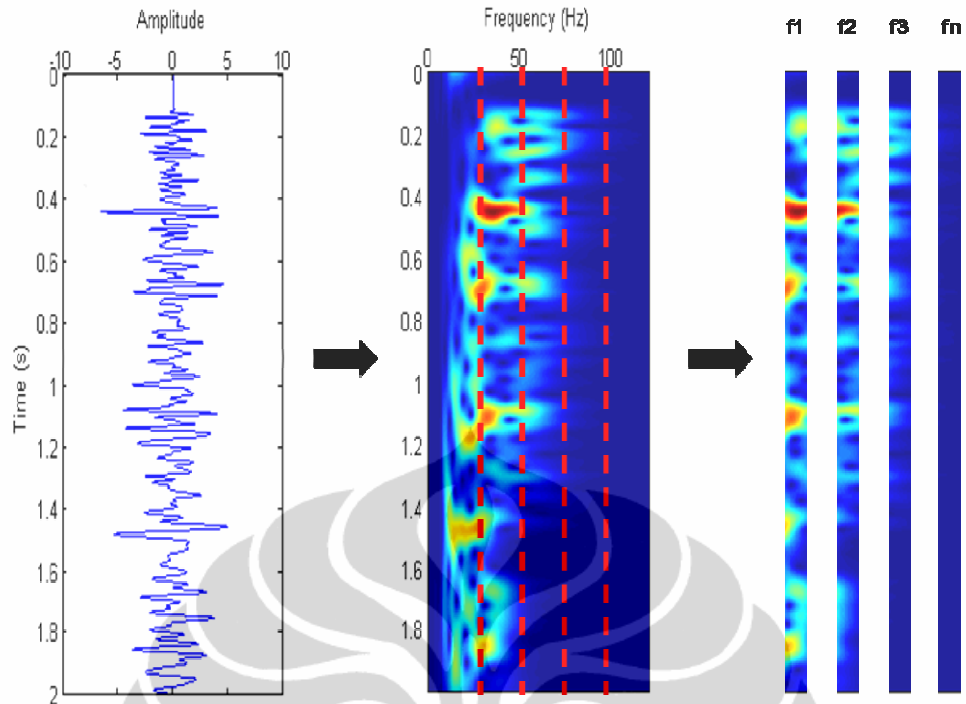
Gambar 2.5. Fourier transform pada sinyal *cross-chirp*



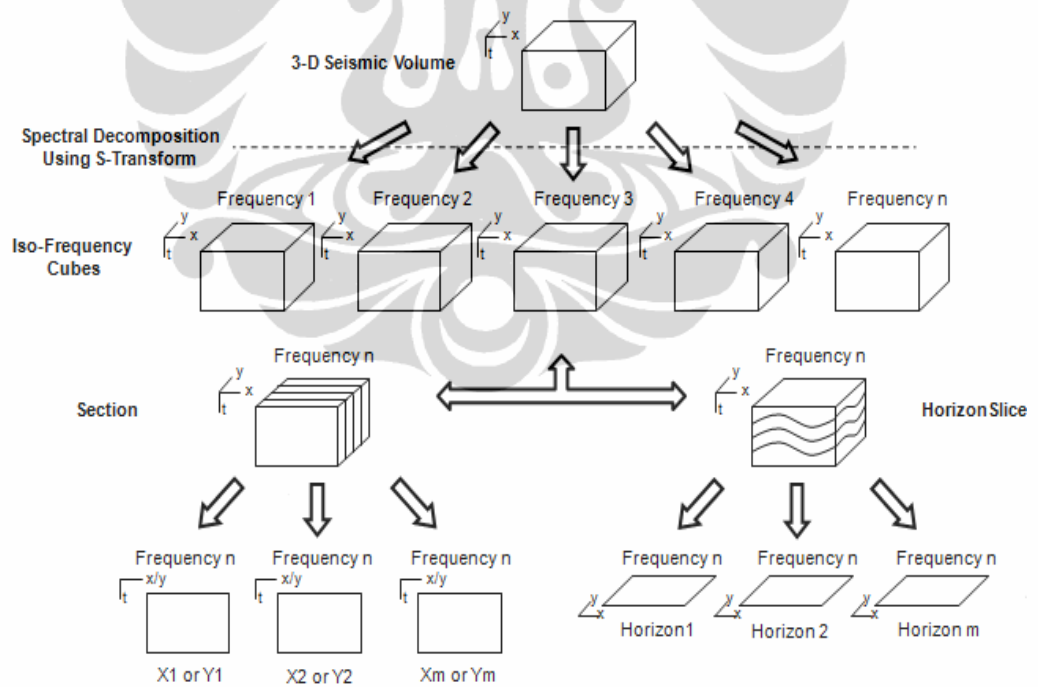
Gambar 2.6. S-Transform pada sinyal *cross-chirp*

### 2.3 Dekomposisi Spektral Berbasis S-Transform

Pada paper ini, metode dekomposisi spektral yang akan diterapkan pada data seismik didasarkan pada metode S-Transform. Pada prosesnya, sinyal seismik akan di dekomposisi ke dalam frekuensi-frekuensi tertentu melalui S-Transform. Sehingga bila diterapkan kepada data 3D maka akan diperoleh “*frequency gathers*” untuk setiap sinyal atau *trace*. “*Frequency gathers*” kemudian diurutkan berdasarkan nilai frekuensi, sehingga dari sebuah data 3D akan dihasilkan “*constant frequency cubes*” atau *iso frequency cubes* untuk setiap nilai frekuensi. Dari “*constant frequency cubes*” inilah kemudian *horizon slice*, *time slice*, penampang xline atau penampang inline akan dibuat. Gambar 2.8 menunjukkan ilustrasi dari keseluruhan proses yang dijelaskan di atas.



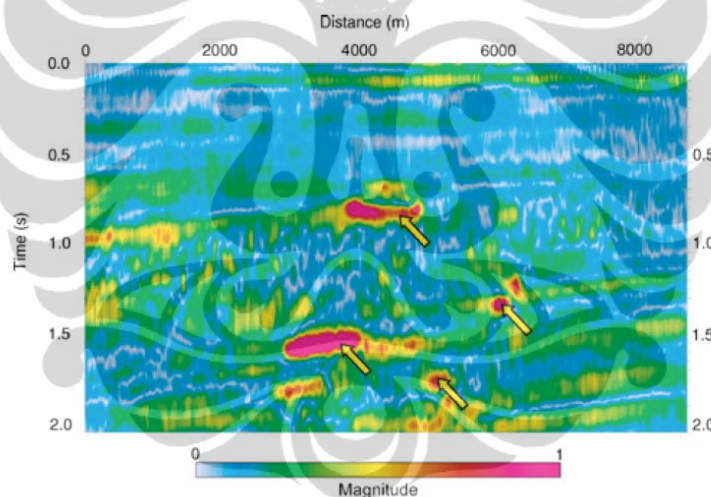
Gambar 2.7. Ilustrasi dekomposisi spektral dan *iso frequency* data 1D



Gambar 2.8. Ilustrasi dekomposisi spektral dan *iso frequency* data 3D

## 2.4 Dekomposisi Spektral dan *Low Frequency Shadows*

Fenomena *low frequency shadows* merupakan hal yang terkadang dijumpai dalam analisis data seismik. Keberadaan fenomena ini terutama terkait dengan keberadaan reservoir hidrokarbon (Mitchell, Derzhi & Lickman., 1997) sehingga kemudian diperhitungkan sebagai *direct hydrocarbon indicator*. Energi dari anomali *low frequency* tersebut dapat terkonsentrasi tepat pada level reservoir berada maupun pada level di bawahnya (Sinha et al., 2005). Anomali ini akan lebih terlihat atau teridentifikasi dari data seismik yang telah di dekomposisi ke dalam komponen-komponen spektral, daripada data seismik yang bersifat *broadband*. Amplitudo dari *low frequency shadows* akan tampak lebih kuat atau sama dengan amplitudo refleksi dari reservoir pada frekuensi rendah.



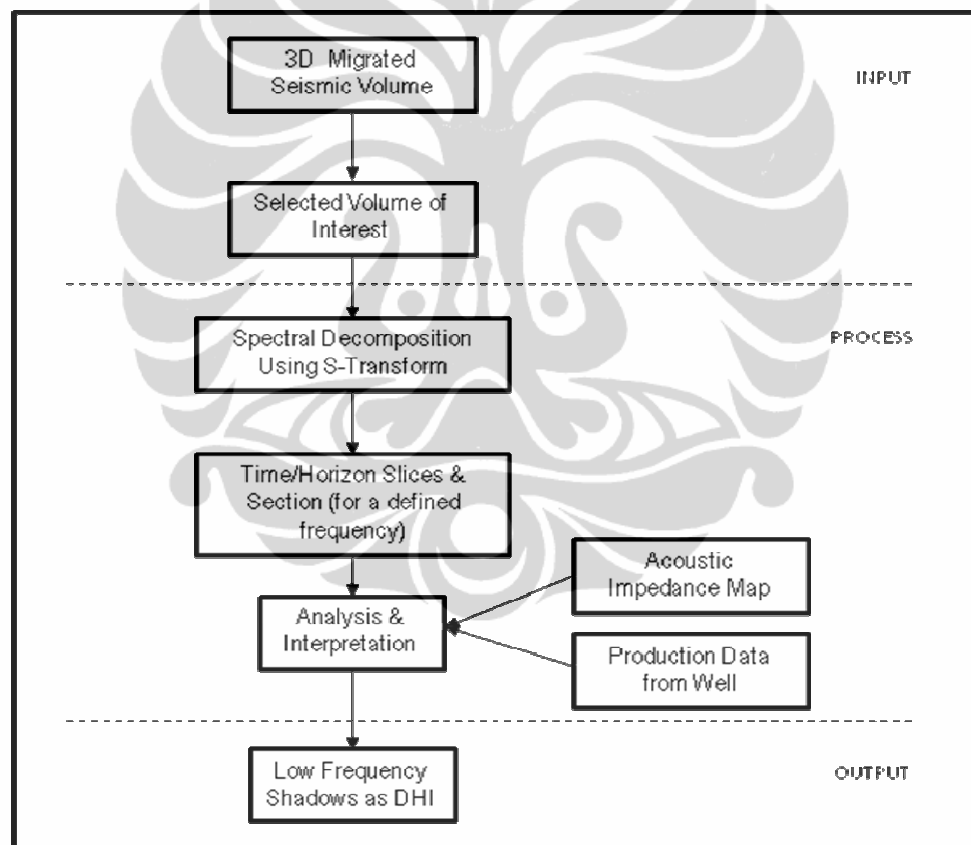
Gambar 2.9. *Low frequency shadows* (panah kuning) pada sebuah penampang seismik yang dihasilkan oleh dekomposisi spektral berbasis TFCWT pada frekuensi 20 Hz (Sinha et al., 2005)

Terdapat beberapa teori mengenai penyebab dari keberadaan *low frequency shadows* tersebut. Mitchell, Derzhi dan Lickman (1997) menyatakan bahwa *low frequency shadows* terjadi akibat atenuasi dari high frequency sinyal saat melintasi reservoir. Sementara pendapat lain menyatakan bahwa *low frequency shadows* tidak hanya dipengaruhi oleh atenuasi semata, karena atenuasi seharusnya hanya mengganggu komponen *high frequency* saja, tapi tidak memperkuat komponen *low frequency* seperti halnya yang terlihat



pada anomali *shadows* tersebut. Karena itu kemungkinan *low frequency shadows* yang muncul sudah diperkuat oleh proses fisis tertentu sesuai kondisi di lapangan maupun oleh proses numerikal pada saat *data processing* (Castagna, Sun & Siegrid, 2003).

Ebrom (2004) menyebutkan setidaknya ada 10 kemungkinan mekanisme yang dapat menimbulkan keberadaan *low frequency shadows* pada sebuah data seismik. Mekanisme-mekanisme tersebut secara umum dapat disebabkan karena proses *processing* data seismik, maupun disebabkan karakteristik dari reservoir itu sendiri.



Gambar 2.10. Diagram alir proses dekomposisi spektral berbasis S-Transform untuk identifikasi *low frequency shadows*

Pada penelitian ini, konsep dekomposisi spektral berbasis S-Transform yang telah dijelaskan pada sub-bab 2.3 akan dimanfaatkan untuk mengidentifikasi keberadaan *low frequency shadows* dari sebuah target area. Proses



identifikasi didasarkan pada analisis *iso frequency*, yakni dengan mengamati perubahan anomali yang muncul pada setiap *iso frequency cubes*. *Low frequency shadows* akan muncul pada komponen frekuensi rendah, lalu menghilang atau melemah pada komponen frekuensi tinggi. Hasil dari analisis selanjutnya akan dikombinasikan dengan data pendukung berupa data produksi dari sumur yang terletak di area penelitian, dan volume impedansi akustik dari zona target.



## BAB 3 PENGOLAHAN DATA

### 3.1 Aplikasi Pada Data Sintetik

Sebuah model geologi membaji (*wedge*) digunakan untuk menguji metode dekomposisi spektral berbasis S-Transform. Model membaji seringkali dikaitkan dengan *tunning effect* yang muncul pada bagian model yang menipis. Pada penelitian ini model berupa lapisan *gas sand* yang membaji, dibatasi oleh lapisan *shale* (gambar 3.1).



Gambar 3.1. Model sintetik membaji (*wedge*), *gas sand* berwarna kuning dan *shale* berwarna hijau.

Parameter fisik kedua lapisan tersebut adalah sebagai berikut :

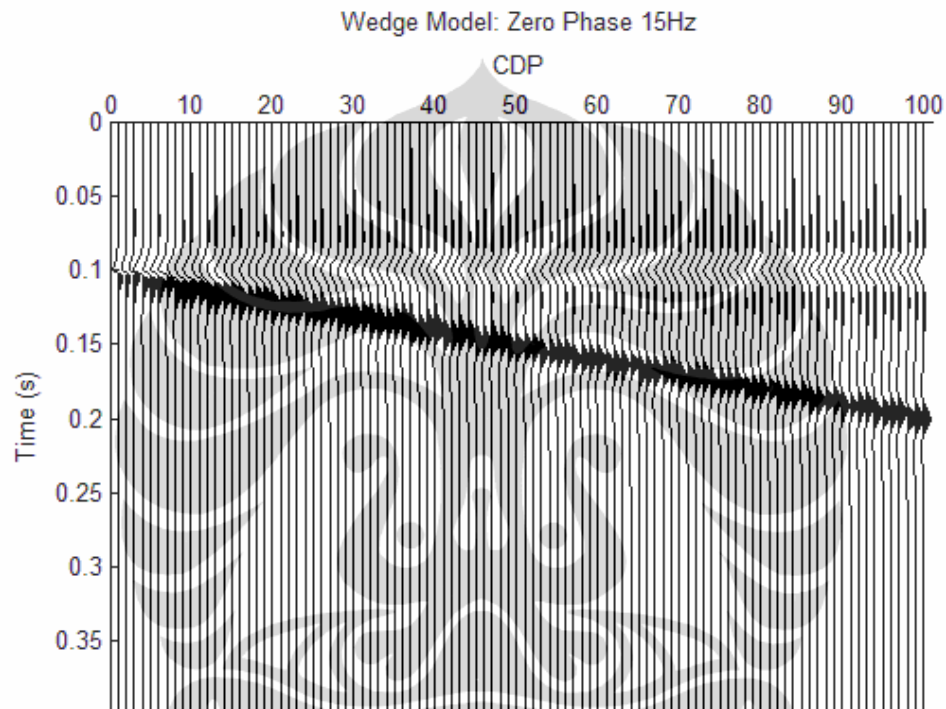
- *Gas sand* :  $V_p = 2000$  m/s,  $V_s = 1310$  m/s,  $\rho = 1.95$  g/cc,  $s = 0.12$
- *Shale* :  $V_p = 2250$  m/s,  $V_s = 1125$  m/s,  $\rho = 2.0$  g/cc,  $s = 0.33$

Dari parameter-parameter di atas, nilai  $V_p$  dan  $\rho$  akan digunakan untuk membuat nilai impedansi akustik (AI) dan koefisien refleksi (RC).

$$AI = V_p * \rho \quad (3.1)$$

$$RC = (AI_{i+1} - AI_i) / (AI_{i+1} + AI_i) \quad (3.2)$$

Masing-masing koefisien refleksi kemudian dikonvolusikan dengan sebuah wavelet *zero phase* dengan frekuensi dominan 15 Hz, sehingga kemudian diperoleh sebuah penampang seismik (gambar 3.2)

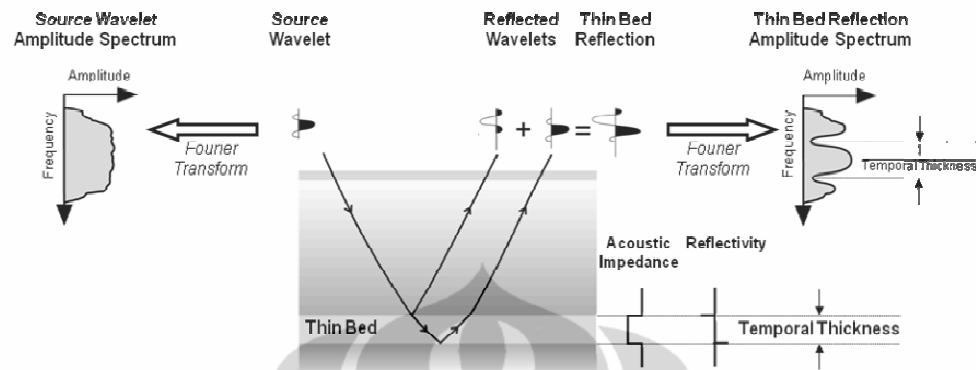


Gambar 3.2. Model seismik membaji, *zero phase* wavelet dengan frekuensi dominan 15 Hz

Pada uji coba ini, dekomposisi spektral akan digunakan untuk menentukan atau memetakan ketebalan lapisan dari model membaji. Dalam penerapannya, metode S-Transform akan dikombinasikan dengan metode dekomposisi spektral yang diajukan oleh Partyka, Gridley dan Lopez (1999). Dekomposisi spektral yang diajukan oleh Partyka didasarkan pada konsep *Discrete Fourier Transform* (DFT), dimana ketebalan temporal dapat dihitung sebagai fungsi dari interval frekuensi antar *notch* spektrum.

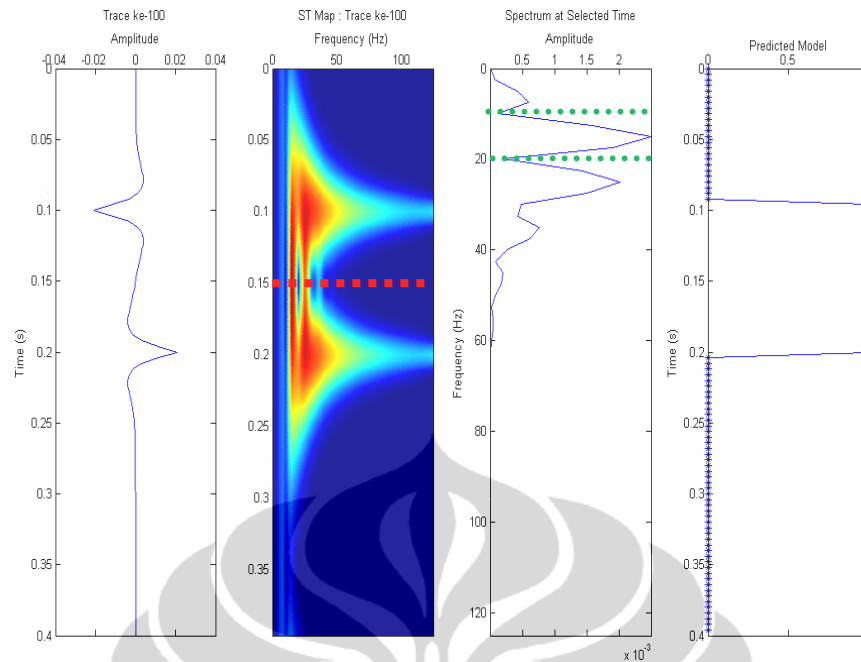
$$P_f = \frac{1}{t} \quad (3.3)$$

$P_f$  = periode dominan dari spektrum amplitudo dalam domain frekuensi  
 $t$  = ketebalan temporal (*temporal thickness*)



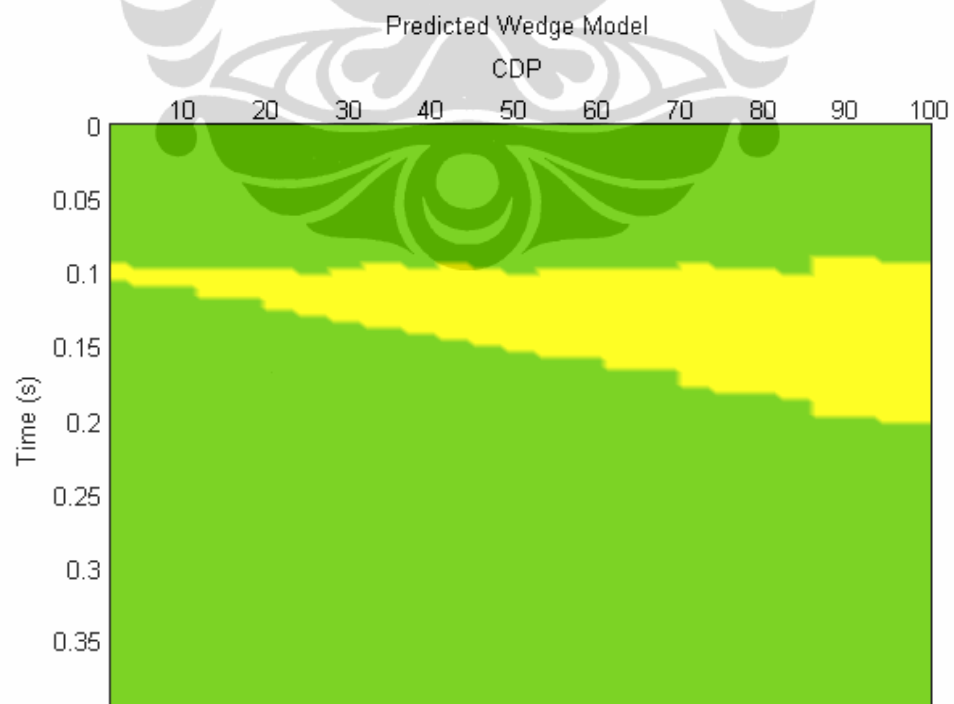
Gambar 3.3. Ilustrasi konsep dekomposisi spektral untuk perhitungan ketebalan temporal (Partyka et al., 1999)

Metode Partyka tersebut hanya dapat memberikan informasi tentang nilai dari ketebalan temporal sebuah lapisan, tapi tidak dapat memberikan solusi di mana lapisan tersebut tepat berada. Dengan memanfaatkan keunggulan S-Transform dalam hubungannya dengan spektrum Fourier, maka konsep dari Partyka tersebut dapat dikembangkan lebih jauh lagi. Peta *time-frequency* yang dihasilkan S-Transform akan memberikan informasi dimana anomali *tunning* terjadi dan bagaimana karakter dari spektrum pada anomali tersebut. Gambar 3.4 menunjukkan contoh aplikasi metode yang dijelaskan sebelumnya pada sebuah sampel sinyal yang diambil dari model seismik membaji. Berdasarkan peta *time-frequency* S-Transform terlihat bahwa anomali *tunning* (*high amplitude*) terjadi pada waktu 0.15 detik (garis putus-putus berwarna merah). Dengan menganalisis spektrum frekuensi yang ada pada waktu tersebut, diperoleh periode *notch* sebesar 10 Hz (periode antara dua garis putus-putus berwarna hijau). Sehingga dapat dihitung ketebalan temporal adalah sebesar 1/10 detik atau 0.1 detik. Dengan mengetahui waktu terjadinya *tunning* (0.15 detik) serta besar ketebalan temporal (0.1 detik), maka dapat ditampilkan plot prediksi dari ketebalan model (gambar paling kanan).



Gambar 3.4. Analisis S-Transform dan penentuan ketebalan temporal

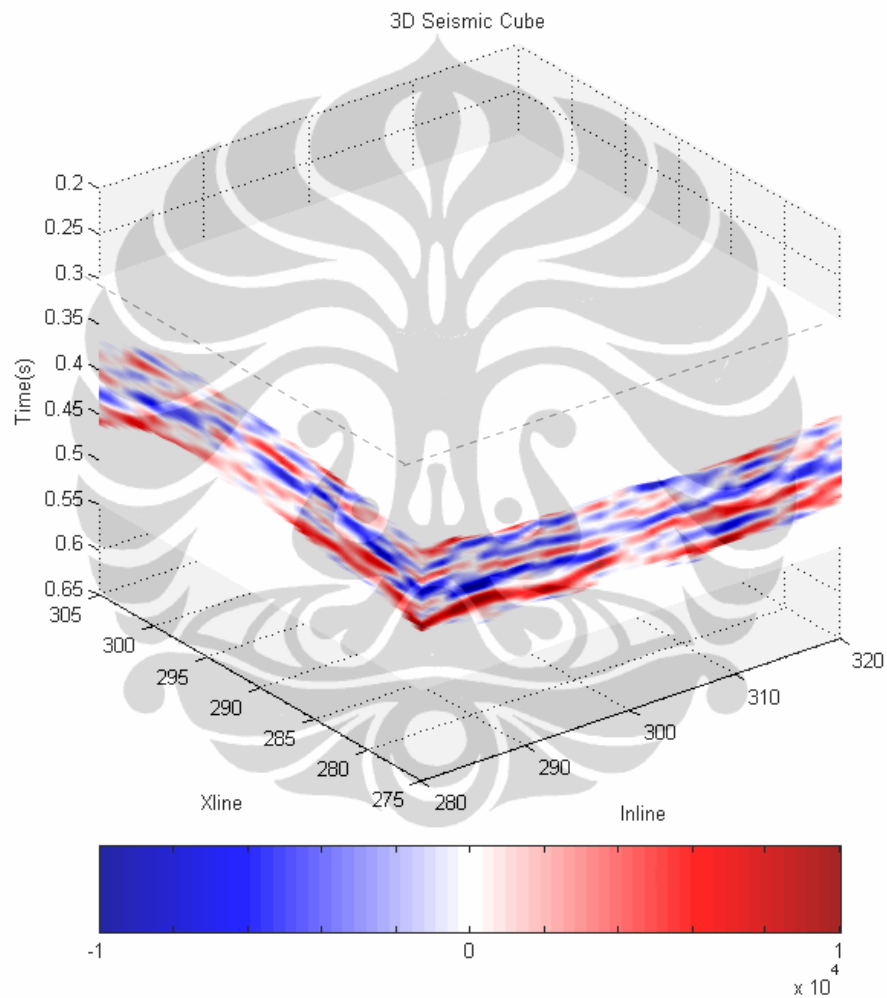
Jika konsep tersebut diterapkan ke semua *trace*, maka akan diperoleh model hasil prediksi secara keseluruhan dalam bentuk dua dimensi (*CDP vs time*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5.



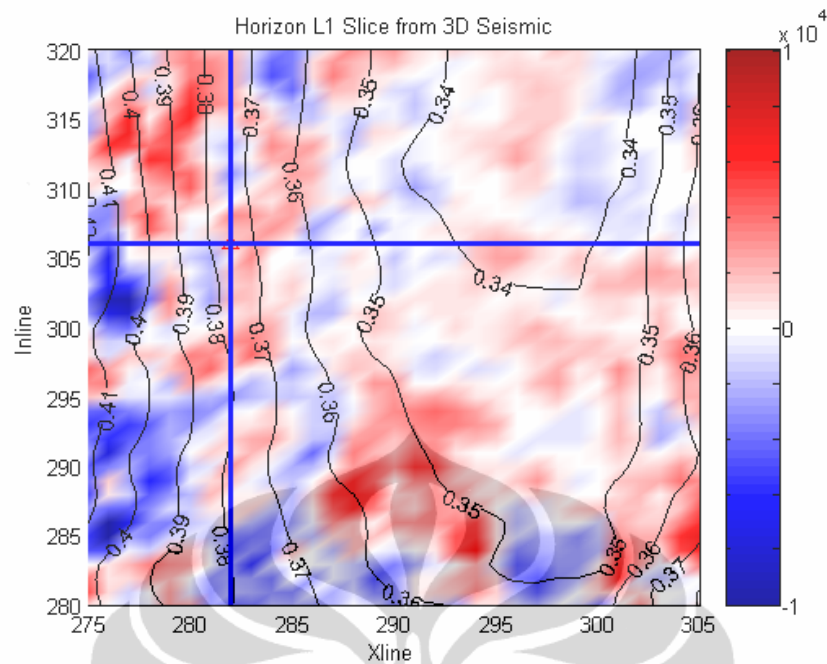
Gambar 3.5. Model hasil prediksi menggunakan dekomposisi spektral berbasis S-Transform

### 3.2 Aplikasi Pada Data Lapangan

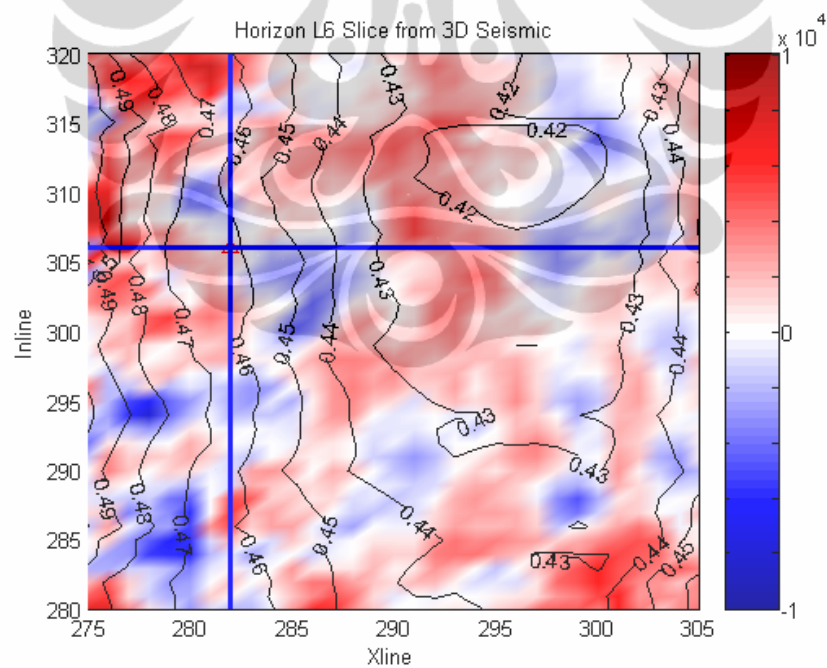
Pada penelitian ini digunakan data *post-stack* seismik 3D dari sebuah area yang terdiri dari 41 inline (280-320) dan 31 xline (275-305). Untuk efisiensi waktu komputasi, analisis dekomposisi spektral hanya difokuskan pada sebuah *volume of interest* yang dibatasi oleh dua horizon, yakni L1 (*top*) dan L6 (*base*).



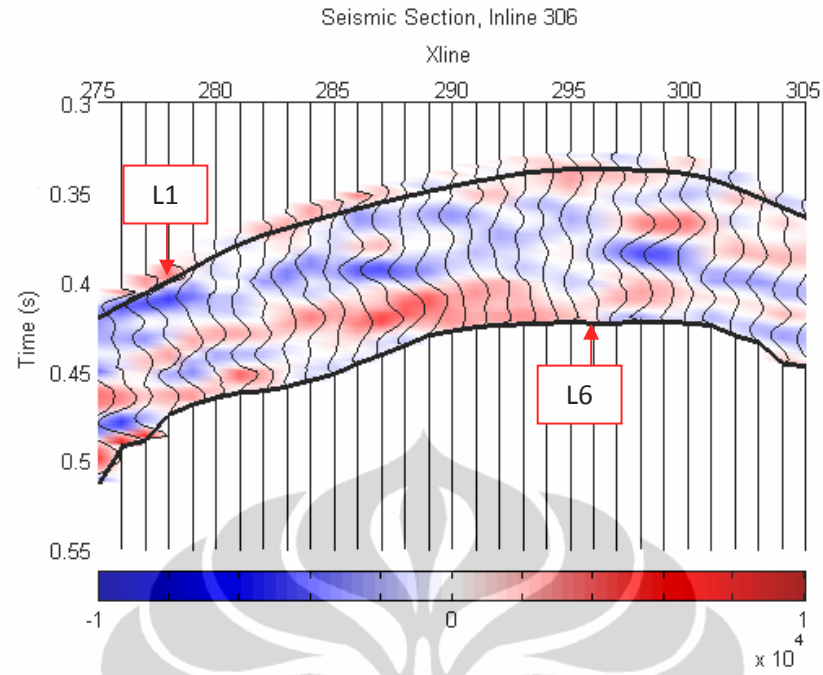
Gambar 3.6. Data seismik 3D yang digunakan di dalam penelitian



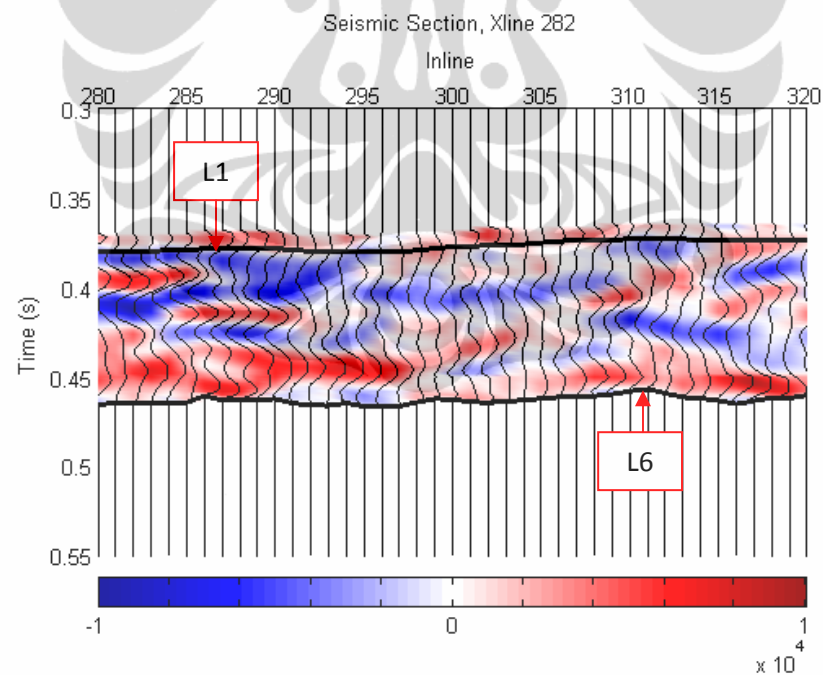
Gambar 3.7. Horizon *slice* dari data seismik (horizon L1) dan posisi sumur P02



Gambar 3.8. Horizon *slice* dari data seismik (horizon L6) dan posisi sumur P02



Gambar 3.9. Penampang seismik (inline 306)

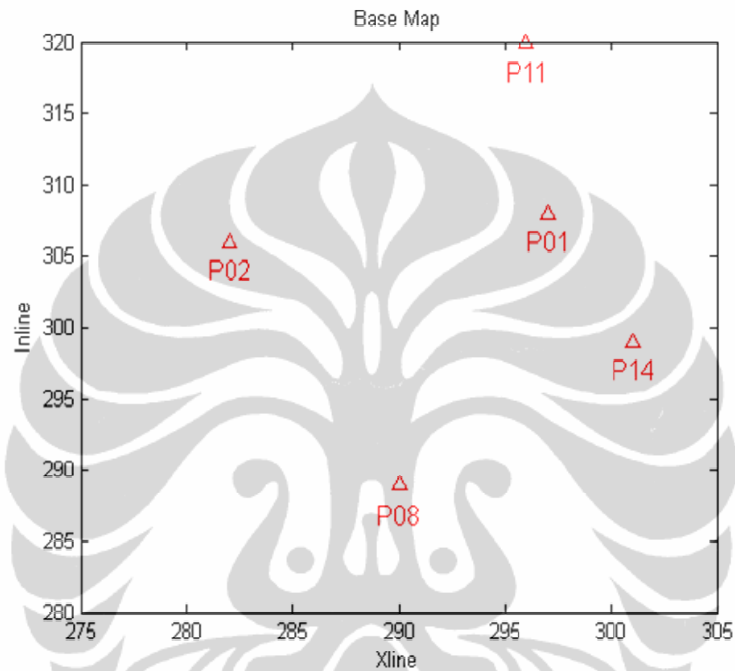


Gambar 3.10. Penampang seismik (xline 282)



Pada area penelitian juga terdapat beberapa data sumur, yakni:

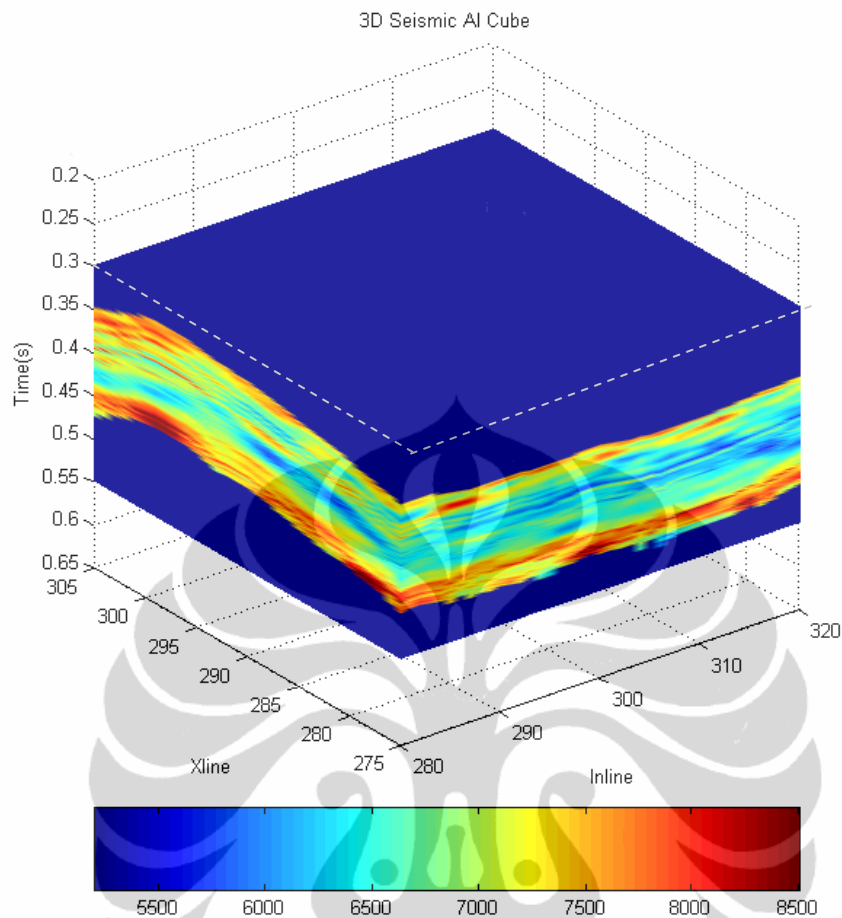
- Sumur P01 (xline 297, inline 308)
- Sumur P02 (xline 282, inline 306)
- Sumur P08 (xline 290, inline 289)
- Sumur P11 (xline 296, inline 320)
- Sumur P14 (xline 301, inline 299)



Gambar 3.11. Base map posisi sumur

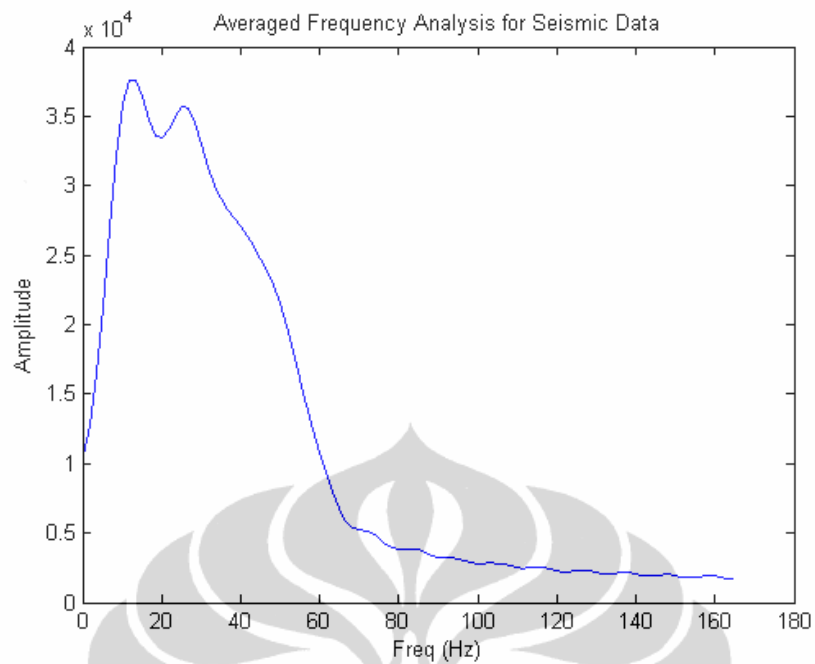
Diketahui sumur P02 telah berproduksi, dan reservoir yang terdapat pada sumur tersebut merupakan reservoir minyak.

Selain kedua data yang telah disebutkan di atas, terdapat satu data tambahan berupa volume impedansi akustik (*AI volume*), yang dihasilkan berdasarkan proses inversi yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya di area yang sama. Gambar 3.12 menunjukkan data AI yang nantinya dapat digunakan untuk membantu analisis hasil dekomposisi spektral dari segi karakterisasi litologi reservoir.

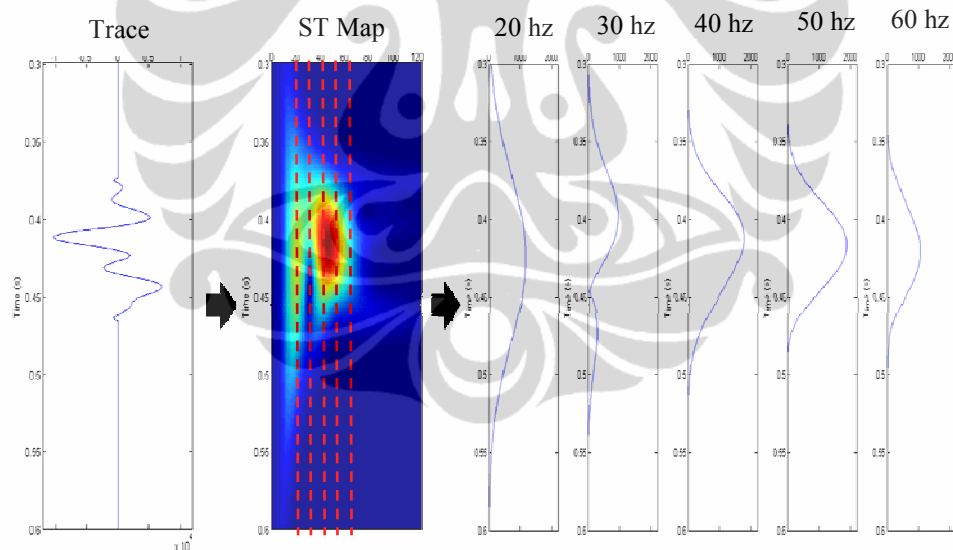


Gambar 3.12. Data pendukung berupa *volume AI*

Sebelum dekomposisi spektral berbasis S-Transform diaplikasikan kepada data seismik, perlu dilakukan analisis frekuensi terlebih dahulu untuk penentuan frekuensi dominan dari keseluruhan. Gambar 3.13 menunjukkan frekuensi rata-rata dari seluruh data seismik. Berdasarkan analisis frekuensi tersebut ditentukan bahwa frekuensi “tengah” dari data adalah 40 Hz. Sehingga frekuensi  $< 40$  Hz akan dikategorikan sebagai *low frequency* relatif, dan frekuensi  $> 40$  Hz akan dikategorikan sebagai *high frequency* relatif.



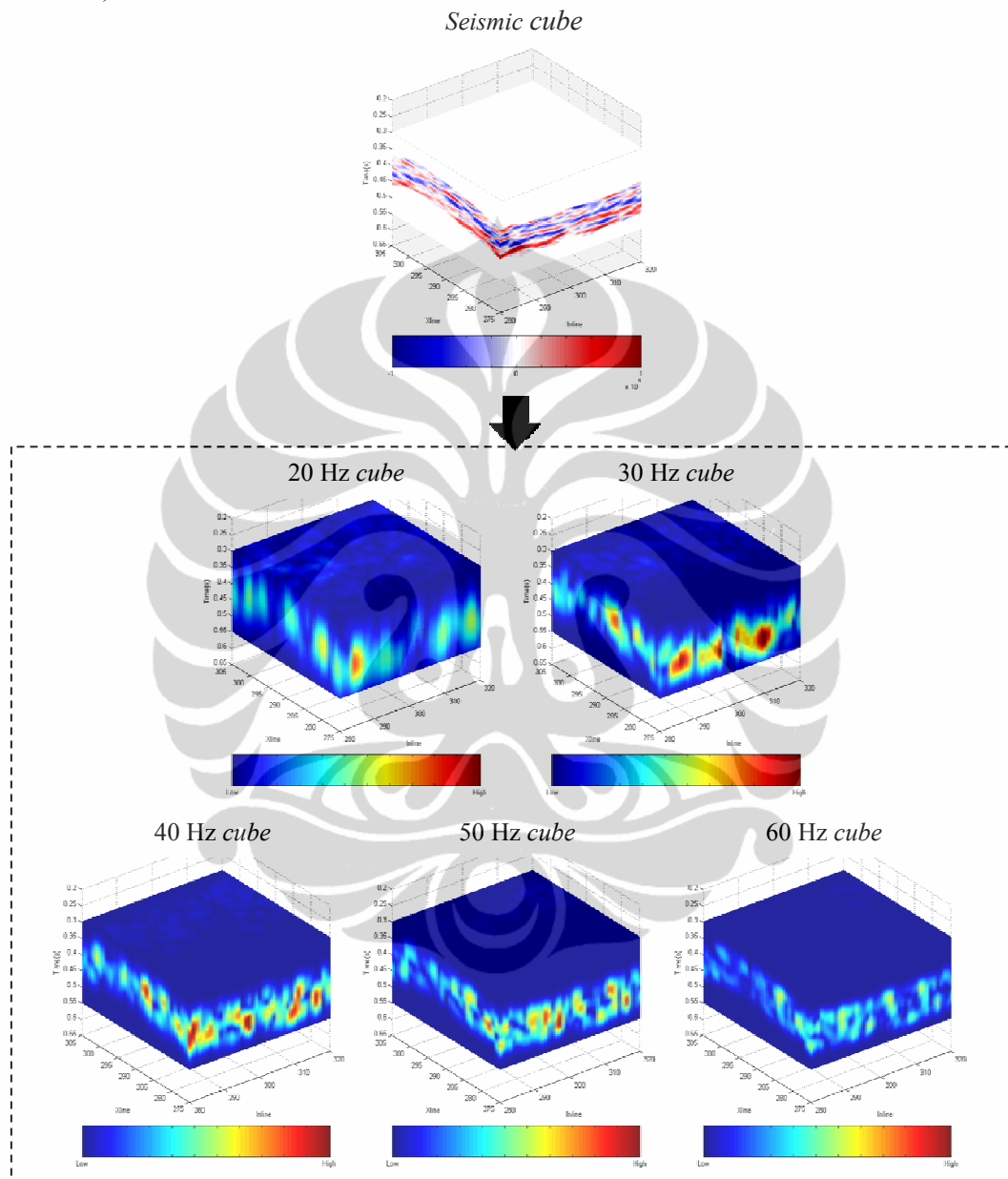
Gambar 3.13. Analisis frekuensi rata-rata dari data seismik 3D



Gambar 3.14. Ilustrasi dekomposisi spektral berbasis S-Transform dan *iso frequency* dari data 1D yang digunakan dalam penelitian

Analisis dekomposisi spektral berbasis S-Transform kemudian diterapkan kepada setiap *trace*. Untuk efisiensi waktu komputasi dan analisis hasil, maka penerapan metode ini hanya dibatas pada nilai-nilai frekuensi tertentu saja, yakni 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, 50 Hz dan 60 Hz. 20 Hz dan 30 Hz mewakili komponen *low frequency* relatif, sementara 50 Hz dan 60 Hz

mewakili komponen *high frequency* relatif. Dari setiap trace diambil “*frequency gathers*” untuk setiap nilai frekuensi yang telah disebutkan di atas. Proses ini diilustrasikan melalui gambar 3.14 (ilustrasi pada contoh *trace*).



Gambar 3.15. Ilustrasi dari *iso frequency cubes* yang dihasilkan oleh dekomposisi spektral berbasis S-Transform pada data 3D yang digunakan dalam penelitian

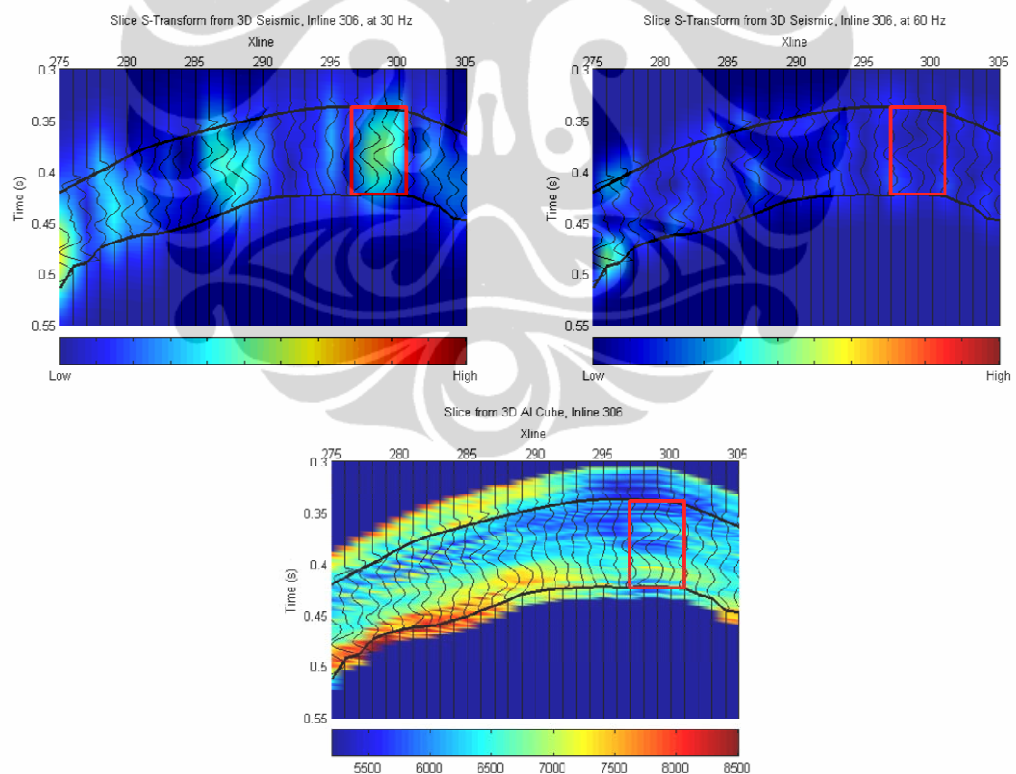
“*Frequency gathers*” dari setiap trace kemudian dikumpulkan dan diurutkan berdasarkan nilai frekuensi, sehingga dari sebuah data 3D akan dihasilkan



## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

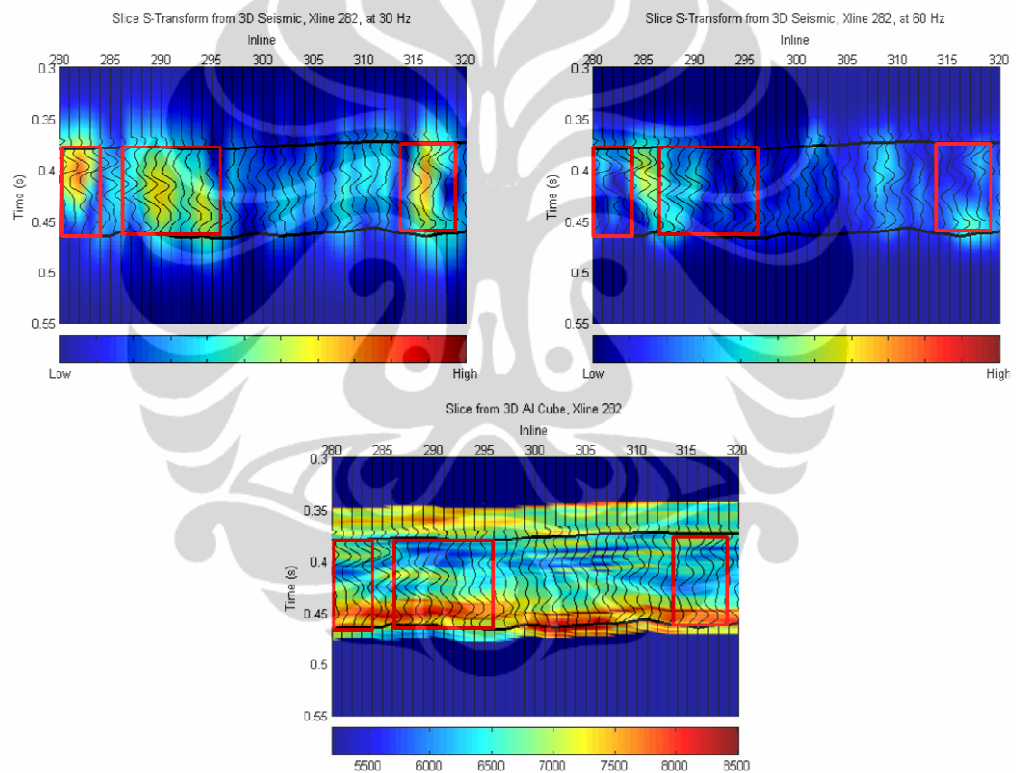
### 4.1 Analisis Pada Penampang Seismik

Berdasarkan volume-volume *iso frequency cubes* yang telah diperoleh dari penerapan metode dekomposisi spektral berbasis S-Transform, dibuat suatu penampang atau *section* dalam arah xline dan inline untuk memudahkan mengidentifikasi anomali. Nilai xline dan inline yang digunakan dalam analisis awal merupakan posisi xline dan inline dari sumur P02 (xline 282 dan inline 306), dimana sudah terbukti memproduksi hidrokarbon minyak. Berdasarkan hasil plot dari seluruh nilai frekuensi yang dianalisis, terlihat jika beberapa anomali muncul sangat dominan pada frekuensi 30 Hz namun sangat lemah atau menghilang pada frekuensi 60 Hz.



Gambar 4.1. Penampang inline 306 pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan penampang impedansi akustik pada inline yang sama (tengah bawah).

Gambar 4.1 menunjukkan penampang inline 306 pada frekuensi 30 Hz, 60 Hz, serta penampang nilai impedansi akustik pada inline yang sama. Tampak pada penampang tersebut terlihat anomali *high amplitude* pada area yang diberi kotak berwarna merah muncul pada penampang 30 Hz (kiri atas). Sementara pada area yang sama, namun pada frekuensi yang lebih tinggi yakni 60 Hz (kanan atas), anomali tersebut hilang atau amplitudonya tidak sebesar pada penampang 30 Hz. Jika dilihat dari penampang AI, anomali tersebut muncul pada daerah yang memiliki zonasi nilai impedansi akustik rendah (warna biru) dimana nilai AI < 6000 m/s\*g/cm<sup>3</sup>.



Gambar 4.2. Penampang xline 282 pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan penampang impedansi akustik pada xline yang sama (tengah bawah).

Demikian pula halnya yang terlihat pada penampang xline 282. Pada gambar 4.2, penampang xline 282 dengan frekuensi 30 Hz (kiri atas) terlihat beberapa anomali *high amplitude*, yang tidak terlihat/hilang pada frekuensi 60 Hz (kanan atas). Sama seperti halnya yang terlihat pada penampang

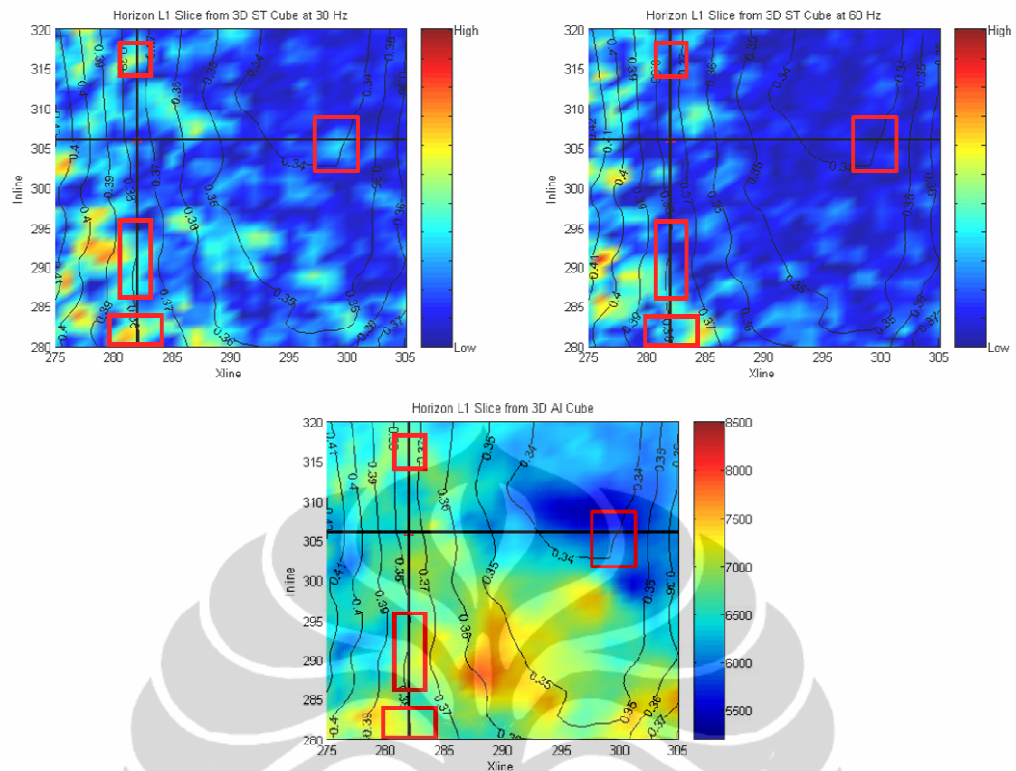
inline 306, daerah dimana anomali tersebut muncul juga terletak pada daerah yang memiliki zonasi dengan nilai AI rendah ( $< 6000 \text{ m/s} \cdot \text{g/cm}^3$ ).

Berdasarkan kedua gambar tersebut (gambar 4.1 dan gambar 4.2), keberadaan fenomena *low frequency shadows* jelas ditunjukkan melalui anomali *high amplitude* yang muncul pada frekuensi rendah (30 Hz) namun menghilang atau melemah pada frekuensi tinggi (60 Hz). Keberadaan *low frequency shadows* pada area-area tersebut juga berkorelasi dengan nilai impedansi akustik yang rendah. Nilai impedansi akustik yang rendah dapat mengindikasikan bahwa daerah yang memiliki anomali *low frequency shadows* memiliki porositas yang baik sebagai reservoir. Sehingga dengan adanya dua parameter ini yakni *low frequency shadows* sebagai *direct hydrocarbon indicator* dan nilai impedansi akustik yang rendah, dapat dikatakan daerah tempat terjadinya anomali (kotak merah) merupakan lokasi potensial dari reservoir yang mengandung hidrokarbon.

#### 4.2 Analisis Pada Horizon *Slice*

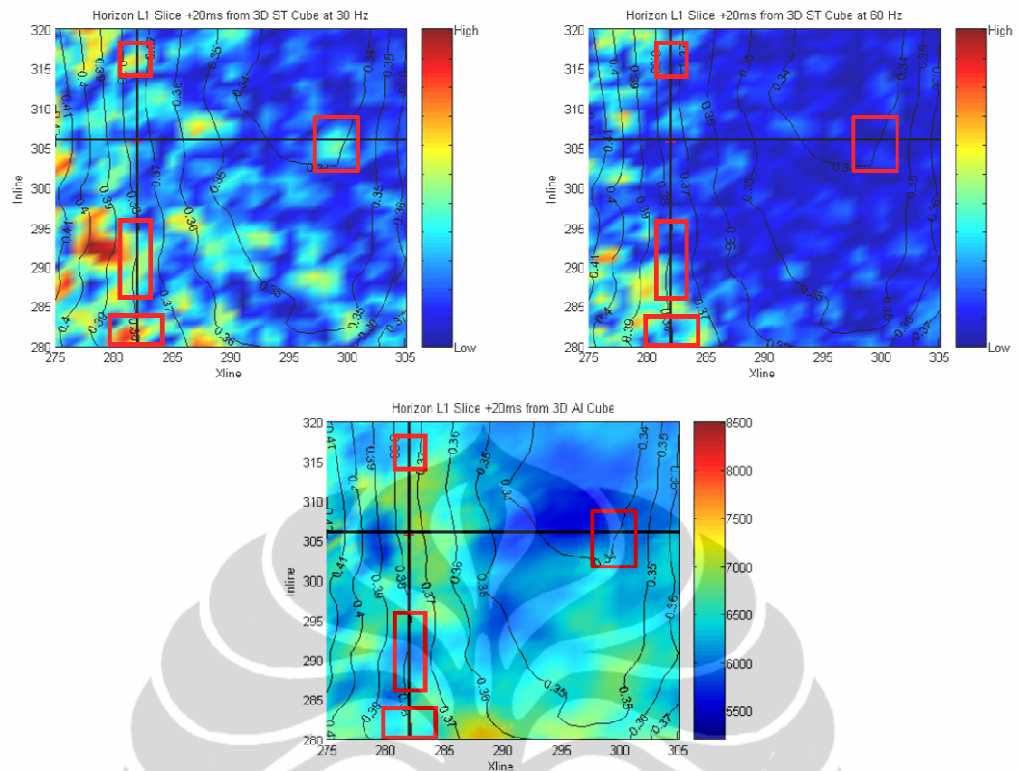
Untuk melihat sebaran anomali dalam arah X dan Y (xline dan inline), maka dibuat horizon *slice* pada horizon L1. Gambar 4.3 menunjukkan horizon *slice* pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), 60 Hz (kanan atas) dan horizon *slice* nilai impedansi akustik dari horizon L1. Kotak-kotak berwarna merah menunjukkan anomali-anomali seperti yang ditunjukkan pada penampang inline dan xline sebelumnya. Sama seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, anomali-anomali *high amplitude* muncul pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), namun kemudian menghilang pada frekuensi 60 Hz (kanan atas).





Gambar 4.3. Horizon *slice* L1 pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan horizon *slice* L1 dari impedansi akustik (tengah bawah).

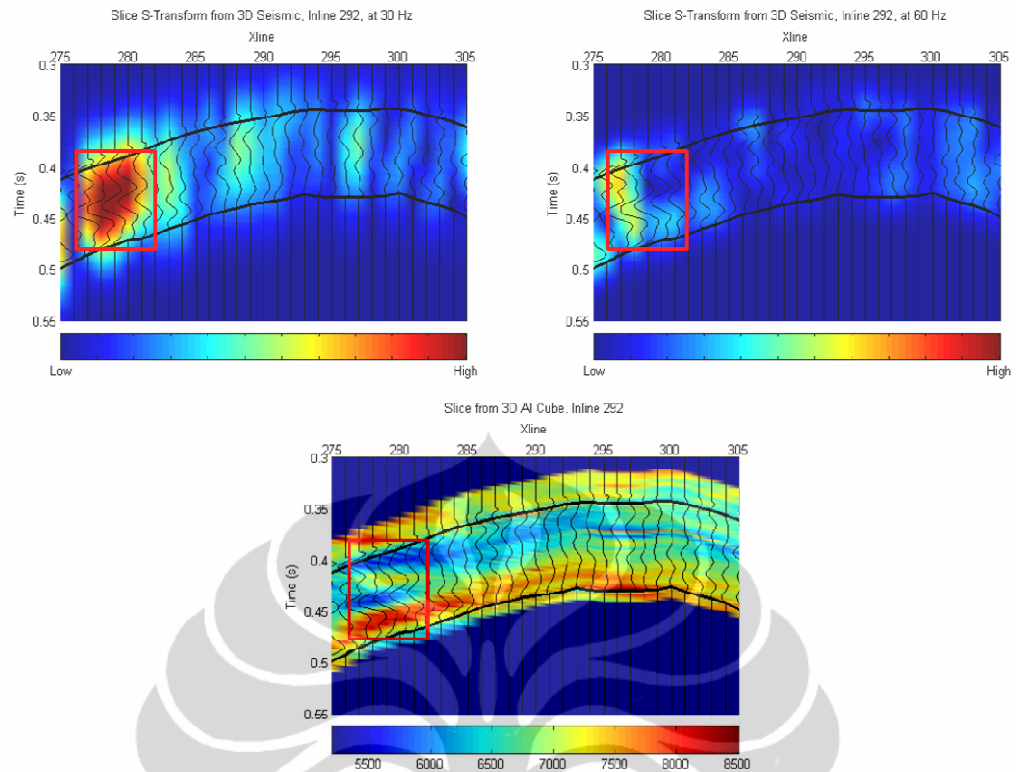
Gambar 4.4 menunjukkan horizon *slice* yang dibuat pada bagian bawah dari horizon L1, yakni horizon L1 +20 ms. Horizon *slice* L1 +20 ms ini dibuat untuk melihat karakter sebaran anomali di bawah batas atas reservoir. Dengan bantuan horizon *slice* L1 +20 ms, kita dapat melihat bahwa anomali *high amplitude* yang ada, memiliki amplitudo yang lebih besar pada area di bawah batas atas reservoir (horizon L1). Hal ini sesuai dengan salah satu konsep *low frequency shadows*, dimana pada beberapa kasus, anomali tampak lebih kuat pada level di bagian bawah reservoir yang mengandung hidrokarbon.



Gambar 4.4. Horizon *slice* L1 +20 ms pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan horizon *slice* L1 +20 ms dari impedansi akustik (tengah bawah).

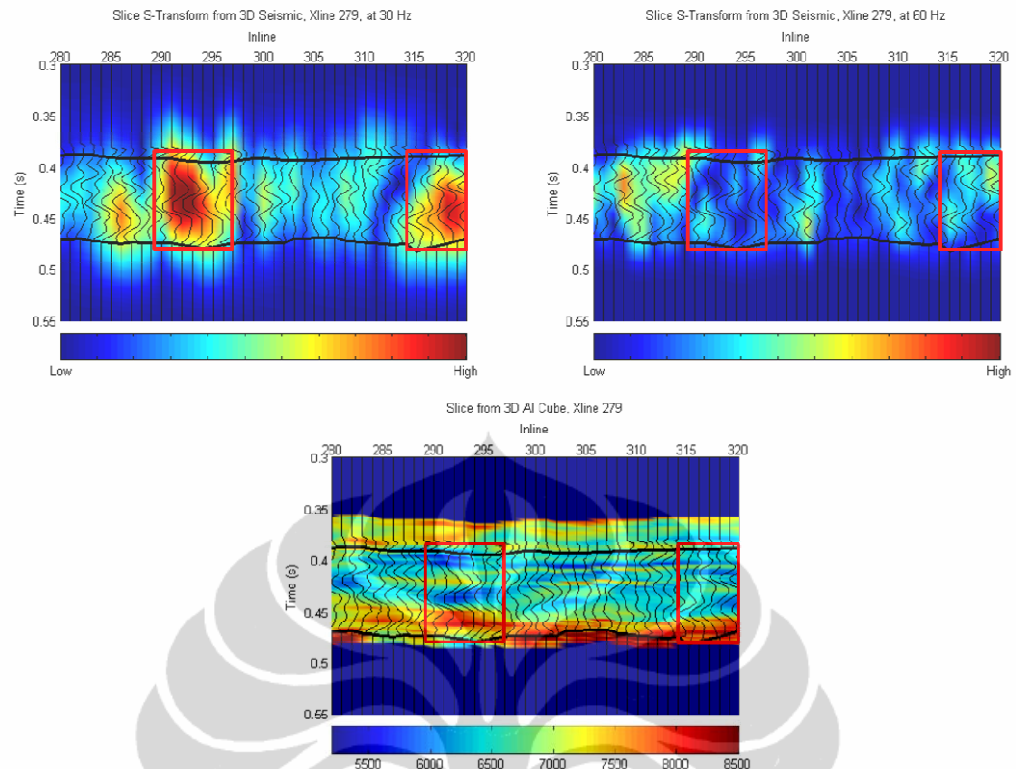
#### 4.3 Analisis Area Potensi Target

Berdasarkan beberapa peta horizon *slice* di atas (gambar 4.4), kita dapat melihat adanya area potensial lain yang terletak di luar posisi sumur P02, yang ditandai oleh keberadaan anomali *high amplitude* yang sangat kuat (gambar 4.4 kiri atas). Untuk melihat karakter anomali yang ada pada area potensial tersebut, maka dibuat penampang xline, penampang inline, horizon *slice* L1 dan horizon *slice* L1 +20 ms pada posisi xline 279 dan inline 292.



Gambar 4.5. Penampang inline 292 pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan penampang impedansi akustik pada inline yang sama (tengah bawah).

Gambar 4.5 menunjukkan penampang inline 292 pada frekuensi 30 Hz, 60 Hz, serta penampang nilai impedansi akustik. Tampak pada penampang tersebut terlihat anomali *high amplitude* pada area yang diberi kotak berwarna merah muncul sangat kuat pada penampang 30 Hz (kiri atas). Sementara pada area yang sama, namun pada frekuensi yang lebih tinggi yakni 60 Hz (kanan atas), anomali tersebut hilang atau amplitudonya tidak sebesar pada penampang 30 Hz. Jika dilihat dari penampang AI, anomali tersebut muncul pada daerah yang memiliki zonasi nilai impedansi akustik rendah (warna biru) dimana nilai AI  $< 6000 \text{ m/s} \cdot \text{g/cm}^3$ .

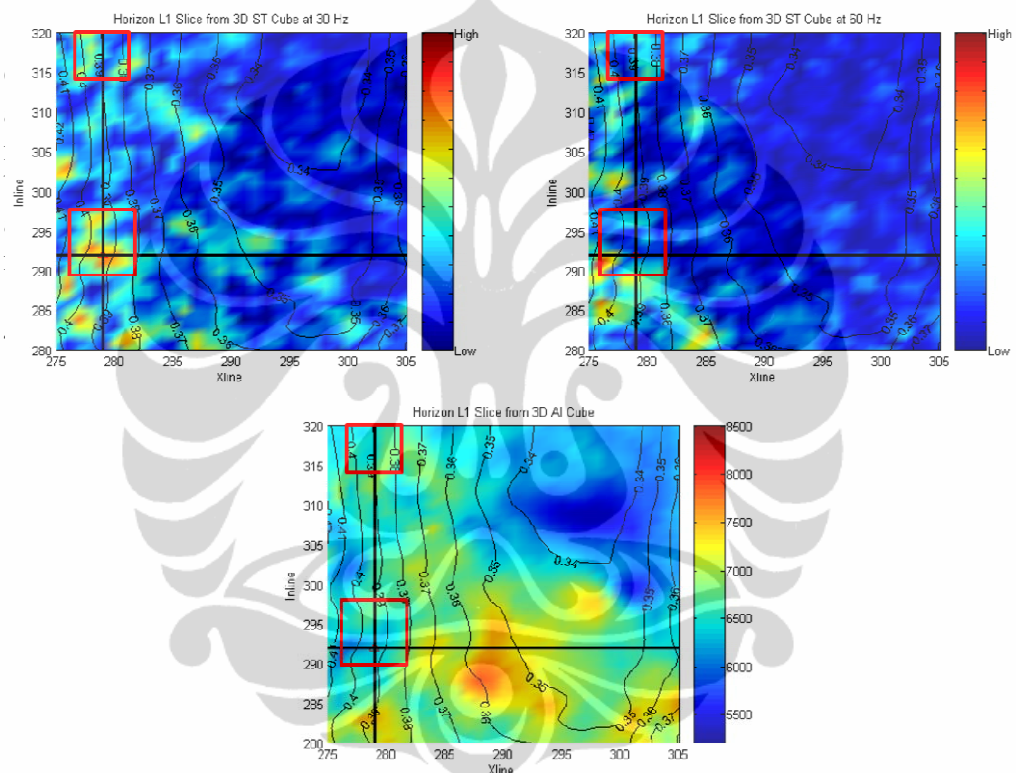


Gambar 4.6. Penampang xline 279 pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan penampang impedansi akustik pada xline yang sama (tengah bawah).

Pada gambar 4.6, penampang xline 279 dengan frekuensi 30 Hz (kiri atas) terlihat beberapa anomali *high amplitude* yang muncul dengan sangat jelas dan tegas, lalu kemudian tidak terlihat/hilang pada frekuensi 60 Hz (kanan atas). Sama seperti halnya yang terlihat pada penampang inline 292, daerah dimana anomali tersebut muncul juga terletak pada daerah yang memiliki zonasi dengan nilai AI rendah ( $< 6000 \text{ m/s} \cdot \text{g/cm}^3$ ).

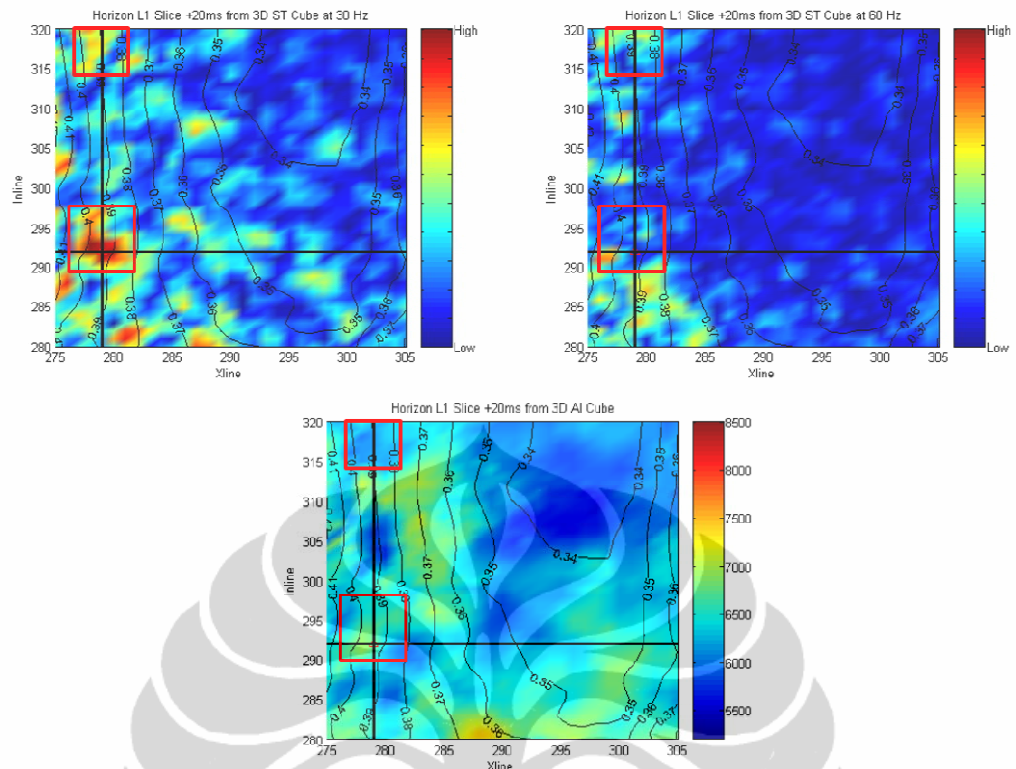
Berdasarkan kedua gambar tersebut (gambar 4.5 dan gambar 4.6), tampak bahwa keberadaan fenomena *low frequency shadows* terlihat jauh lebih jelas dan tegas daripada pada penampang inline dan xline sebelumnya (gambar 4.1 dan gambar 4.2). Fenomena *low frequency shadows* ditunjukkan melalui anomali *high amplitude* yang muncul pada frekuensi rendah (30 Hz) namun menghilang atau melemah pada frekuensi tinggi (60 Hz). Sama seperti kondisi yang terjadi pada penampang-penampang sebelumnya, keberadaan *low frequency shadows* pada area-area tersebut berkorelasi dengan nilai

impedansi akustik yang rendah (indikasi reservoir dengan porositas yang baik). Dengan keberadaan anomali *low frequency shadows* yang lebih jelas dan tegas, maka dengan didasarkan pada konsep *low frequency shadows* sebagai *direct hydrocarbon indicator*, dapat dikatakan dari seluruh area penelitian, daerah tempat terjadinya anomali (kotak merah) merupakan lokasi yang berpotensi tinggi dikategorikan sebagai reservoir yang mengandung hidrokarbon.



Gambar 4.7. Horizon *slice* L1 pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan horizon *slice* L1 dari impedansi akustik (tengah bawah).

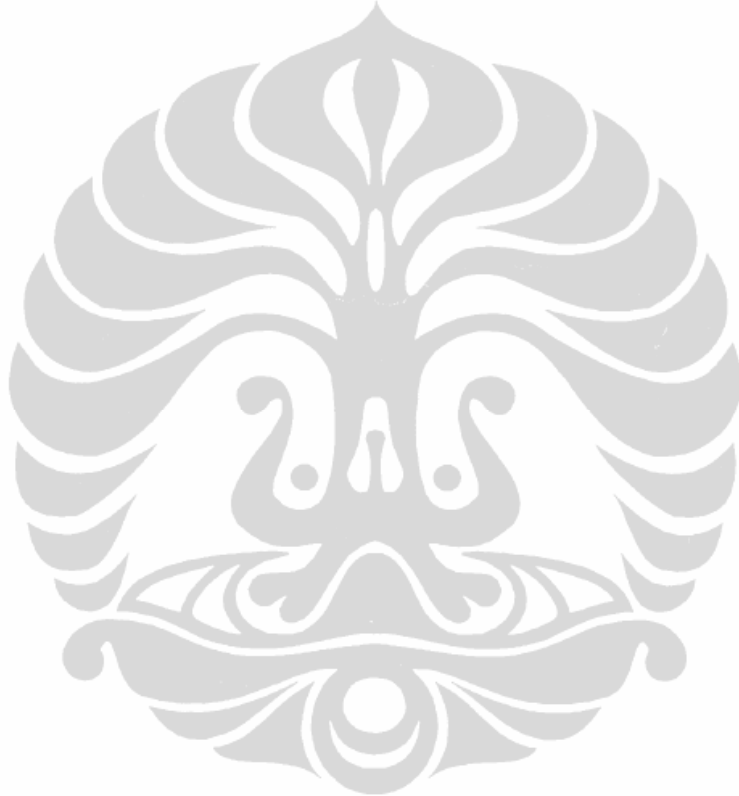




Gambar 4.8. Horizon *slice* L1 +20 ms pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), frekuensi 60 Hz (kanan atas) dan horizon *slice* L1 +20 ms dari impedansi akustik (tengah bawah).

Gambar 4.7 menunjukkan horizon *slice* pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), 60 Hz (kanan atas) dan horizon *slice* nilai impedansi akustik dari horizon L1. Sementara gambar 4.8 menunjukkan horizon *slice* yang dibuat pada bagian bawah dari horizon L1, yakni horizon L1 +20 ms. Kotak-kotak berwarna merah menunjukkan anomali-anomali seperti yang ditunjukkan pada penampang inline dan xline sebelumnya. Sama seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, anomali-anomali *high amplitude* muncul pada frekuensi 30 Hz (kiri atas), namun kemudian menghilang pada frekuensi 60 Hz (kanan atas). Tampak juga bahwa anomali *high amplitude* yang ada, memiliki amplitudo yang lebih besar pada area di bawah batas atas reservoir (horizon L1). Dari kedua gambar tersebut (gambar 4.7 dan gambar 4.8) terlihat jika anomali teridentifikasi dengan sangat jelas (area dengan kotak merah), dengan nilai amplitudo spektrum yang besar (area yang memiliki potensi sebagai reservoir hidrokarbon).

Selain itu, berdasarkan horizon *slice* pada gambar 4.7 dan 4.8 tampak bahwa zonasi impedansi akustik rendah (warna biru) sebagian besar memang terkonsentrasi pada puncak-puncak antiklin atau tutupan (*closure*). Namun berdasarkan analisis *low frequency shadows*, area yang berpotensi sebagai reservoir hidrokarbon justru tidak terletak pada bagian tersebut (puncak antiklin). Hal tersebut dapat disebabkan karena perbedaan kondisi stratigrafi di area tersebut, sehingga kemungkinan jebakan hidrokarbon yang ada pada area tersebut lebih bersifat jebakan stratigrafik daripada jebakan struktural.



## BAB 5

### KESIMPULAN

1. Dekomposisi spektral berbasis S-Transform mampu memberikan gambaran sebaran spektrum di sepanjang waktu dari sebuah sinyal, dalam hal ini sinyal seismik, dengan resolusi yang baik dari segi frekuensi dan waktu.
2. Dengan memanfaatkan dekomposisi spektral kita dapat mengamati karakter reservoir dari segi konten frekuensi yang terkandung di dalam data seismik, dimana dalam kasus ini berupa kehadiran *low frequency shadows* pada level reservoir.
3. *Low frequency shadows* merupakan salah satu indikasi keberadaan hidrokarbon (*direct hydrocarbon indicator*), sehingga berdasarkan hasil analisis penelitian ini, kita dapat melihat adanya potensi keberadaan reservoir berisi hidrokarbon pada area di sekitar inline 292 dan xline 279.
4. Dengan dukungan data impedansi akustik, terlihat bahwa area-area yang diindikasikan sebagai reservoir hidrokarbon karena memiliki *low frequency shadows*, berkorelasi dengan keberadaan lapisan-lapisan dengan nilai impedansi akustik yang rendah. Nilai impedansi akustik yang rendah tersebut dapat mengindikasikan bahwa reservoir pada area-area tersebut bersifat *porous*, sehingga memiliki potensi sebagai reservoir yang baik.
5. Berdasarkan plot sebaran anomali *low frequency shadows*, tampak bahwa area potensi reservoir hidrokarbon tidak terletak pada puncak antiklin (*closure*). Hal tersebut dapat disebabkan karena perbedaan kondisi stratigrafi di area tersebut, sehingga kemungkinan jebakan hidrokarbon yang ada pada area tersebut lebih bersifat jebakan stratigrafik daripada jebakan struktural
6. Hasil dari penelitian ini tentunya akan lebih bermakna bila digabungkan dengan metode analisis reservoir lain yang lebih kompleks seperti inversi, AVO, LMR dan metode lainnya.



## DAFTAR ACUAN

Castagna, J. P., Sun, S., and Siegrfid, R. W. (2003). *Instantaneous spectral analysis: Detection of low-frequency shadows associated with hydrocarbons*. The Leading Edge, 22, 120-127.

Ebrom, D. (2004). *The low frequency gas shadows in seismic sections*. The Leading Edge, 23, 772.

Han-Ming Gu, and Stewart, Robert R. (2006). *Calculation of relative seismic attenuation from the reflection time-frequency differences in a carbonate reservoir*. CREWES Research Report, vol.18.

Liwanag, J., Zhang, R., and Mirotnik, K. (2006). *Enhancing reservoir visualization with spectral decomposition*. Dew Journal, July.

Mitchell, J. T., Derzhi, N., and Lickman, E. (1997). *Low frequency shadows: The rule, or the exception?*. 67<sup>th</sup> Ann. Internat. Mtg. Soc. Expl. Geophys, 685-686.

Partyka, G. J., Gridley, J., and Lopez, J. (1999). *Interpretational applications of spectral decomposition in reservoir characterization*. The Leading Edge, 18, 353-360.

Ruthner, Paula Moren and Oliveira, Adelson S. de. (2005). *Application of S-Transform in the spectral decomposition of seismic data*. 9<sup>th</sup> International Congress of The Brazilian Geophysical Society, Sociedade Brasileira de Geofisica.

Sinha, S., Routh, P. S., Anno, P. D., and Castagna, J. P. (2005). *Spectral decomposition of seismic data with continuous-wavelet transform*. Geophysics, Vol. 70, No. 6.

Stockwell, R. G. *Why use S-Transform*. Field Institute Communication, vol. 00, American Mathematical Society.

Stockwell, R. G., Mansinha, L., and Lowe, R. P. (1996). *Localization of the complex spectrum: the S transform*. IEEE Trans. Signal Process, vol. 44, no. 4, pp. 998–1001.

