

**ESTIMASI PENYEBARAN LATERAL LAPISAN TIPIS  
BATUBARA DI LAPANGAN "X" MENGGUNAKAN METODA  
DEKOMPOSISI SPEKTRAL**

**TESIS**

**SRI ARDHYASTUTI**

**0806421501**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA  
JAKARTA  
Desember 2010**

**ESTIMASI PENYEBARAN LATERAL LAPISAN TIPIS  
BATUBARA DI LAPANGAN "X" MENGGUNAKAN METODA  
DEKOMPOSISI SPEKTRAL**

**TESIS**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains

**SRI ARDHYASTUTI**

**0806421501**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA  
JAKARTA  
Desember 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Sri Ardhyastuti**

**NPM : 0806421501**

**Tanda Tangan :**



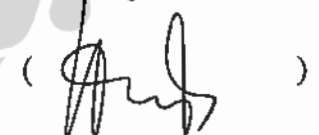
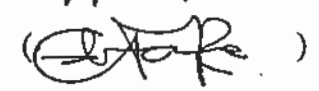

**Tanggal : 18 Desember 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Nama Mahasiswa : Sri Ardhyastuti  
NPM : 0806421501  
Jurusan : Magister Fisika  
Peminatan : Geofisika Reservoir  
Judul Proposal : **Estimasi Penyebaran Lateral Lapisan Tipis  
Batubara di Sumur-X Dengan Metoda  
Dekomposisi Spektral**

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. Dr. Suprajitno Munadi (  )  
Pembimbing II : Dr. Yunus Daud (  )  
Penguji 1 : Dr. Waluyo (  )  
Penguji 2 : Dr. Carlos Tarazona (  )  
Penguji 3 : Dr. Udrekh (  )

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 18 Desember 2010



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan hidayahNya sehingga penulis bisa menyelesaikan penyusunan tesis dengan judul **“Estimasi Penyebaran Lateral Lapisan Tipis Batubara di Lapangan X dengan Metoda Dekomposisi Spektral”**. Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang pendidikan pada Program Magister Fisika di Universitas Indonesia.

Penelitian dan penulisan tesis ini tidak mungkin terlaksana tanpa adanya bantuan baik moril maupun spirituil dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Bapak Prof.Dr.Suprajitno Munadi dan Dr Yunus Daud selaku pembimbing, yang sudah bersedia meluangkan waktu dalam membimbing penulis menyelesaikan tesis ini.
2. Para penguji tesis , staff pengajar dan karyawan Program Studi Kekhususan Geofisika Reservoir Universitas Indonesia.
3. Kedua orang tua saya tercinta yang telah mendidik dan membesarkan saya.
4. Suami dan anakku : Yudo Haryadi, MSi, Dheya, Dheva dan Athaya Khansa.
5. Teman-teman sekantor di BPPT dan Lemigas, Humbang Purba,MSi., Dr.Udrekh, Oki Hedriana dan Popy Marisa, Ginanjar,dll., yang telah banyak berdiskusi dalam penulisan tesis ini.

Penulis menyadari banyaknya kekurangan dalam tesis ini, karenanya kritik dan saran sangatlah dibutuhkan untuk melengkapi tulisan ini. Namun demikian penulis berharap semoga tesis ini dapat berguna bagi rekan rekan yang tertarik dalam ilmu geofisika reservoir dan menjadi salah satu sumbangan ilmiah yang berguna bagi bagi bangsa ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT memberikan Rahmat dan hidayahNya bagi kita semua. Amin.

Jakarta, November 2010

Sri Ardhyastuti

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

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

Nama : Sri Ardhyastuti  
NIM : 0806421501  
Program Studi : Geofisika Reservoar  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan 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 :

**Estimasi Penyebaran Lateral Lapisan Tipis Batubara di Sumur-X Dengan  
Metoda Dekomposisi Spektral**

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 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 : 18 Desember 2010

Yang menyatakan

(Sri Ardhyastuti)

## ABSTRAK

Nama : Sri Ardhyastuti  
Program Studi : Magister Fisika Universitas Indonesia  
Judul : Estimasi Penyebaran Lateral Lapisan Tipis Batubara di Lapangan "X" dengan Menggunakan Metoda Dekomposisi Spektral.

Studi tentang estimasi ketebalan dan penyebaran lateral lapisan batubara di lapangan X Cekungan Sumatra Selatan. Lapisan batubara ditemukan di kedalaman 100-400 meter berada pada Formasi Muara Enim, dengan lingkungan pengendapan *fluviodeltaic*. Metoda Dekomposisi spektral telah digunakan untuk mengestimasi lapisan tipis batubara dimana memiliki *temporal thickness* lebih kecil dari  $\frac{1}{4} \lambda$ . Pelaksanaan metoda dekomposisi spektral ini diterapkan melalui transformasi fourier pada data seismik 2D dalam domain frekuensi. Dalam domain frekuensi pada ketebalan lapisan tipis batubara diwujudkan sebagai uraian dari rekaman spektrumnya. Dengan mengukur ketebalan spektrum *notch*, lapisan tipis batubara dapat diestimasi. Dari hasil pengolahan data yang dilakukan dengan metoda dekomposisi spektral (FFT), lapisan tipis batubara bervariasi dari 9-16 meter. Pada bagian Barat Laut daerah penelitian memiliki ketebalan 9-11 meter., sedangkan di bagian Tenggara memiliki ketebalan 12-16 meter, kemudian dipetakan penyebaran secara lateral dan kontur ketebalan dengan metoda *kriging*. Kontur kedalaman dalam bentuk *time* struktur permukaan pada lapisan batubara di lapangan X dibagi menjadi tiga zona; zona dalam, menengah dan dangkal serta mengalami pendangkalan ke arah Barat Laut.

Kata Kunci:

Batubara, Ketebalan, Formasi Muara Enim, Dekomposisi Spektral, *Transformasi Fourier*, Peta kontur.

## ABTRACT

*Name : Sri Ardhyastuti*  
*Study Program: Physics Magister, University of Indonesia*  
*Title : Lateral Distribution Estimation of Coal Thin Layer*  
*at "X" Field using Spectral Decomposition Method.*

*The study estimates the thickness and lateral distribution of the "X" coal seam in the South Sumatra Basin. The coal seam is found at a depth of 100m-400m within the Muara Enim Formation whose sedimentary environment is fluvio- deltaic. The spectral decomposition method has been applied in order to estimate the thickness of the seam whose temporal thickness is less than  $1/4 \lambda$ . The implementation of spectral decomposition method is carried out by Fourier transforming (FFT) 2D seismic data to the frequency domain. In the frequency domain the thickness of the coal seam is manifested as the elucidation of the notch spectrum. By measuring the width of the notch spectrum, the thickness of the coal seam can be estimated. The thickness of the coal seam varies from 9-16 meters. In the NW part of the study area the thickness is around 9-11 meters, while in the SE part of the study area the thickness varies from 11-16 meters and then mapped by its distribution with thickness contour with kriging's method. Time structure map of the surface representing the top structure of the layer where coal seam are deposited for three zones; deep zone, moderate depth, and shallow depth. It can be seen than structure shallowing toward the NW.*

**Keyword:**

*Coal, Thickness, Muara Enim Formation, Spectral Decomposition, Fourier Transforming. Contour map.*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN ORISINALITAS</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1.Latar Belakang .....	1
1.2.Permasalahan .....	2
1.3.Tujuan Penelitian .....	2
1.4.Pembatasan Masalah .....	2
1.5.Metodologi Penelitian .....	3
1.6.Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB 2 GEOLOGI REGIONAL</b> .....	8
2.1.Geologi Regional Cekungan Sumatra Selatan .....	8
2.1.1.Stratigrafi Regional Cekungan Sumatra Utara .....	8
2.1.2.Kerangka Tektonik Cekungan Sumatra Utara .....	9
2.2.Studi Geologi Daerah Penelitian .....	11
2.2.1.Stratigrafi Daerah Penelitian .....	11
2.2.2.Struktur Daerah Penelitian .....	14
2.3.Definisi Dan Konsep Dasar Endapan Batubara .....	16
2.3.1.Coalifikasi dan Batubara .....	16
2.3.2.Reservoir Coal Bed Methane .....	17
2.4.Batubara di Daerah Penelitian .....	18
<b>BAB 3 TEORI DASAR DEKOMPOSISI SPEKTRAL</b> .....	19
3.1.Konsep Dasar Spektral Dekomposisi .....	19
3.2.Aplikasi <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT) .....	19
3.3.Reservoir Lapisan Tipis .....	28
<b>BAB 4 DATA DAN PENGOLAHAN DATA</b> .....	31
4.1.Data .....	31
4.1.1.Data Seismik 2 D .....	31
4.1.2.Data Sumur .....	32
4.2.Pengolahan Data .....	32

4.2.1.Menentukan Objek Data .....	32
4.2.2.Menentukan <i>Time Depth</i> Data .....	33
4.2.3.Pengikatan data seismik terhadap sumur .....	34
4.2.4.Interpretasi Horizon .....	37
4.2.5.Ekstraksi Amplitudo .....	38
4.3.Pengolahan Data Dekomposisi Spektral .....	38
4.3.1.Pengolahan Data Sintetik Seismik 2D .....	39
4.3.2.Pengolahan Data Real Seismik 2D.....	41
4.3.2.1. <i>Generating Window Analysis</i> .....	43
4.3.2.2.Ekstraksi Frekuensi Tuning .....	44
<b>BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>45</b>
5.1.Analisis Data Seismik .....	45
5.1.1.Hasil Interpretasi Seismik 2D .....	45
5.1.2.Analisis Estimasi Ketebalan dan penerusan lapisan Batubara ..	47
5.1.3.Peta Kontur Lapisan Batubara .....	49
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>52</b>
6.1.Kesimpulan .....	52
6.2.Saran .....	53
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>54</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Penelitian di Cekungan Sumatra Selatan .....	3
Gambar 1.2	Diagram alir untuk mengidentifikasi lapisan dengan metode FFT .....	5
Gambar 1.3	Alur Kerja pada Analisa Spektral Dekomposisi .....	6
Gambar 2.1	Peta Fisiografi Sumatra .....	10
Gambar 2.2	Kolom Stratigrafi Cekungan Palembang Selatan .....	14
Gambar 2.3	Skema pembentukan batubara dari tumpukan material organik	17
Gambar 3.1	Long Window (Partyka, 1999) .....	22
Gambar 3.2	Short Window (Partyka, 1999) .....	22
Gambar 3.3	Spektral lapisan tipis (Partyka, 1999) .....	23
Gambar 3.4	Interferensi lapisan tipis (Laughlin, 2003) .....	24
Gambar 3.5	Reflektivitas model baji (Partyka, 1999) .....	24
Gambar 3.6	Konvolusi model baji (Partyka, 1999) .....	25
Gambar 3.7	Spektral amplitudo (Partyka, 1999) .....	25
Gambar 3.8	<i>Thin-Bed Tuning with Frequency Domain</i> (Partyka, 1999) .....	26
Gambar 3.9	<i>Thin-Bed Tuning with Time Domain</i> (Partyka, 1999) .....	27
Gambar 3.10	Model Geologi (pembajian) yang berupa perlapisan pasir yang ketebalannya menipis kearah kiri. ....	29
Gambar 3.11	Trace seismik hasil konvolusi deret koefesien refleksi berdasarkan model geologi dengan Ricker F dom 60 Hz. ....	29
Gambar 3.12	Trace seismik menunjukkan tebal lapisan sebesar $\lambda/4$ sebagai batas refleksi gelombang seismik yang masih tampak terpisah.	30
Gambar 4.1	Lintasan seismik 2D di daerah penelitian .....	31
Gambar 4.2	Rekaman Log Gamma Ray, lingkaran warna merah menunjukkan seam batubara sebagai objek penelitian.....	32
Gambar 4.3	Lapisan batubara sebagai objek penelitian pada kedalaman 138m (hasil rekaman log dan pemboron inti) .....	33
Gambar 4.4	Kurva data checkshot untuk sumua A (warna merah menunjukkan nterval lapisan batubara sebagai objek penelitian)	34
Gambar 4.5	<i>Pick</i> antara <i>synthetic trace</i> dan <i>composite trace</i> untuk proses shifting well to tie seismik pada data seismik L1 dan Sumur A35	
Gambar 4.6	Memperlihatkan <i>Check Shot Analysis</i> setelah dilakukan <i>pick</i> beberapa titik pada <i>synthetic trace</i> dan <i>seismic trace</i> . ....	36

Gambar 4.7	Proses dalam <i>well to tie</i> seismik pada data seismik L1 dan Sumur A yang menunjukkan nilai korelasi 0.74 – 0.85 .....	36
Gambar 4.8	Hasil akhir dari <i>Well to Tie</i> Seismic memperlihatkan nilai frekuensi dominan 27 Hz, wavelength ( $\lambda$ ) 150 ms. ....	37
Gambar 4.9	<i>Composite</i> beberapa lintasan seismik 2D .....	38
Gambar 4.10	Diagram alir pembuatan data sintetik 2D serta penentuan ketebalan lapisan tipis .....	39
Gambar 4.11	Konvolusi antara Wavelet Ricker dengan koefisien reflektivitas dengan frekuensi dominan 20 Hz .....	40
Gambar 4.12	Hasil konvolusi dalam Thickness .....	40
Gambar 4.13	Plot Amplitudo Maksimum versus ketebalan (TWT) pada frekuensi dominan 20Hz .....	41
Gambar 4.14	Plot Amplitudo Maksimum versus ketebalan (TWT) pada frekuensi dominan 20Hz, 25Hz, 30Hz, 35Hz, 40Hz, dan 45Hz. ....	41
Gambar 4.15	Gambar display data SEG-Y L1 hasil input data real seismik 2D .....	42
Gambar 4.16	Gambar display data SEG-Y L1 hasil input data real seismik 2D yang sudah di <i>flatten</i> .....	42
Gambar 4.17	Horizon batubara dengan <i>centered window length</i> (CWL) pada L-1 .....	43
Gambar 4.18	Gambaran profil pada <i>frequency tuning cube</i> dengan panjang jendela 20 ms. ....	43
Gambar 4.19	Interpretasi dari hasil dekomposisi spektral merupakan tuning frekuensi, dimana tanda panah menunjukkan 1/temporal thickness .....	44
Gambar 5.1	Hasil interpretasi seismik 2D dari masing masing lintasan.....	47
Gambar 5.2	Hasil analisis dekomposisi spektral seismik 2D yang menunjukkan nilai frekuensi dari masing masing <i>trace</i> seismik .....	48
Gambar 5.3	Peta kontur amplitudo .....	49
Gambar 5.4	Peta kontur ketebalan lapisan batubara di lapangan X .....	50
Gambar 5.5	Peta kontur waktu ( <i>time</i> ) struktur permukaan batubara .....	51



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Batubara pada beberapa tahun terakhir ini menjadi salah satu kandidat alternatif pemenuhan kebutuhan energi fosil, dimana reservoir-reservoir gas konvensional mulai mengalami penurunan produksi mendekati batas laju ekonomisnya, dan belum ditemukannya atau belum mulai dieksploitasikannya lapangan gas baru.

Penemuan dan pengidentifikasian adanya hidrokarbon mula – mula dilakukan berdasarkan hasil interpretasi secara struktural untuk menemukan jebakan berupa antiklin ataupun patahan. Jebakan stratigrafis biasanya lebih sulit untuk dideteksi sehingga diperlukan teknik khusus untuk mendeteksinya. Seiring dengan berkembangnya teknologi, teknik interpretasi menjadi berkembang dengan adanya pengolahan lanjutan untuk mendukung identifikasi jebakan struktural maupun stratigrafis hingga menentukan karakterisasi hidrokarbon.

Banyak metode yang telah diterapkan terhadap data seismik dalam karakterisasi hidrokarbon untuk tujuan menghasilkan gambaran yang dapat mengurangi ketidakpastian pada tahap interpretasi geologi dan interpretasi litho-stratigrafi.

Dekomposisi spektral sering digunakan oleh ahli geofisika dalam seismik prosesing lanjutan untuk analisis spektral, karakterisasi wavelet, *filtering* frekuensi, dan saat ini telah digunakan untuk karakterisasi reservoir. Data seismik memiliki kandungan frekuensi yang bervariasi, sehingga dapat di analisis untuk mengetahui hubungan antara frekuensi dengan parameter lainnya di dalam data seismik. Dekomposisi spektral amplitudo dari sinyal seismik bertujuan untuk mempelajari respon spektrum amplitudo terhadap batuan didalam permukaan bumi dan reservoir. Dekomposisi spektral dapat diaplikasikan untuk menentukan ketebalan lapisan tipis dan penerusannya.

Beberapa metode yang digunakan untuk menguraikan spektral amplitudo antara lain: DFT (*Discrete Fourier Transform*), MEM (*Maximum Entropy Method*) CWT (*Continuous Wavelet Transform*) dan MPD (*Matching Pursuit Decomposition*). Penelitian ini menggunakan cara analisa dekomposisi spektral dengan metode FFT (*Fast Fourier Transform*).

Penelitian analisis spektral yang dilakukan terbatas untuk menentukan ketebalan lapisan tipis batubara. Diharapkan dengan FFT (*Fast Fourier Transform*) dapat meneliti seberapa jauh lapisan tipis batubara tersebut dapat diamati dari penampilan spektralnya.

## **1.2. Permasalahan**

Untuk mendeteksi keberadaan dan menentukan tebal lapisan tipis pada lapisan batubara dibutuhkan resolusi yang baik. Pada data seismik 2D yang akan diteliti ini resolusi seismik kurang mencukupi untuk mengamati ketebalan lapisan tipis batubara sehingga sulit untuk dipetakan. Diharapkan dengan menggunakan metode spektral dekomposisi ini dapat mengamati seberapa jauh lapisan tipis batubara dapat diamati baik penyebarannya maupun ketebalannya dari penampilan spektralnya.

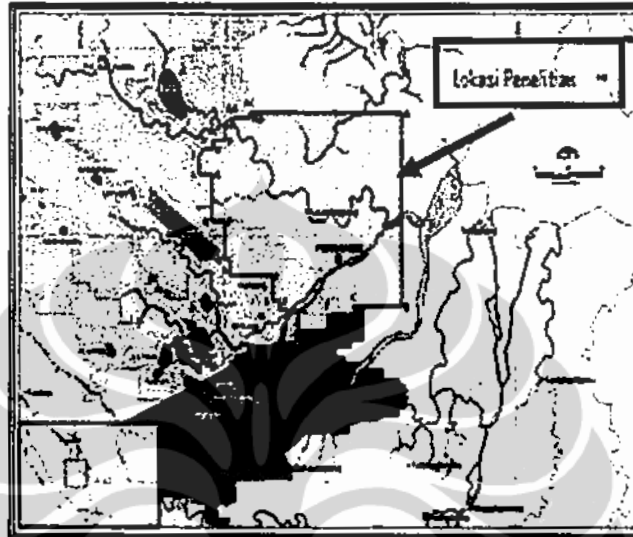
## **1.3. Tujuan Penelitian**

Secara umum tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat peta kontur ketebalan batubara dengan cara menginterpretasikan horison batubara dan menghitung estimasi ketebalan lapisan batubara dengan menggunakan dekomposisi spektral.

## **1.4. Pembatasan Masalah**

Masalah yang akan dibahas pada pendeteksian lapisan batubara di lapangan "X" terdiri dari 18 *line* dari data seg-y 2D dan 2 *well* yang digunakan sebagai kontrol terhadap data seismik. Ke – 18 *line* tersebut diinterpretasi untuk

mendapatkan horison batubara. Sebagai objek penelitian adalah lapisan batubara di lapangan X, Sumatra Selatan (gambar 1.1) dan pengamatan dilakukan secara interpretatif. Menentukan ketebalan dari lapisan batubara dilakukan analisa dekomposisi spektral (*Fast Fourier Transform*).



Gambar 1.1. Peta Lokasi Penelitian di Cekungan Sumatra Selatan

### 1.5. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa software, untuk interpretasi lapisan batubara menggunakan software interpretasi *Hampson Russell (HRS)* dan *Geograpix (Seisvision)*, pembuatan peta kontur dengan menggunakan *Surfer* versi 9 dan untuk dekomposisi spektral dengan metoda FFT menggunakan bahasa pemrograman *MATLAB 7.0.1 (R-14)*. Data yang digunakan adalah data sintetik dan data real. Tahapan-tahapan yang dilakukan selama penelitian dijelaskan secara rinci sebagai berikut :

Tahapan interpretasi penentuan horison lapisan tipis batubara antara lain:

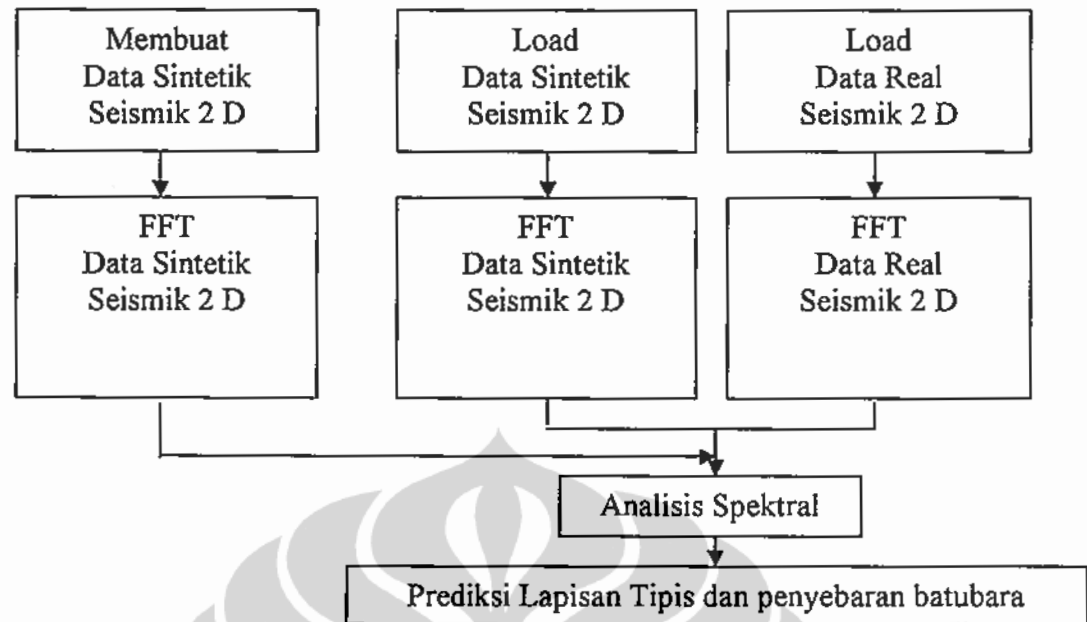
- Menentukan lapisan batubara yang akan dijadikan sebagai objek dari data hasil interpretasi log sumur.
- Menentukan kedalaman lapisan batubara pada penampang seismik dari grafik kedalaman (m) terhadap waktu.

- Pengikatan data seismik terhadap sumur (*well-seismic tie*)  
Proses untuk melakukan horison seismik (skala dan waktu) pada posisi kedalaman yang sebenarnya dan agar data seismik tersebut dapat dikorelasikan dengan data geologi lainnya yang umumnya diplot pada skala kedalaman. Dalam melakukan well to tie seismik yang pertama tama harus dilakukan adalah ekstraksi wavelet, dalam pengerjaan ini penulis memakai metoda statistikal, dimana tipe fase yang dipakai adalah tipe *constant phase* dan untuk korelasi waktu terhadap kedalaman (*time-depth curve*) digunakan data *checkshot*.
- Menarik horison batubara dengan patokan lapisan batubara pada titik sumur yang sudah dikonversikan kedalamannya.
- Pembuatan peta kontur amplitude dari data ekstrak aplitude horison batubara tersebut.

Tahapan analisa dekomposisi spektral antara lain :

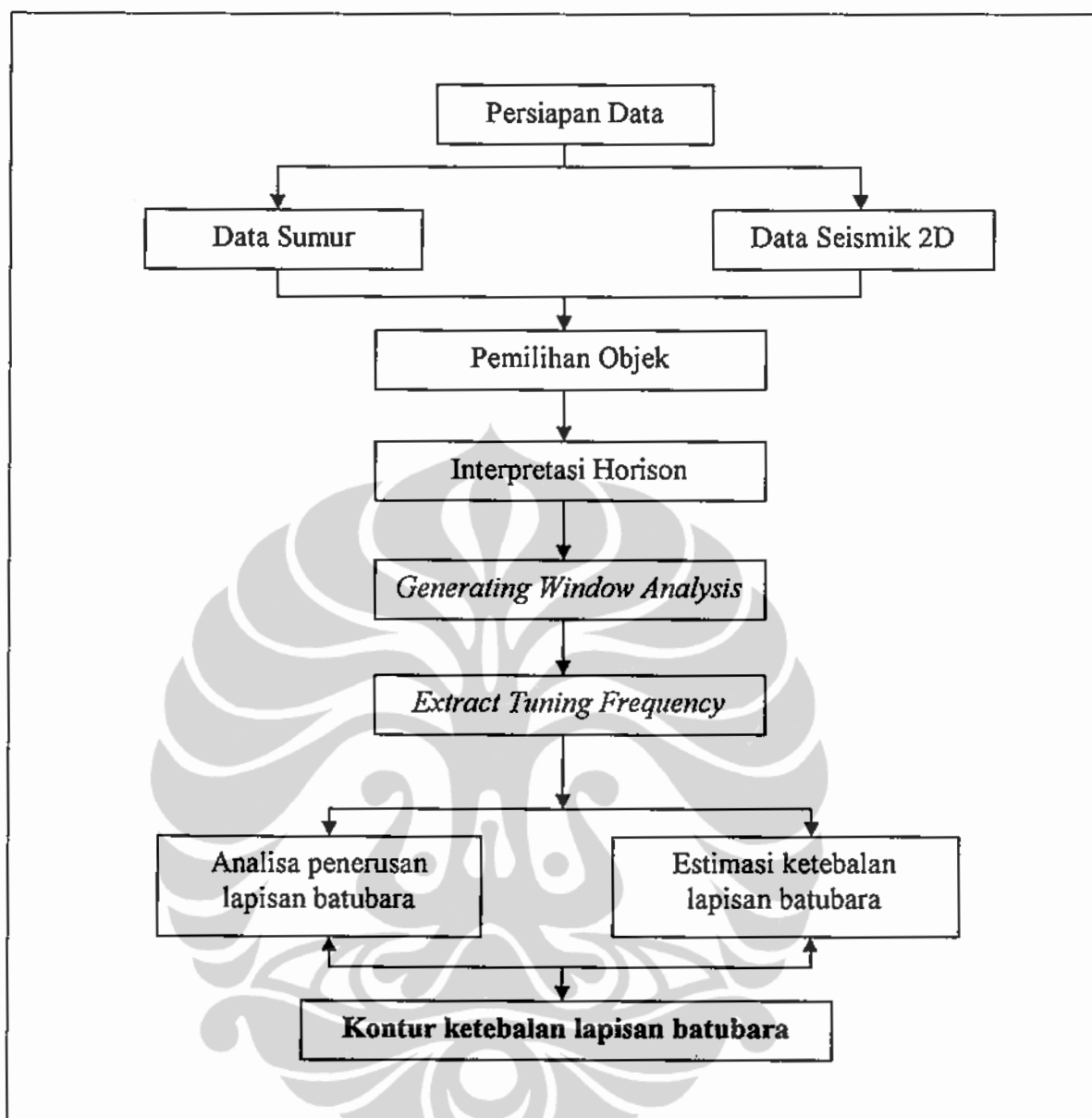
1. Pembuatan data sintetik seismik 2D  
Data sintetik seismik 2D dibuat dengan mengkonvolusikan *ricker wavelet* berfasa nol dengan koefisien refleksi.
2. Melakukan proses FFT  
Memproses data untuk diubah dari domain waktu menjadi domain frekuensi dengan metode Transformasi Fourier.
3. Penggunaan data sintetik seismik 2D
4. Penggunaan data real seismik 2D
5. Analisis Hasil  
Melakukan analisis dari hasil yang didapat.

Langkah-langkah dalam melakukan penelitian dapat dilihat pada *flowchart* Gambar 1.2. dan Gambar 1.3.



**Gambar 1.2** Diagram alir untuk mengidentifikasi lapisan dengan metode FFT

Alur kerja dapat dilihat pada gambar dibawah ini, dimana ada 3 tahap penting yang ditandai dengan warna dan pembentukan akhir berupa kontur ketebalan lapisan batubara.



Gambar 1.3 Alur Kerja pada Analisa Spektral Dekomposisi

### 1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tesis ini dibagi menjadi beberapa urutan materi pembahasan yang saling berkaitan.

Pembahasan yang pertama adalah pendahuluan yang terdiri dari latar belakang masalah, maksud dan tujuan penelitian, pembatasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan yang semuanya terangkum dalam Bab 1.

Pembahasan yang kedua mencakup geologi Cekungan Sumatra Selatan baik struktur maupun stratigrafi regional Cekungan Sumatra Selatan dan geologi dari daerah penelitian serta definisi dan konsep dasar batubara yang kemudian terangkum dalam Bab II

Pembahasan yang ketiga mencakup teori dasar dekomposisi spektral berupa konsep dasar dekomposisi spektral, *fourier transform*, *fast fourier transform*, yang kemudian dirangkum dalam Bab III.

Pembahasan yang ke empat adalah data dan pengolahan data. Koleksi data berupa data segy seismik 2D, data sumur, Time-Depth data, pengolahan data berupa model data sintetik, load data real seismik 2 D dan semuanya terangkum pada Bab IV.

Pembahasan yang kelima adalah Analisis dan pembahasan yang kemudian terangkum dalam Bab V.

Pembahasan yang keenam adalah kesimpulan dan saran yang kemudian terangkum dalam Bab VI. Pada bab kesimpulan dan saran memaparkan bagian-bagian yang penting dalam kegiatan penelitian ini yang dirangkum dalam bentuk yang lebih ringkas. Pada bab ini juga menjelaskan mengenai beberapa hal yang merupakan saran – saran yang bermanfaat bagi kelanjutannya kegiatan penelitian ini.





## BAB 2 GEOLOGI REGIONAL

### 2.1. Geologi Regional Cekungan Sumatra Selatan

Secara regional daerah penyelidikan termasuk dalam Cekungan Sumatera Selatan pada Antiklinorium Pendopo, stratigrafi cekungan tersebut disusun oleh batuan sedimen yang terdiri dari formasi Lahat, Talang Akar, Baturaja, Gumai, Air Benakat, Muara Enim, Kasai dan Aluvial. Batuan sedimen tersebut telah mengalami gangguan tektonik sehingga terangkat membentuk lipatan dan pensesaran. Proses erosi menyebabkan batuan terkikis kemudian membentuk morfologi yang tampak sekarang.

#### 2.1.1. Stratigrafi Regional Cekungan Sumatra Selatan

Kerangka stratigrafi daerah cekungan Sumatera Selatan pada umumnya dikenal satu daur besar (*megacycle*) terdiri dari fase transgresi yang diikuti oleh fase regresi. Formasi Lahat yang terbentuk sebelum transgresi utama pada umumnya merupakan sedimen non marin. Formasi yang terbentuk pada fase transgresi adalah : formasi Talang Akar, Baturaja, dan Gumai, Sedangkan yang terbentuk pada fase regresi adalah Formasi Air Benakat, Muara Enim dan Kasai.

Formasi Talang Akar merupakan transgresi yang sebenarnya dan dipisahkan dari formasi Lahat oleh suatu ketidakselarasan yang mewakili pengangkatan regional dalam Oligosen Bawah dan Oligosen Tengah. Sebagian dari formasi ini adalah fluviatil sampai delta dan marin dangkal. Formasi Baturaja terdiri dari gamping yang sering merupakan terumbu yang tersebar disana sini. Formasi Gumai yang terletak diatasnya mempunyai penyebaran yang luas, pada umumnya terdiri dari serpih marin dalam.

Formasi Air Benakat merupakan permulaan endapan regresi dan terdiri dari lapisan pasir pantai. Formasi Muara Enim merupakan endapan rawa sebagai fase akhir regresi, dan terjadi endapan batubara yang penting. Formasi Kasai

diendapkan pada fase akhir regresi terdiri dari batulempung tufaan, batupasir tufaan, kadangkala konglomerat dan beberapa lapisan batubara yang tidak menerus.

### 2.1.2. Kerangka Tektonik Cekungan Sumatera Selatan

Kerangka tektonik Cekungan Sumatera Selatan terdiri dari Paparan Sunda di sebelah timur dan jalur tektonik bukit barisan di sebelah barat. Daerah Cekungan ini dibatasi dari cekungan Jawa Barat oleh Tinggian Lampung (Koesoemadinata 1980).

Di dalam daerah cekungan terdapat daerah peninggian batuan dasar para tersier dan berbagai depresi. Perbedaan relief dalam batuan dasar ini diperkirakan karena pematahan dasar dalam bongkah-bongkah. Hal ini sangat ditentukan oleh adanya Depresi Lematang di Cekungan Palembang, yang jelas dibatasi oleh jalur patahan dari Pendopo- Antiklinorium dan Patahan Lahat di sebelah barat laut dari Paparan Kikim.

Cekungan Sumatera Selatan dan Cekungan Sumatera Tengah merupakan satu cekungan besar yang dipisahkan oleh Pegunungan Tigapuluh. Cekungan ini terbentuk akibat adanya pergerakan ulang sesar bongkah pada batuan pra tersier serta diikuti oleh kegiatan vulkanik.

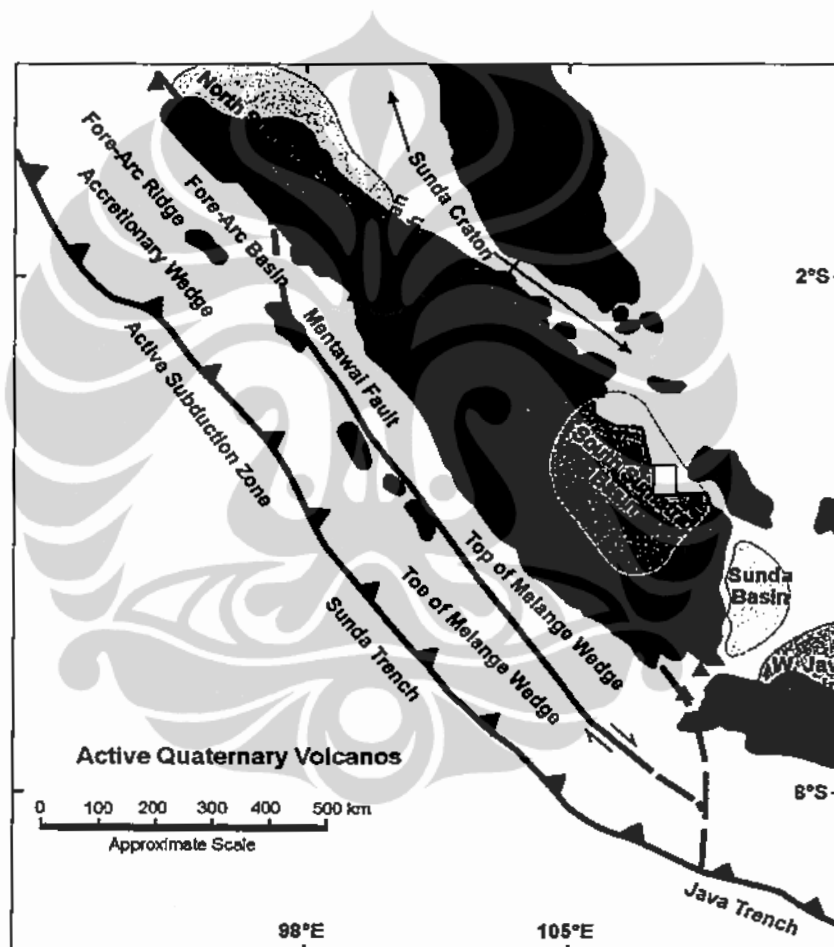
Daerah cekungan Sumatera Selatan dibagi menjadi depresi Jambi di utara, Sub Cekungan Palembang Tengah dan Sub Cekungan Palembang Selatan atau Depresi Lematang, masing-masing dipisahkan oleh tinggian batuan dasar ("*basement*").

Di daerah Sumatera Selatan terdapat 3 (tiga) antiklinorium utama, dari selatan ke utara: Antiklinorium Muara Enim, Antiklinorium Pendopo Benakat dan Antiklinorium Palembang.

Pensesaaran batuan dasar mengontrol sedimen selama paleogen. Stratigrafi normal memperlihatkan bahwa pembentukan batubara hampir bersamaan dengan pembentukan sedimen tersier. Endapan batubara potensial sedemikian jauh hanya terdapat pada pertengahan siklus regresi mulaa dari akhir Formasi Benakat dan

diakhiri oleh pengendapan Formasi Kasai. Lapisan batubara terdapat pada horizon anggota Formasi Muara Enim dari bawah ke atas

Struktur geologi yang berkembang akibat gaya tegasan yang bekerja dengan arah barat-daya – timur laut membentuk lipatan dan sesar. Struktur lipatan membentuk antiklinorium Pendopo-Benakat. Jurus umum masing-masing antiklin dan sinklin berarah Baratlaut – Tenggara yang sesuai dengan arah memanjang Pulau Sumatera, seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Peta Fisiografi Sumatra

## 2.2. Studi Geologi Daerah Penelitian

### 2.2.1. Stratigrafi Daerah Penelitian

Daerah penelitian terletak pada Cekungan Sumatra Selatan tepatnya pada lapisan batubara dari Formasi Muara Enim.

Rangkaian sedimen tertier pada cekungan Sumatra Selatan terutama endapan Paleogen masih tidak kuat. Ini disebabkan karena bukan sedimen laut yang mendominasi selama pengendapan Paleogen yang menyebabkan kesulitan untuk penentuan umur. De Coster (1974) dan Sarjono et al, 1989, dibagi dua grup sedimen Tertier, yaitu grup Telisa dan grup Palembang.

#### Group Telisa .

Batuan sedimen pada group Telisa adalah diendapkan secara tidak selaras diatas basement. Group ini ditandai oleh pengendapan penghalusan kearah atas (*fining upward*) merupakan pembentukan Formasi Lahat , Formasi Talang Akar dan Formasi Gumai.

Group Telisa dibagi ke dalam empat formasi, yaitu, Formasi Lahat / Lemat, Formasi Talang Akar, Formasi Batu Raja, dan Formasi Gumai.

Formasi Lahat merupakan sedimen unconformity terhadap basement. Pada bagian bawah terdiri pasir tufaan, dan tufa, sedangkan pada bagian atas terdiri dari serpih Benakat. Umur dari Formasi Lahat adalah *Eocene - Oligocene* denan lingkungan pengendapan darat seperti endapan alluvial (Coster ,1974) dan formasi ini diinterpretasikan berumur *Paleocene – Oligocene* (Gafoer, Cobrie dan Purnomo, 1986).

Bagian bawah Formasi Talang Akar (*Gritsand Member*) terendapkan diatas Formasi Lahat secara tidak selaras. Bagian atas bagian dari formasi Talang Akar terdiri dari serpih, batu gamping dan batupasir mengandung lapisan batubara. Lapisan ini mengandung foraminifera, *pyrite* dan *glauconite*. Formasi Talang Akar tersedimentasikan selama *Late Oligocene – Early Miocene*, dan lingkungan pengendapannya adalah zona transisi. Bagian atas dari formasi Talang Akar secara berangsur-angsur tersedimentasikan pada lingkungan laut terbuka

dan dibentuknya gamping karbonat dan batu gamping pasir pada formasi Batu Raja.

Formasi Baturaja tersingkap dengan jelas sebadai *outcrop* pada sub cekungan Palembang terutama di kota Baturaja. Formasi ini terendapkan secara selaras di atas formasi Talang Akar. Sedimen terdiri dari batu karang karbonat dan batu gamping klastik selama *Mid-Middle Miocene*. Formasi Baturaja merupakan sebuah reservoir hidrokarbon baik.

Formasi Gumai adalah sedimen di atas formasi Baturaja bagian atas selama *maximum flooding surface* pada Cekungan Sumatra Selatan, terdiri dari serpih, batu gamping serta perselingan batu gamping dan batupasir yang mengandung foraminifera yang cukup banyak. Formasi ini berumur *Mid Miocene* dengan lingkungan pengendapan laut terbuka. Ketebalan maksimum ditemukan di sub Cekungan Jambi pada 1170 - 1650 m (di Graben Kenali Asam).

### **Group Palembang.**

Sedimen Group Palembang berbeda dengan sedimen group Telisa. Lingkungan pengendapan laut sampai darat. Beberapa penulis menyatakan bahwa lingkungan sedimen merubah dari laut dalam terbuka di formasi Gumai ke arah laut dangkal pada formasi Air Benakat.

Pembangunan dari group ini berhubungan dengan orogenesis *Mid Miocene* yang disebabkan pengangkatan Bukit Barisan. Group Palembang dapat dibagi ke dalam 3 formasi, yaitu:

#### **1. Formasi Air Benakat**

Formasi Air Benakat tersedimentasikan selama regresi *Mid Miocene – Late Miocene*. Sedimen terdiri dari perselingan batupasir dan batulanau yang mengandung *glauconite*, *limonite* dan foraminifera besar. Sedimen terlihat pada periode regresi selama *Mid Miocene* dari laut dalam (formasi Gumai) ke arah transisi laut dangkal.

## 2. Formasi Muara Enim

Formasi Muara Enim ditandai oleh pembentukan dari lapisan batubara. Terdiri dari batu lempung, pasir tuffa dan lapisan batubara. Pada umumnya sedimen ini terendapkan dari laut dangkal ke arah lingkungan litoral. Bagian bawah dari formasi ini mengandung *mollusca*, sedangkan bagian atas perselingan batulempung hijau, batupasir dan batubara. Berlimpahnya silifikasi kayu dapat ditemukan di formasi ini. Ketebalan dari formasi ini antara 450 - 750m ditemukan di Kampung Minyak dan Muara Enim. Umur dari formasi ini adalah *Late Miocene – Early Pliocene*, lingkungan pengendapan adalah laut dangkal sampai zona transisi (Sarjono et al, 1989), dan di formasi Muara Enim ini lapisan batubara sebagai objek penelitian (gambar 1.2).

## 3. Formasi Kasasi

Formasi Kasasi adalah sedimen diendapkan secara selaras di atas formasi Muara Enim. Ini terdiri dari perselingan antara konglomerat, pasir tufaan, tufa dan lempung tufaan yang mengandung *mollusca* darat dan silifikasi kayu. Ketebalan dari formasi ini adalah 430 - 1000m. Tufa pada Gunung Gumai sangat berlimpah, yang menandakan aktivitas vulkanik selama *Late Pliocene*.

Umur formasi Kasasi adalah *Late Miocene – Pliocene* yang tersedimentasikan pada lingkungan *non marine* dan terkait dengan periode regresi. Pada akhir dari sedimentasi, formasi ini ditandakan oleh tekanan tektonik yang menyebabkan pengangkatan dan pelipatan sedimen Tertier.

AGE	FORMATION	LITHOLOGY	THICKNESS (M)	DESCRIPTION	ENVIRONMENT		
					TERRESTRIAL	LITTORAL	NERETIC
						SHALLOW	DEEP
PLEISTOCENE	KASAI (KAF)	V V V V V	200	Tuff, tuffaceous sandstone and clay			
PLIOCENE	MUARAENIM (MEF)	V V V V V	250 - 800	Claystone, intercalation with sandstone, coal and siltstone			
	AIRBENAKAT (ABF)	V V V V V	300 - 800	Claystone intercalation with sandstone and siltstone			
MIOCENE	GUMAI (GUF)	V V V V V	150 - 1500	Claystone intercalation with sandstone and siltstone			
				Calcareous shale intercalation with limestone, marl and siltstone			
	BATURAJA		50 - 200	Limestone			
OLIGOCENE	TALANGAKAR (TAF)	GRM	300 - 500	Coarse to very coarse sandstone intercalation with shale and coal			
	LAHAT (LAF)	TRM	100 - 300	Interbedded sandstone and shale			
			300 - 500	Coarse to very coarse sandstone intercalation with shale and coal			
PRE TERTIARY	BASEMENT (BSM)			Granite, quartzite, phyllite, slate			

Gambar 2.2 Kolom Stratigrafi Cekungan Palembang Selatan (Sarjono et.al., 1989), Kotak berwarna merah merupakan target batubara di daerah penelitian.

2.2.2. Struktur Daerah Penelitian

Daerah penelitian terdapat pada bagian atas dari Cekungan Sumatera Selatan. Bagian utara terdapat pedataran tinggi Sembilani dan sebelah selatan adalah dataran rendah yang dibatasi oleh patahan normal dengan arah NNW-ENE.

Selama waktu Tersier, evolusi struktur di daerah penelitian terjadi paling tidak pada tiga phase. Tahap pertama adalah ekstensi yang mana terjadi sejak *Paleocene* sampai *Early Miocene*. Tahap ini diikuti oleh formasi dari patahan normal dan grabens yang kemudian terisi oleh endapan sedimen *Eocene* – *Early Miocene*. Struktur patahan dan graben yang mempunyai arah timur-barat mempunyai indikasi patahan pada basement. Sesar-sesar ini kemungkinannya dimulai dari umur *Yura-Late Cretaceous* (Kapur).

Sedimen tua (Formasi Lemat) adalah hanya ditemukan pada bagian Selatan dari daerah penelitian (dari data mata bor sumur A), sedangkan ke arah yang lain sedimen ini terendapkan di atas basement.

Sedimentasi dari Formasi Talang Akar (*Oligocene*) dan Baturaja hingga awal *Miocene* terjadi secara homogen di daerah ini. Hanya ke arah utara pada bagian dari formasi Baturaja terendapkan secara onlap di atas formasi Talang Akar. Ini menandai selama *Early Miocene*, bagian utara daerah penelitian merupakan dataran tinggi.

Tahan ekstensi di daerah ini ditandai oleh penurunan dari lapisan setelah sedimentasi formasi Baturaja pada dataran rendah. Ini ditandai oleh ketebalan lapisan dari sedimen jika dibandingkan dengan sedimen pada zona tinggi.

Pada akhir *Early Miocene* sampai *Early Pliocene* mengembangkan patahan normal dan memisahkan diantara patahan tersebut merupakan perkembangan sesar dengan kecenderungan yang sama. Ini ditandai oleh pembentukan ketebalan sedimen dari formasi Telisa kearah Selatan. Di periode ini beberapa lokasi pada cekungan Sumatera Selatan ditandai oleh gejala awal tekanan, sementara di daerah penelitian formasi Telisa tidak ditemukan.

Perioda *Mio-Pliocene* merupakan tekanan secara regional, di daerah penelitian secara signifikan ditandakan oleh formasi dari tagangan dan normal *strike-slip faults* dengan arah WNW-ESE. Kemungkinan bahwa sesar ini adalah pengaktifan kembali dari sesar tua. Di periode ini perkembangan sesar yang sedimentasi bagian atas dari formasi Telisa.

Kompresi mungkin berkepanjangan dan klimaksnya selama perioda *Plio-Pleistocene* dan menyebabkan perlipatan pada beberapa formasi yang sudah ada. Sebagai tambahan reverse fault juga dibentuk seperti dapat diamati pada bagian



selatan dari daerah penelitian dimana melibatkan keseluruhan unit batuan di area ini.

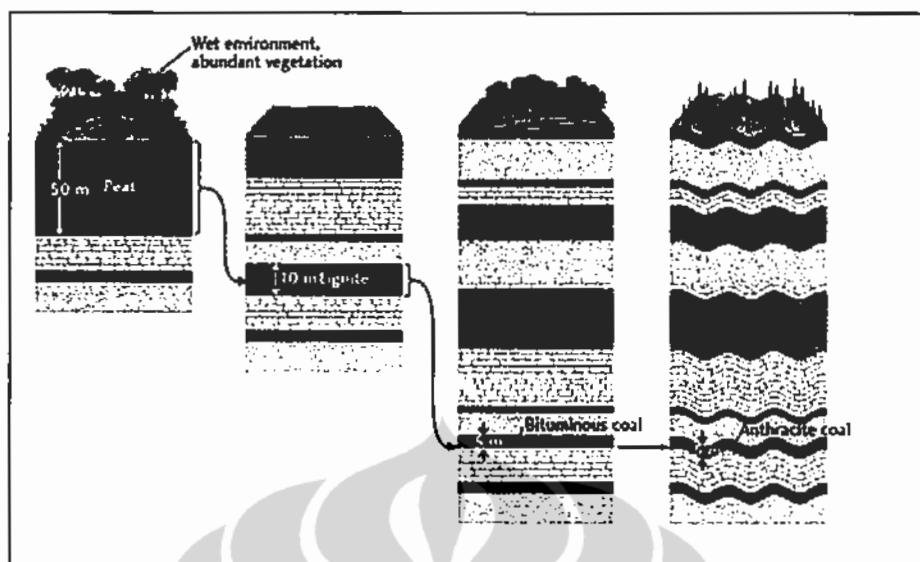
### 2.3. Definisi dan Konsep Dasar Endapan Batubara

Secara definisi : batubara adalah batuan sedimen yang berasal dari material organik (*organoclastic sedimentary rock*), dapat dibakar dan memiliki kandungan utama berupa C, H, O.

Secara proses (*genes*) : batubara adalah lapisan yang merupakan hasil akumulasi tumbuhan dan material organik pada suatu lingkungan pengendapan tertentu, yang disebabkan oleh proses *syn-sedimentary* dan *post-sedimentary*, sehingga menghasilkan rank dan tipe tertentu.

#### 2.3.1. Coalifikasi dan Batubara

Batubara merupakan material yang terdiri atas lebih dari 50% berat dan 70% volume dari senyawa karbon termasuk kelembaban yang tidak dapat dikurangi<sup>1</sup>). Batubara merupakan batuan sedimen nonklastik. Batuan sedimen non klastik didefinisikan sebagai batuan sedimen terbentuk oleh proses kimia, biologi atau biokimia pada permukaan bumi tanpa mengalami proses erosi dan pengendapan seperti batuan sedimen klastik dan selanjutnya mengalami proses penguburan, pengompakan diteruskan dengan coalifikasi. Coalifikasi merupakan proses transformasi material organik menjadi bentuk material organik yang lain yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungannya. Dari tumpukan material organik kemudian tertransformasi menjadi *peat*, *lignite*, *sub-bituminous*, *bituminous*, *antrachite* dan *graphite*, yang umumnya disebut tingkatan/*rank* batubara, seperti pada gambar 2.3. Coalifikasi juga menghasilkan produk samping berupa air dan gas. Dari proses coalifikasi ini dapat diketahui bahwa semua batubara mengandung gas.



**Gambar 2.3** Skema pembentukan batubara dari tumpukan material organik kemudian tertransformasi menjadi *peat*, *lignite*, *sub-bituminous*, *bituminous*, *antrachite* dan *graphite*.

### 2.3.2. Reservoir *Coal Bed Methane*

*Coal Bed Methane* merupakan gas yang dihasilkan dan tersimpan pada lapisan batubara, meskipun istilah metana sering digunakan oleh industri yang pada kenyataannya merupakan campuran gas C1, C2, C3 dan gas pengotor seperti N2 dan CO2 1). Bedanya dengan *Coal Mine Methane*, gas pada batubara ini merupakan ancaman bahaya pada penambangan batubara. Oleh karena itu pada penambangan batubara dibuat saluran ventilasi gas untuk membuang gas tersebut.

Meskipun merupakan produk samping pada koalifikasi namun dari sudut pandang dunia perminyakan, gas inilah yang menjadi target utama diproduksikannya gas dari reservoir CBM. Lapisan batubara yang disebut reservoir CBM merupakan lapisan batubara yang berada >500 m dibawah permukaan dan diproduksikan fluida reservoirnya dengan membuat suatu sumur. Untuk lapisan batubara <500 m dibawah permukaan, merupakan potensi untuk dikembangkan penambangan terbuka yang diambil batubaranya langsung.

#### 2.4. Batubara di Daerah Penelitian

Daerah penelitian di Cekungan Sumatra Selatan tepatnya di formasi Muara Enim. Pada sumur "A" yang berada di *onshore* Cekungan Sumatra Selatan terdapat beberapa lapisan batubara dan berada di kedalaman antara 75m-160m. Dari hasil rekaman logging dan hasil dari mata bor lapisan batubara sebagai objek penelitian berada pada kedalaman 138 m dengan ketebalan 10 meter. Sedangkan pada sumur C yang jaraknya tidak jauh dari sumur A terdapat beberapa lapisan batubara pada kedalaman 145m sampai 175m dengan kedalaman endapan batubara cukup besar yaitu 30 meter. Pada sumur B terdapat lapisan batubara pada kedalaman 440m – 460 m.

Penelitian dilakukan pada data seismik 2 D tidak lebih dari 400meter hasil inti bor dan termasuk pada Formasi Muara Enim yaitu group Palembang bawah. Formasi Muara Enim merupakan formasi pembawa batubara yang diendapkan sebagai kelanjutan dari fasa regresi. Lingkungan pengendapan batubara terjadi dari sedimentasi perulangan kumpulan endapan delta sampai fluvial pada akhir pengendapan batubara. Formasi ini terdiri dari batulempung (*claystone*), pasir (*sandstone*), *tuffaceous* dan lapisan batubara. Pada umumnya rangkaian sedimen ini ditandai dengan pengkasaran kearah atas (*coarsening up*) yang merupakan pengendapan sedimen laut dangkal ke arah lingkungan litoral. Ditandai dengan bagian bawah mengandung *Mollusca* dan bagian atas terdiri dari batulempung hijau, batupasir dan batubara. Ketebalan dari formasi ini antara 450 - 750m dan berumur *Late Miocene* sampai *Early Pliocene* dengan lingkungan pengendapan laut dangkal ke zona transisi (pada gambar 2.2 kolom stratigrafi Cekungan Palembang Selatan). Berdasarkan hasil dari inti bor, batubara berwarna hitam kecoklatan, struktur kayu, (*woody streak*), *brittle*, *earthy*, *pytic*, *non calcareous*. Berdasarkan klasifikasi SNI 1998, batubara ini tergolong batubara coklat keras (*Hard Brown coal*) berjenis lignitik. Beberapa penyelidik terdahulu mengenai penelitian potensi batubara Formasi Muara Enim seperti, Tarsis A.D. dan Syufra Ilyas (ESDM) dari hasil analisa batubara outcrop dan intibor sampai kedalaman 50 meter didapat beberapa klasifikasi batubara diantaranya batubara *sub-bituminous high volatile* dengan kandungan abu dan sulfur sangat rendah.



## BAB 3

### TEORI DASAR DEKOMPOSISI SPEKTRAL

#### 3.1. Konsep Dasar Spektral Dekomposisi

Dalam seismik eksplorasi, dekomposisi spektral merupakan teknik lanjutan yang menekankan analisis amplitudo dari suatu tras seismik. Spektrum amplitudo adalah *output* untuk setiap sampel waktu dari tras seismik. Dekomposisi spektral telah digunakan untuk berbagai aplikasi dalam seismik eksplorasi seperti penentuan ketebalan lapisan, visualisasi stratigrafi dan mendeteksi langsung keberadaan hidrokarbon.

Berbagai metode untuk melakukan dekomposisi spektral telah dikembangkan, seperti: DFT (*Discrete Fourier Transform*)/FFT (*Fast Fourier Transform*), MEM (*Maximum Entropy Method*), CWT (*Continuous Wavelet Transform*) dan MPD (*Matching Pursuit Decomposition*). Masing-masing metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan, dan untuk aplikasi yang berbeda maka dibutuhkan metode yang berbeda pula.

Metode *FFT* lebih sering digunakan untuk evaluasi karakterisasi spektral dari penggunaan *long-window* yang mengandung banyak reflektor. Penggunaan metode MEM dapat menghasilkan resolusi yang tinggi dari frekuensi, tetapi terkadang hasil tersebut tidak meyakinkan jika window yang digunakan terlalu pendek. Metode CWT sama seperti *narrow-band filtering* dari tras seismik dan mempunyai kelebihan dibandingkan metode FFT, namun metode ini mempunyai kekurangan dalam resolusi vertikal. Metode MPD lebih bersifat komputasi dibandingkan dengan metode lainnya.

#### 3.2. Aplikasi *Fast Fourier Transform* (FFT)

##### Transformasi Fourier

Transformasi adalah suatu operasi matematika yang memindahkan informasi dari suatu bentuk fungsi ke dalam bentuk fungsi ke dalam bentuk fungsi lain. Kelebihan dilakukannya transformasi antara lain :

1. Proses transformasi persamaan dalam matematika memungkinkan penyelesaian solusi menjadi lebih mudah dibandingkan persamaan sebelumnya.
2. Data hasil transformasi memungkinkan dapat dikompresi tanpa kehilangan informasi – informasi penting dari data sebelumnya sehingga hanya membutuhkan lebih sedikit tempat penyimpanan
3. Suatu operasi mungkin lebih mudah diaplikasikan setelah melalaui proses transformasi fungsi.
4. Transformasi bentuk fungsi perlu dilakukan karena informasi yang ada dalam data tidak seluruhnya dapat diketahui hanya dari satu bentuk fungsi tertentu.

Melalui proses transformasi diharapkan informasi – informasi tambahan ataupun informasi tersembunyi yang ada dalam data dapat diketahui dalam bentuk fungsi lainnya setelah melalui proses transformasi.

Transformasi Fourier adalah suatu transformasi integral yang dapat mengubah fungsi dominan waktu menjadi dominan frekuensi dan sebaliknya. Transformasi Fourier merupakan fungsi kompleks sehingga menghasilkan real dan imajiner.

Berikut merupakan fungsi Transformasi Fourier :

$$F(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot e^{-i\omega t} dt \quad (3.1)$$

Dengan fungsi inversnya sebagai berikut :

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) \cdot e^{i\omega t} dt \quad (3.2)$$

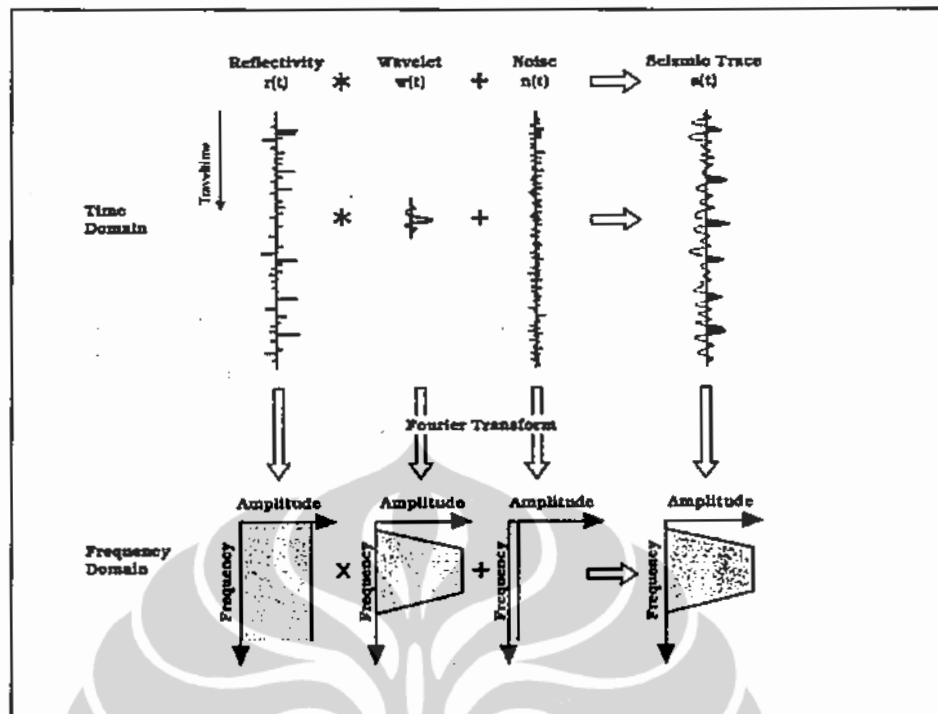
Transformasi Fourier mengidentifikasi semua komponen spektral yang ada di dalam sinyal, tetapi tidak memberikan informasi mengenai posisi komponen spektral tersebut di dalam domain waktu. Untuk mengetahui posisi waktu dari komponen spektral dibutuhkan cara lain.

## Fast Fourier Transform (FFT)

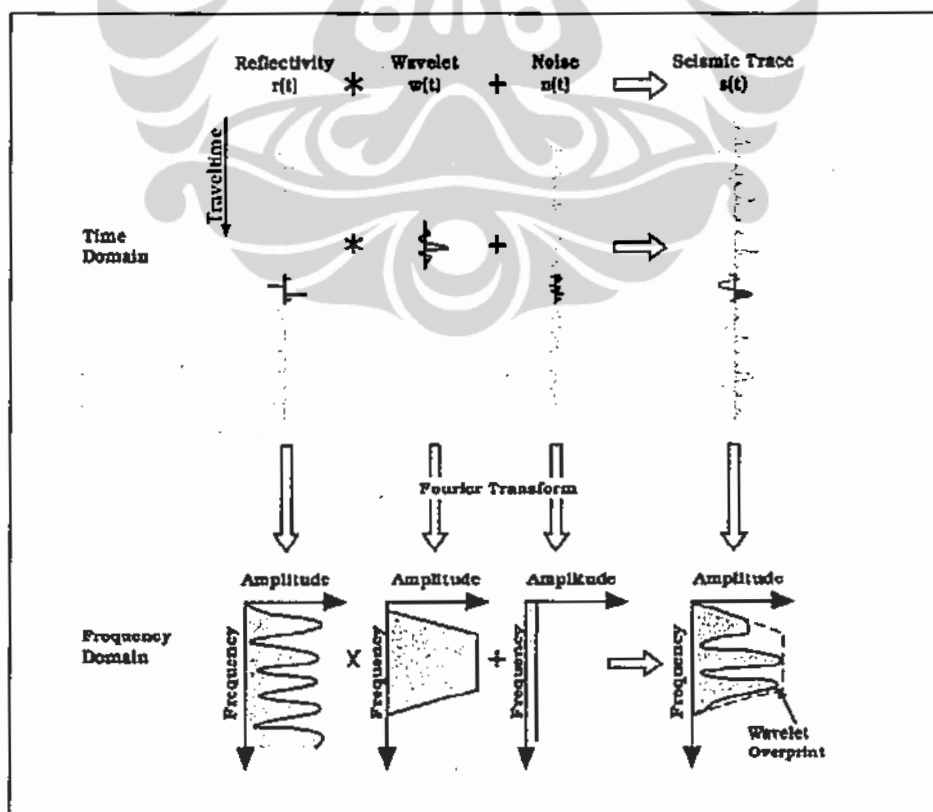
Fast Fourier Transform (FFT) adalah suatu versi cepat dari proses *Discrete Fourier Transform* (DFT). FFT menggunakan algoritma khusus untuk melakukan proses sama seperti DFT dengan waktu yang lebih singkat dan kapasitas yang lebih sedikit. Cara kerja FFT dapat diurutkan sebagai berikut :

1. Mendekomposisikan suatu sinyal yang terdiri atas  $N$ -point dalam domain waktu menjadi masing – masing sinyal yang terdiri atas *single-point* dalam domain waktu.
2. Menghitung jumlah  $N$  spectra frekuensi yang berkorespondensi dengan jumlah  $N$  sinyal – sinyal *single – point* dalam domain waktu.
3. Menyatukan  $N$  spectra frekuensi menjadi spectrum frekuensi tunggal

Sebelum memahami konsep dari dekomposisi spektral, perlu diketahui informasi mengenai penggunaan *long-window* maupun *short-window*. Penggunaan window tertentu berdasarkan tujuan dari penelitian dan tergantung dari metode yang akan dipakai. Berikut adalah contoh dari penggunaan *long-window* untuk dekomposisi spektral dengan metode Transformasi Fourier dan hubungannya terhadap model konvolusi. Perbedaan respon dari frekuensi antara penggunaan *long window* dengan *short-window* sangat jelas. Transformasi yang menggunakan *long-window* memperlihatkan spektrum amplitudo yang datar, sedangkan untuk *short-window* akan memperlihatkan “*notches*” yang mengindikasikan adanya lapisan-lapisan geologi yang berbeda. Berikut adalah contoh dari penggunaan *short-window*.



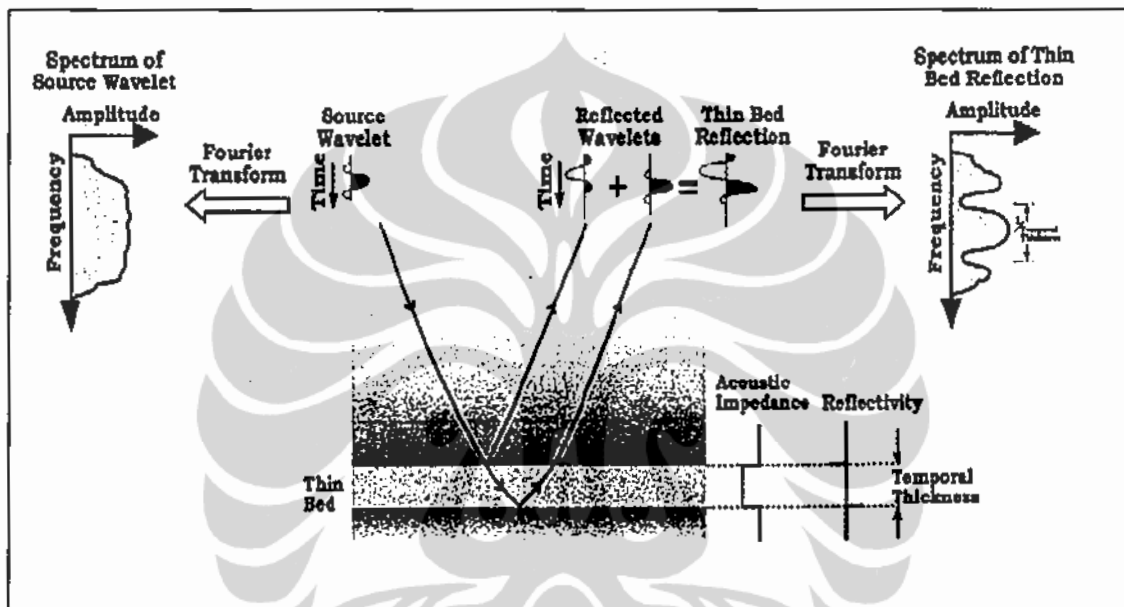
Gambar 3.1 Long Window (Partyka, 1999)



Gambar 3.2 Short Window (Partyka, 1999)



Konsep dasar dari transformasi Fourier adalah konvolusi dalam domain waktu ekuivalen dengan perkalian dalam domain frekuensi. Konsep dasar dari dekomposisi spektral adalah suatu refleksi dari lapisan tipis mempunyai karakteristik tertentu di dalam domain frekuensi yang dapat mengindikasikan ketebalan dari lapisan tersebut. Berikut ini adalah gambar perambatan gelombang yang melewati lapisan tipis.

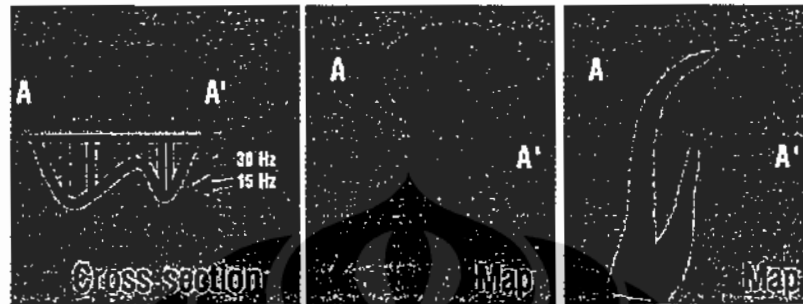


Gambar 3.3 Spektral lapisan tipis (Partyka, 1999)

Langkah awal untuk melakukan dekomposisi spektral adalah interpretasi horison seismik yang akan digunakan untuk membuat peta dari amplitudo seismik. Horison seismik tersebut digunakan untuk transformasi suatu *window* data tertentu yang mengandung "*zone of interest*" untuk diubah ke dalam domain frekuensi, kemudian dibuat susunan peta amplitudo untuk setiap frekuensi yang berbeda. Adanya lapisan tipis akan menimbulkan "*notches*" di dalam domain frekuensi, yang berkaitan dengan ketebalan dari lapisan tipis tersebut.

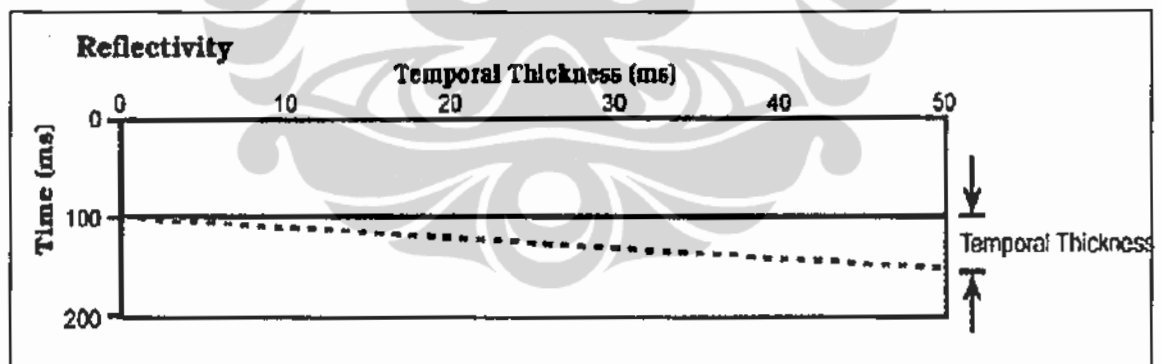
Karakteristik peta amplitudo dari data seismik adalah dominasi kandungan frekuensi akan memberikan gambaran stratigrafi dengan baik, berdasarkan ketebalan yang dapat diperkirakan dari frekuensi dominan. Dengan kata lain,

frekuensi yang lebih tinggi menggambarkan lapisan yang lebih tipis, dan frekuensi yang lebih rendah menggambarkan lapisan yang lebih tebal. Contoh dari gambaran stratigrafi hasil interpretasi dengan frekuensi dominan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.4 Interferensi lapisan tipis (Laughlin, 2003)

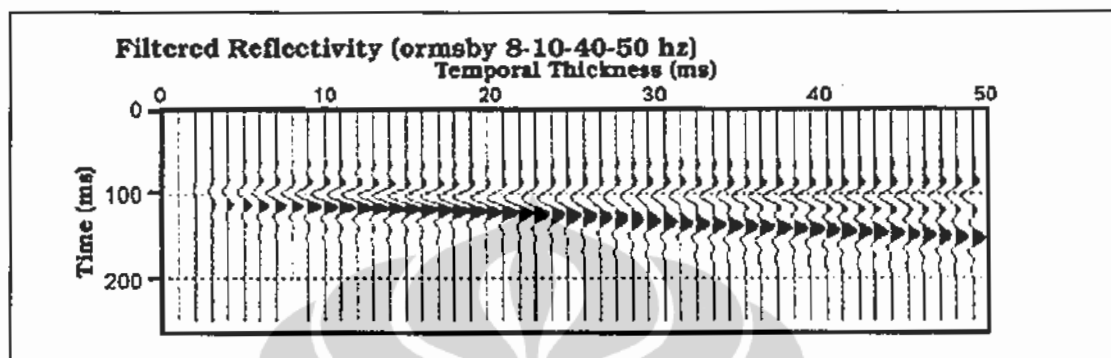
Untuk memahami proses dekomposisi spektral dalam mendeteksi keberadaan lapisan tipis dan memprediksi ketebalan dari lapisan tipis tersebut, maka diperlukan data sintetik yang dapat menggambarkan bentuk model pembajian.



Gambar 3.5 Reflektivitas model baji (Partyka, 1999)

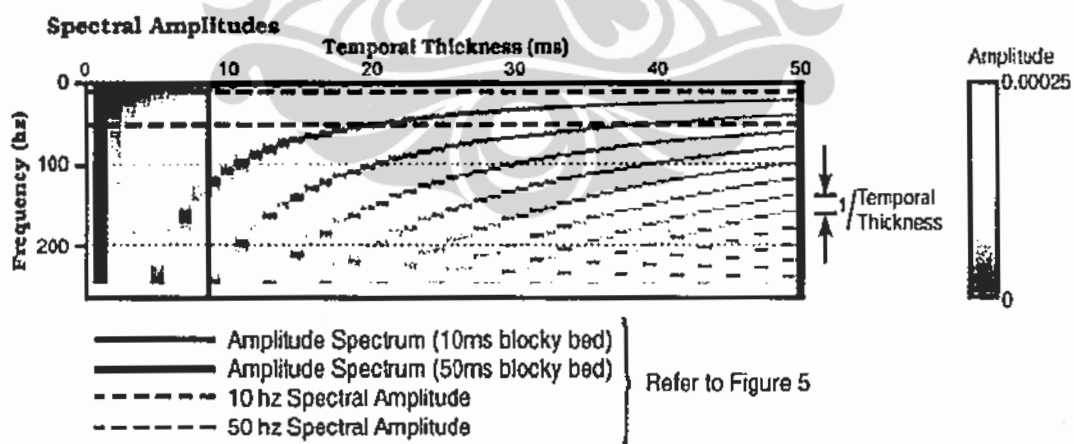
Data sintetik terdiri dari dua buah reflektor yang mempunyai nilai sama tetapi berbeda *magnitude*. Batas atas dari pembajian memiliki koefisien refleksi negatif, sedangkan batas bawah memiliki koefisien refleksi positif. Ketebalan pembajian dari 0 ms di sebelah kiri sampai 50 ms di sebelah kanan (gambar 3.5). Ilustrasi dari *tuning effect* yang terjadi karena adanya perubahan ketebalan dimana

reflektor batas atas dengan reflektor batas bawah dapat dipisahkan pada bagian model baji yang tebal dan tidak dapat dipisahkan atau menyatu pada bagian model baji yang tipis, dibuat dengan cara mengkonvolusikan reflektivitas dengan suatu wavelet (gambar 3.6).



Gambar 3.6 Konvolusi model baji (Partyka, 1999)

Spektrum amplitudo dihitung untuk setiap tras seismik dari data sintetik model baji, kemudian di plot dengan frekuensi sebagai sumbu vertikal (gambar 3.7). Window yang digunakan adalah *short-window* karena proses ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan lapisan secara vertikal dan perbedaan ketebalan lapisan secara lateral.

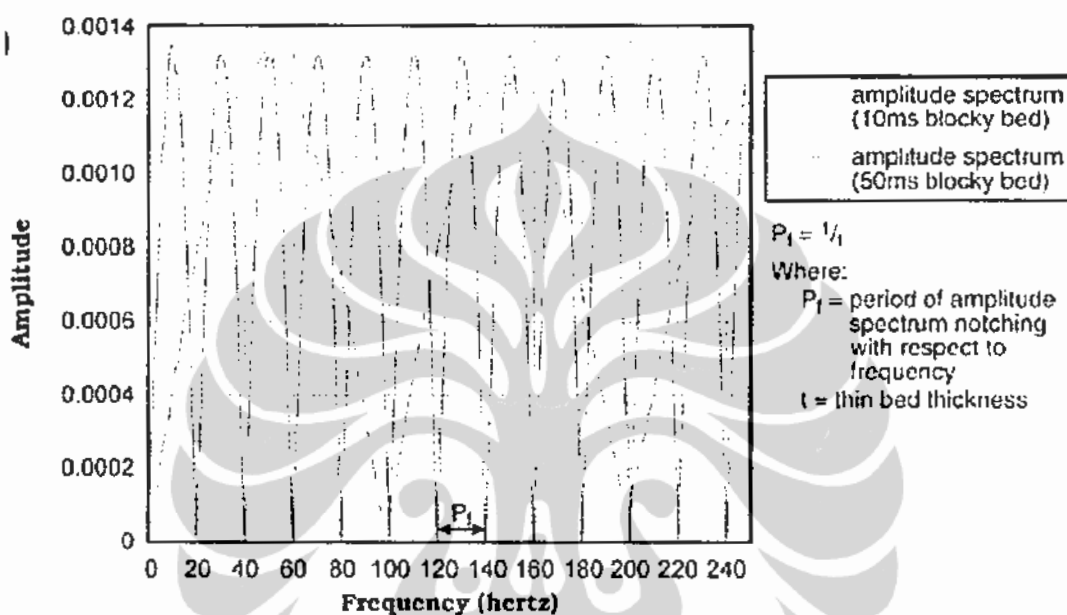


Gambar 3.7 Spektral amplitudo (Partyka, 1999)

Ketebalan lapisan model baji menentukan periode dari “notches” didalam spektrum amplitudo yang digambarkan pada domain frekuensi (gambar 3.8).

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

dimana  $P_f$  adalah periode dari notch spektrum amplitudo pada domain frekuensi (Hz), dan  $t$  adalah ketebalan dari lapisan tipis.

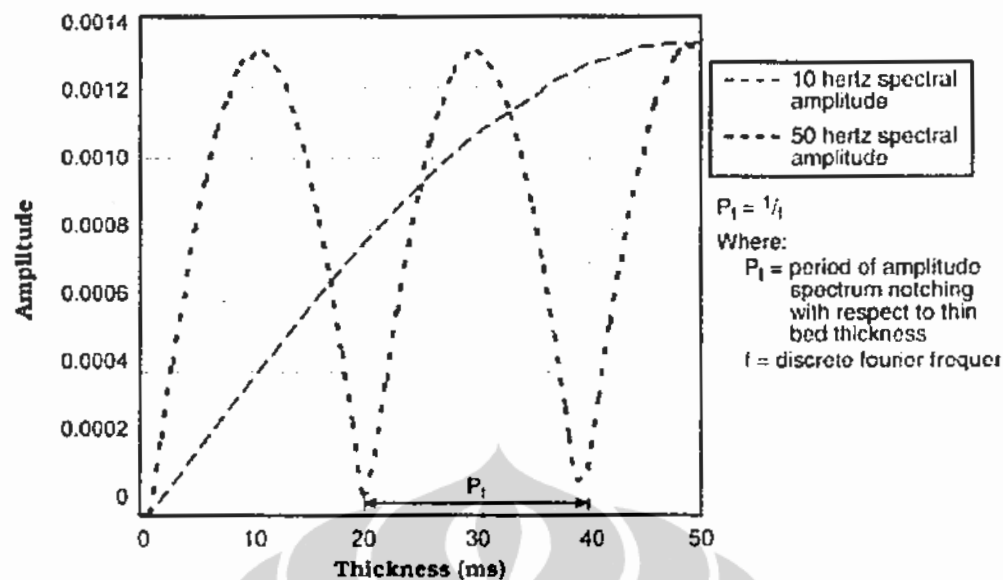


Gambar 3.8 Thin-Bed Tuning with Frequency Domain (Partyka, 1999)

Dengan sudut pandang lain dapat diilustrasikan bahwa nilai dari komponen frekuensi menentukan periode dari “notches” didalam spektrum amplitudo dengan domain waktu (gambar 3.9).

$$P_t = \frac{1}{f} \quad (3.4)$$

dimana  $P_t$  adalah periode dari notch spektrum amplitudo pada domain waktu dan  $f$  adalah frekuensi Fourier diskrit.



Gambar 3.9 Thin-Bed Tuning with Time Domain (Partyka, 1999)

Estimasi ketebalan dapat juga dikerjakan dengan rumus :

$$\frac{1}{2 * \text{frequency}_{\text{1st-dominant}}} = \text{tuning thickness} = \frac{1}{1.4 * \text{frequency}_{\text{upper}}} \quad (3.5)$$

Untuk Lapisan tipis =  $\frac{1}{4}$ -wavelength (Landmark, 2003), maka :

$$\Delta Z_{\text{tuning}} = \lambda/4, \text{ dimana } \lambda = \text{wavelength} \quad (3.6)$$

$$\Delta Z_{\text{tuning}} = (T/2) * V, \text{ dimana } T = \text{2-way time dan } V = \text{velocity} \quad (3.7)$$

$$V = \lambda * f \quad (3.8)$$

Disubstitusikan untuk  $\lambda$ ,

$$\Delta Z_{\text{tuning}} = \lambda/4 = V/(4 * f) \quad (3.9)$$

$$\Delta Z_{\text{tuning}} = V/(4 * f) = (T/2) * V \quad (3.10)$$

Untuk menghitung T,

$$T/2 = 1 / (4 * f) \text{ atau,} \quad (3.11)$$

$$T = 1 / (2 * f) \quad (3.12)$$

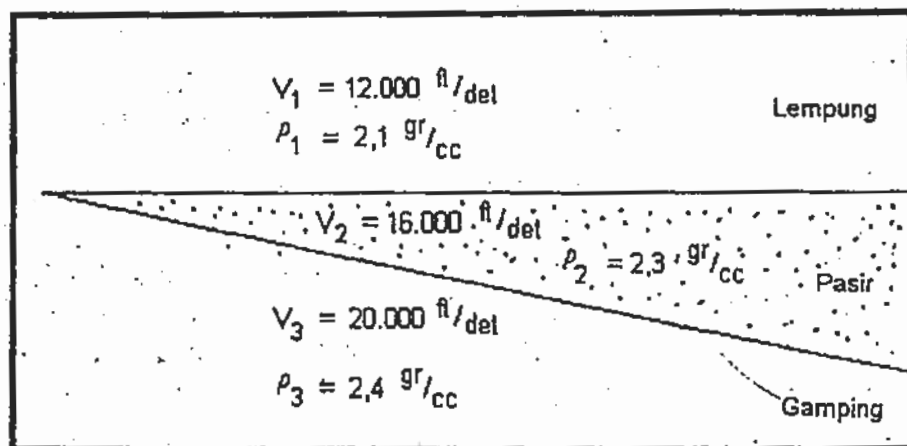
Dekomposisi spektral dapat bekerja dengan baik untuk menggambarkan dan memetakan suatu ketebalan lapisan dan pola diskontinuitas geologi. Dengan melakukan transformasi data kedalam domain frekuensi menggunakan proses dekomposisi spektral, maka reflektor dari lapisan tipis dapat dideteksi lebih jelas dan dapat memperkirakan ketebalan lapisan tersebut.

### 3.3. Reservoir Lapisan Tipis

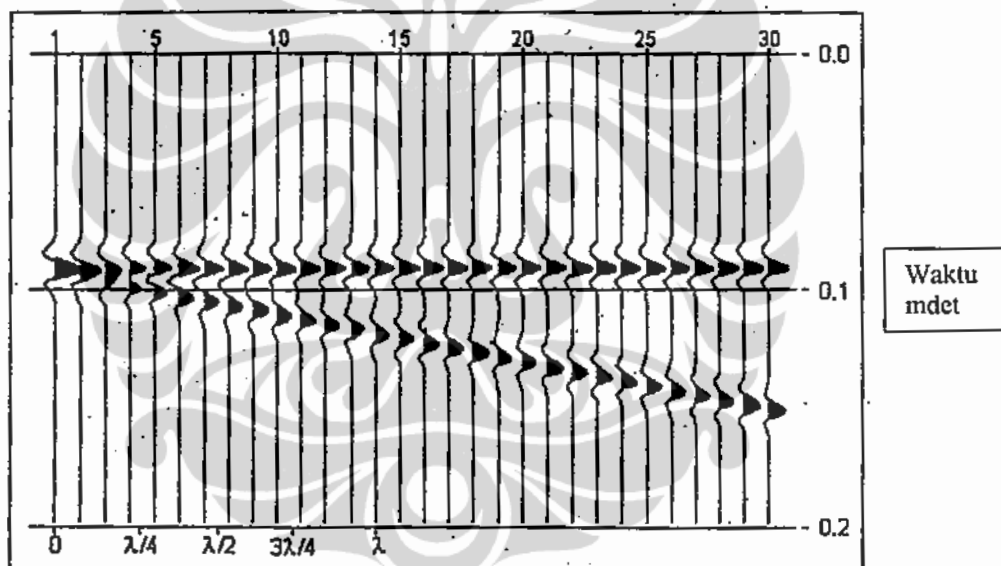
Reservoir lapisan tipis dikenal juga dengan istilah formasi lapisan tipis. Dikategorikan lapisan tipis karena memiliki ketebalan di bawah resolusi vertikal dari pengukuran log standar yang dibutuhkan untuk suatu evaluasi formasi. Ukuran ketebalannya kurang dari 60 cm (Mckee and Weir, 1953), atau teori lain menyebutkan kurang dari 10 cm (Ingram, 1954 dan Campbell, 1967).

Hubungan antara ketebalan lapisan, panjang gelombang dan resolusi ketebalan lapisan pertama kali dipelajari oleh Ricker (1953). Studi model oleh Meissner dan Meixner (1969) memperlihatkan bahwa lapisan tipis dapat merubah sinyal seismik yang disebabkan interferensi antara refleksi primer dan refleksi perulangan dari dua atau lebih bidang batas.

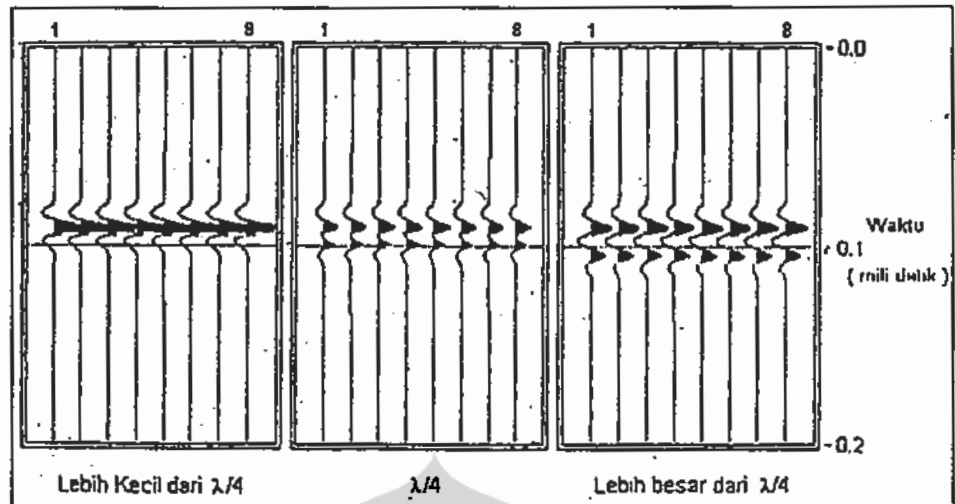
Pada lapisan dengan ketebalan diatas batas resolusi tidak terjadi interferensi (tuning), lain halnya untuk lapisan dengan ketebalan dibawah resolusi (lebih kecil dari seperempat panjang gelombang) informasi ketebalan lapisan ditandai dalam bentuk amplitudo kombinasi refleksi atau interferensi pantulan dari batas atas dan batas bawah lapisan (Widness, 1973). Pada ketebalan lapisan yang sangat tipis terjadi interferensi wavelet yang dapat berakibat memperlemah atau memperkuat amplitudo koefisien refleksi. Proses interferensi ini yang disebut dengan tuning. Di bawah ini adalah gambar yang menjelaskan model pembajian yang berupa pelapisan pasir yang ketebalannya menipis ke arah kiri (gambar 3.10), trace seismik hasil konvolusi deret koefisien refleksi berdasarkan model geologi gambar 3.10) dengan Ricker berfrekuensi dominan 60 Hz ditunjukkan pada gambar 3.11 dan gambar 3.12 yang menunjukkan tebal lapisan sebesar  $\lambda/4$  sebagai batas refleksi gelombang seismik yang masih tampak terpisah, bila lebih tipis (lebih kecil dari  $\lambda/4$ , sinyal terpantul yang berasal dari bagian atas dan bagian bawah lapisan tersebut menyatu menjadi satu gelombang.



Gambar 3.10 Model geologi (pembajian) yang berupa pelapisan pasir yang ketebalannya menipis ke arah kiri (Munadi dkk, 1995)



Gambar 3.11 Trace seismik hasil konvolusi deret koefisien refleksi berdasarkan model geologi (gambar 3.10) dengan Ricker berfrekuensi dominan 60 Hz (Munadi dkk, 1995)



Gambar 3.12 Trace seismik menunjukkan tebal lapisan sebesar  $\lambda/4$  sebagai batas refleksi gelombang seismik yang masih tampak terpisah.  
(Munadi dkk, 1995)





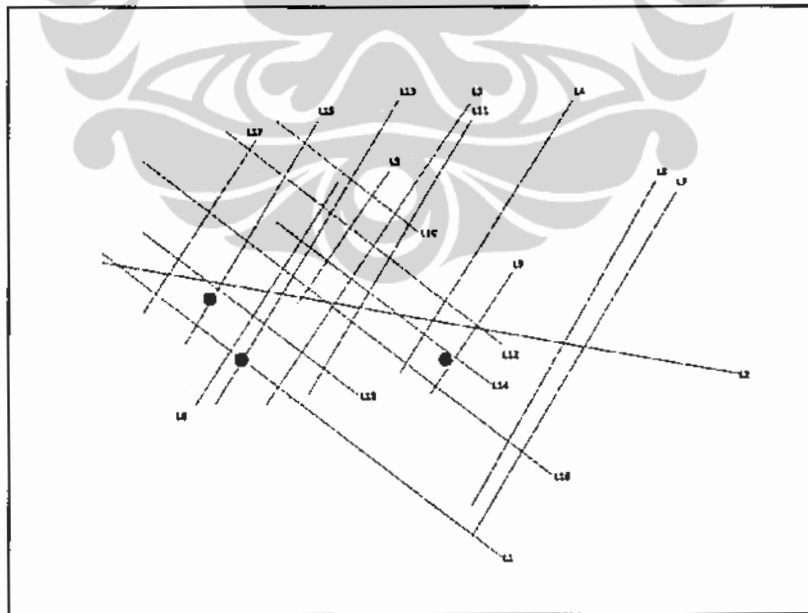
## BAB 4 DATA DAN PENGOLAHAN DATA

### 4.1. Data

#### 4.1.1. Data Seismik 2 D

Daerah penelitian terdiri dari 18 lintasan seismik 2 D dengan luas area 531 km<sup>2</sup> (gambar 4.1). Data seismik berupa data dengan format SEGYY yang telah di *post stack* dan dilakukan penarikan horizon batubara meskipun ada kesulitan pada beberapa line, dikarenakan pada lintasan tersebut reflektor seismik kurang baik. Ke - 18 lintasan tersebut diinterpretasi untuk mendapatkan horison batubara. Sebagai objek penelitian adalah lapisan batubara di lapangan X pada kedalaman antara 100 meter sampai 400 meter dan dilakukan pengamatan secara interpretatif dengan menggunakan data sumur sebagai kontrolnya.

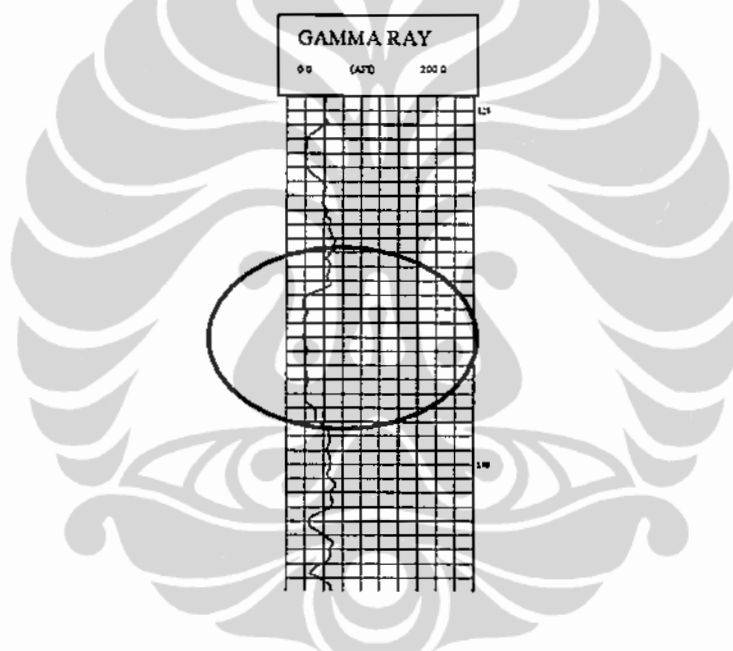
Data seismik 2D memiliki amplitudo 0 – 12 dan jumlah CDP yang berbeda beda tiap lintasan dengan interval antara 10 meter sampai 15.26 meter.



Gambar 4.1 Lintasan seismik 2D daerah penelitian

### 4.1.2. Data Sumur

Terdapat 2 sumur, dari ke kedua sumur itu yang memiliki data cheekshot. yaitu sumur A dan sumur B dan dimungkinkan untuk well seismic tie. Dari hasil analisa rekaman log Gamma Ray yang menunjukkan nilai 19-39 API, dan pengeboran inti pada sumur A didapat endapan lapisan batubara pada kedalaman 75-160m Dimana terdapat 11 lapisan batubara dengan ketebalan 2-10m. Lapisan batubara sebagai objek penelitian terdapat pada sumur A dengan ketebalan 10 m pada kedalaman 138m-148 m, seperti yang terlihat pada gambar 4.2 di bawah ini.

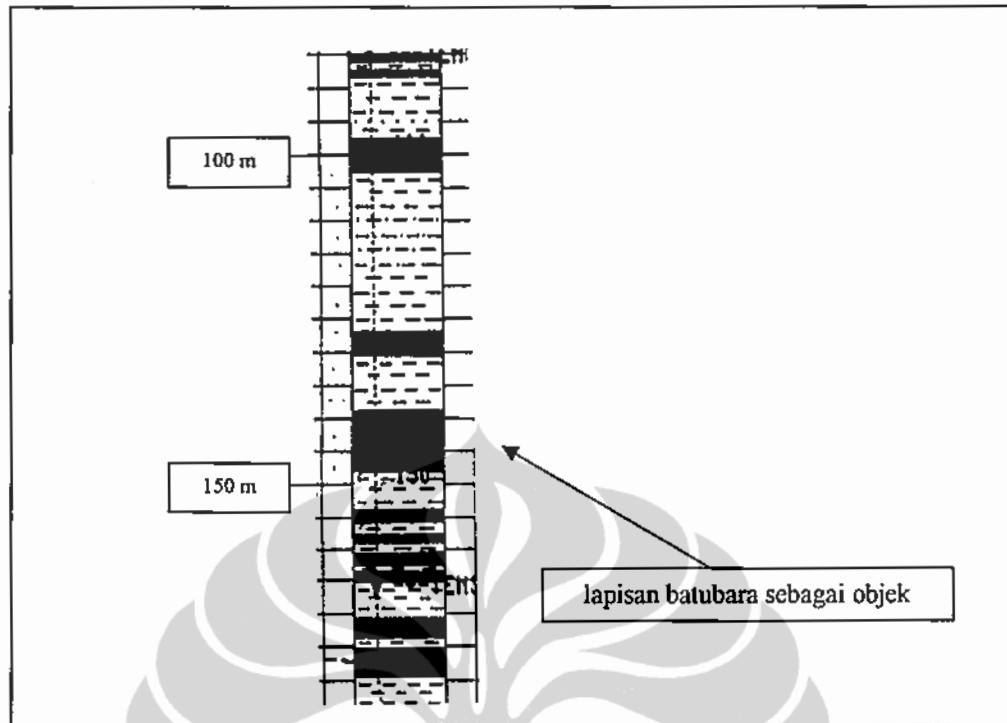


Gambar 4.2 Rekaman Log Gamma Ray, lingkaran warna merah menunjukan seam batubara sebagai objek penelitian.

## 4.2. Pengolahan Data

### 4.2.1. Menentukan Objek Data

Objek pada penelitian ini berupa lapisan batubara dengan ketebalan 10 meter terdapat pada sumur A dengan kedalaman 138 meter – 148 meter.. Pada gambar dibawah ini dapat menunjukan lapisan batubara sebagai objek penelitian dari hasil rekaman logging dan pemboran inti.



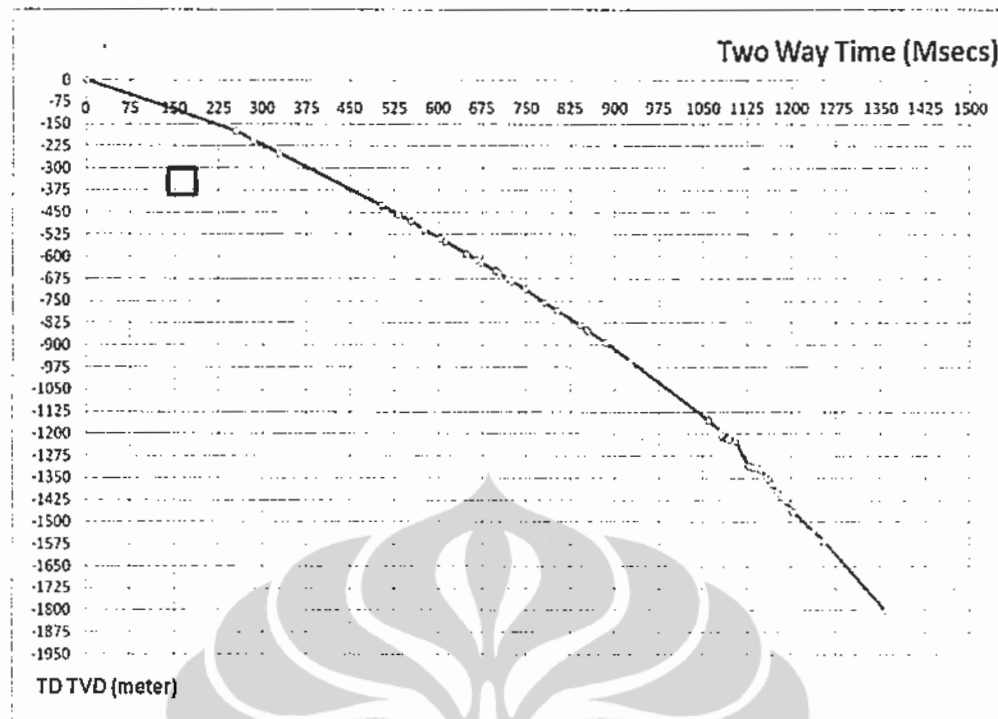
Gambar 4.3 Lapisan batubara sebagai objek penelitian pada kedalaman 138 – 148 m (hasil rekaman log dan pemboran inti)

#### 4.2.2. Menentukan *Time Depth Data*

Data check shoot dari sumur A digunakan untuk konversi log pada domain kedalaman terhadap domain waktu. Konversi domain kedalaman ini penting dalam mengerjakan data seismik karena data seismik dikerjakan dalam domain waktu dan dibutuhkan dalam meng-*tie* seismik untuk mengkorelasikan dengan data log sumur.

Gambar Grafik dari data checkshot untuk sumur A. Titik merah menunjukkan interval lapisan batubara sebagai objek penelitian.

Pada gambar grafik diatas menunjukkan lapisan batubara sebagai objek penelitian berada pada kedalaman 138 meter yang telah dikonversikan menjadi 198 ms, padagambar 4.4. yang menggambarkan kurva data checkshot untuk sumur A.



Gambar 4.4 Kurva data checkshot untuk sumbu A (warna merah menunjukkan interval lapisan batubara sebagai objek penelitian)

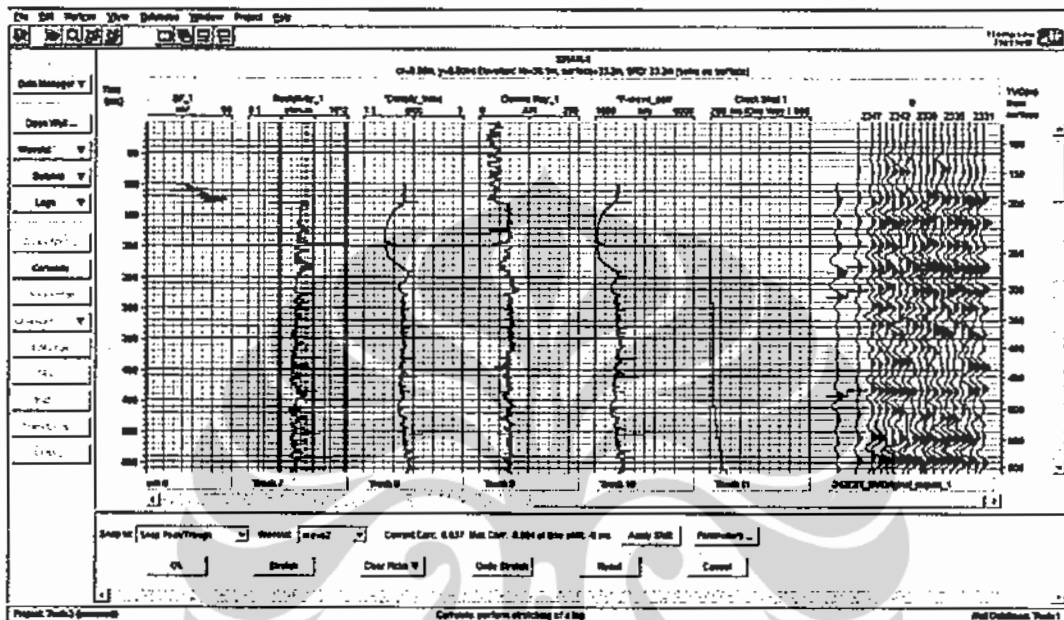
#### 4.2.3. Pengikatan data seismik terhadap sumur (*well-seismic tie*)

Proses untuk melakukan horison seismik (skala dan waktu) pada posisi kedalaman yang sebenarnya dan agar data seismik tersebut dapat dikorelasikan dengan data geologi lainnya yang umumnya diplot pada skala kedalaman. Dalam melakukan well to tie seismik yang pertama tama harus dilakukan adalah ekstraksi wavelet, dalam pengerjaan ini penulis memakai metoda statistik, dimana tipe fase yang dipakai adalah tipe *constant phase* dan untuk korelasi waktu terhadap kedalaman (*time-depth curve*) digunakan data *checkshot*.

Hal yang penting yang harus dikerjakan sebelum interpretasi seismik adalah membuat seismogram sintetik. Menyamakan model wavelet dari seismogram sintetik dengan wavelet sumur dan mengkorelasikannya.

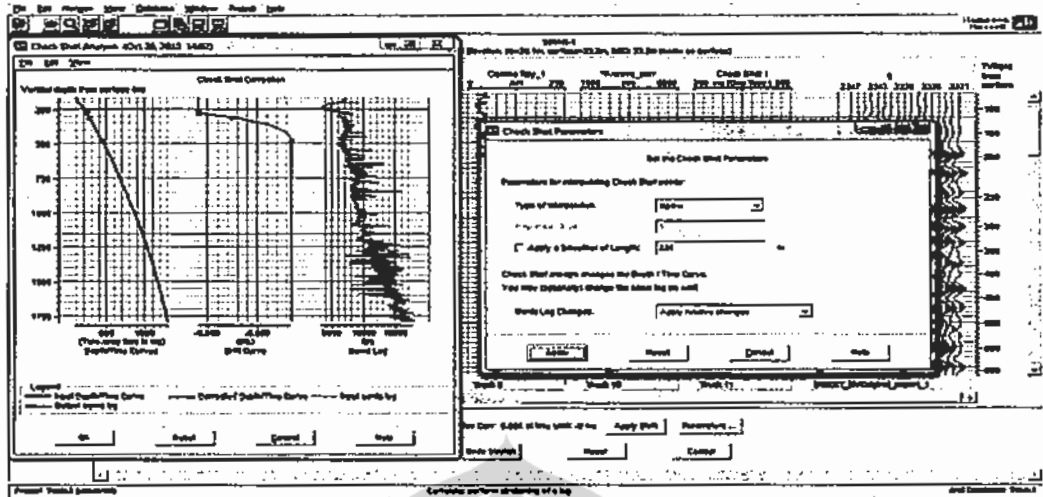
Dalam pengerjaan well seismik tie penulis menggunakan software *Hampson Russell (HRS)*. Langkah pertama adalah input data segy seismik 2D dan log pada menu eLog, kemudian extract wavelet secara statistik yang sesuai antara

*synthetic trace* dan *composite trace* data seismik dan mengatur *time window* sesuai dengan posisi objek pada data seismik tersebut. Setelah wavelet sesuai maka dilakukan shifting dengan antara *synthetic trace* dan *composite trace* data seismik seperti pada gambar dibawah ini.



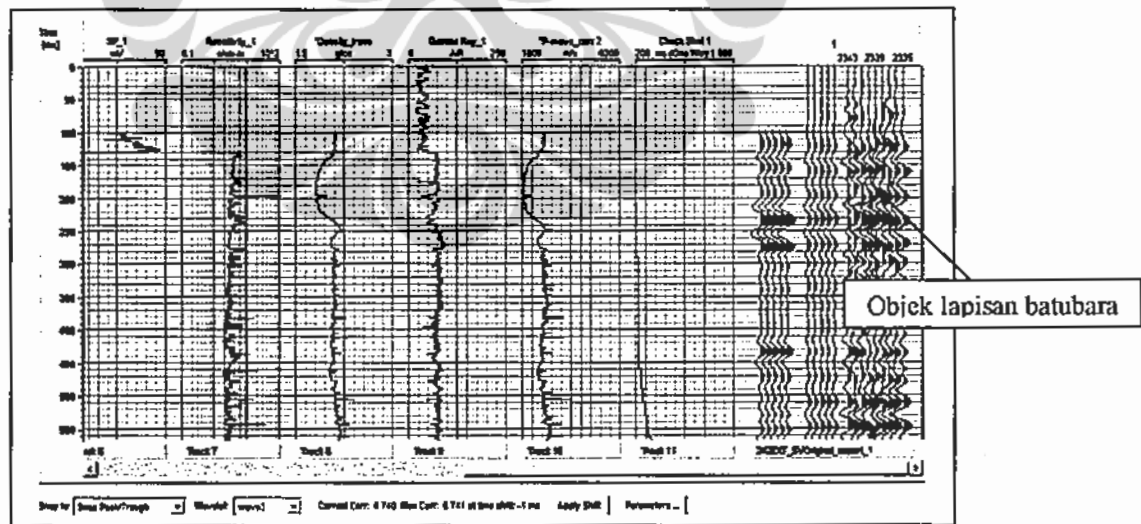
Gambar 4.5 *Pick* antara *synthetic trace* dan *composite trace* untuk proses shifting dalam well to tie seismik pada data seismik L1 dan Sumur A

Langkah selanjutnya adalah *Check Shot Analysis*, dimana dilakukan *pick* beberapa titik untuk mengkorelasikan antara *synthetic trace* dan *seismic trace* yang kemudian diinterpretasikan pada tipe check shot (seperti pada gambar 4.6) dan *synthetic trace* memperlihatkan korelasi yang sesuai dengan trace seismik, maka keluarlah nilai korelasinya.



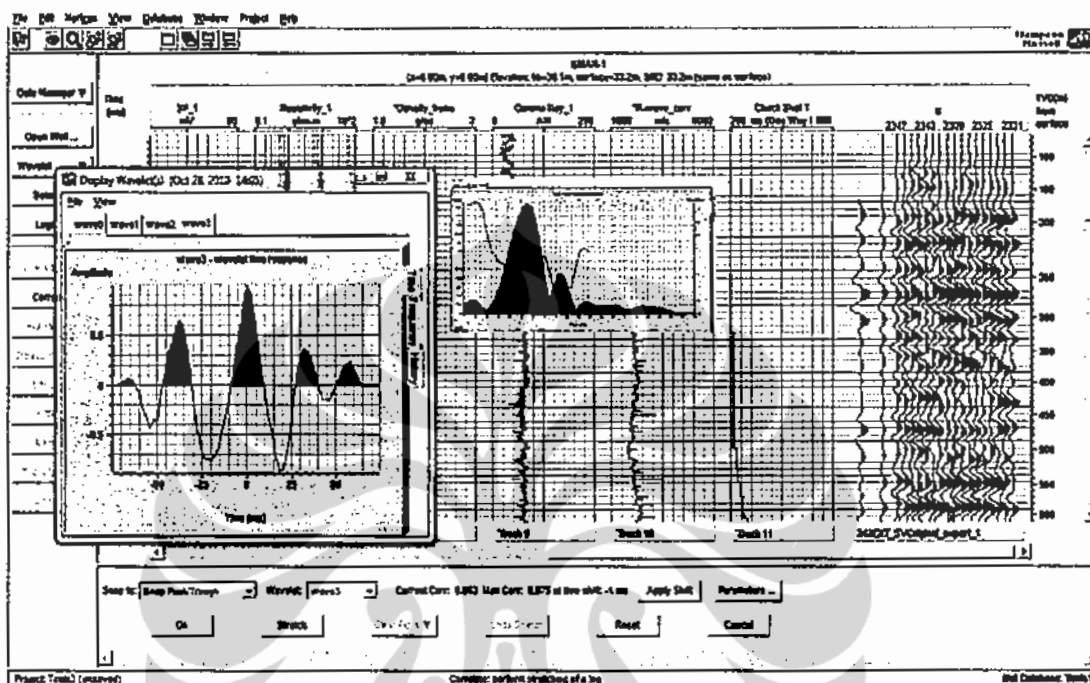
Gambar 4.6 Memperlihatkan *Check Shot Analysis* setelah dilakukan *pick* beberapa titik pada *synthetic trace* dan *seismic trace*.

*Well to tie* seismik dapat dikatakan relatif tepat apabila hasil korelasi mendekati nilai 1. Hasil dari korelasi yang dilakukan antara data seismik L-1 dan sumur A didapat dari *well to tie* seismik adalah 0.74 - 0.85, dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.7 Proses dalam *well to tie* seismik pada data seismik L1 dan Sumur A yang menunjukkan nilai korelasi 0.74 – 0.85

Langkah terakhir adalah ekstrak wavelet dengan data sumur untuk mendapatkan frekuensi domina. Dari hasil akhir dari well to tie seismic didapat nilai frekuensi dominan 27Hz – 35 Hz.



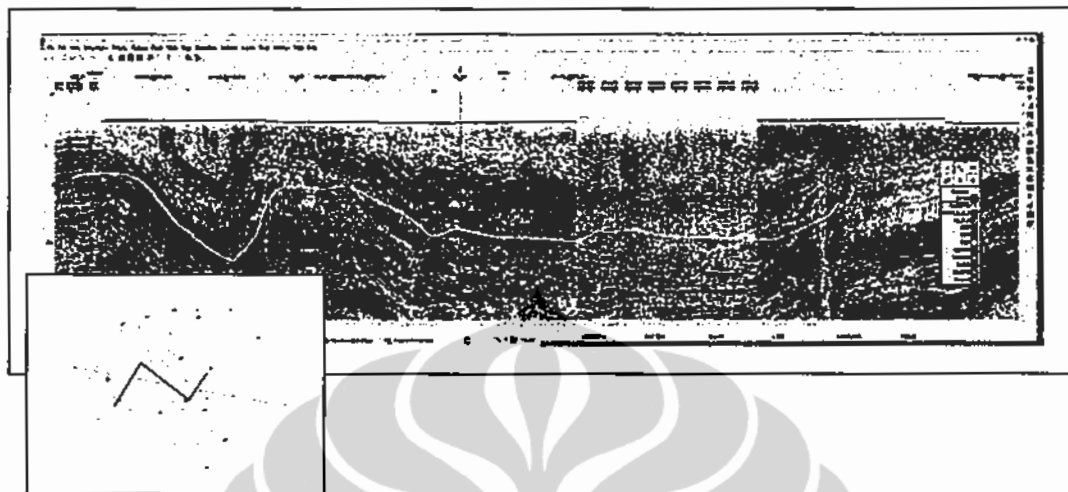
Gambar 4.8 Hasil akhir dari Well to Tie Seismic memperlihatkan nilai frekuensi dominan 27 Hz – 35 Hz.

#### 4.2.4. Interpretasi Horizon

Interpretasi horizon dilakukan dengan menggunakan software *Geograpix (Seisvision)*, dan dari hasil *well tie* seismik dan grafik konversi domain kedalaman terhadap domain waktu maka didapat lapisan batubara yang dijadikan patokan sebagai penarikan horizon batubara. Sebelum dilakukan penarikan horizon batubara, masing masing line seismik dilakukan *shifting* untuk saling korelasi antara line lintasan seismik 2D, hal ini dilakukan untuk pensejajaran dari horizon yang sama berdasarkan kesamaan karakter seismik. Data seismik berupa data dengan format SEG-Y yang telah di *post stack* dilakukan penarikan horizon batubara meskipun ada kesulitan pada beberapa line, dikarenakan pada lintasan



tersebut reflektor seismik yang kurang baik. Dibawah ini adalah gambar dari *composite* beberapa lintasan seismik 2D.



Gambar 4.9 *Composite* lintasan seismik 2D ; L13, L14 dan L09

#### 4.2.5. Ekstraksi Amplitude

Ekstraksi amplitudo dilakukan pada semua line seismik yang memiliki horizon batubara, hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai amplitudo pada lapisan batubara di daerah penelitian yang kemudian di plot kedalam kontur amplitudo lapisan batubara. Nilai amplitudo bervariasi berkisar dari nilai 0 sampai 12.

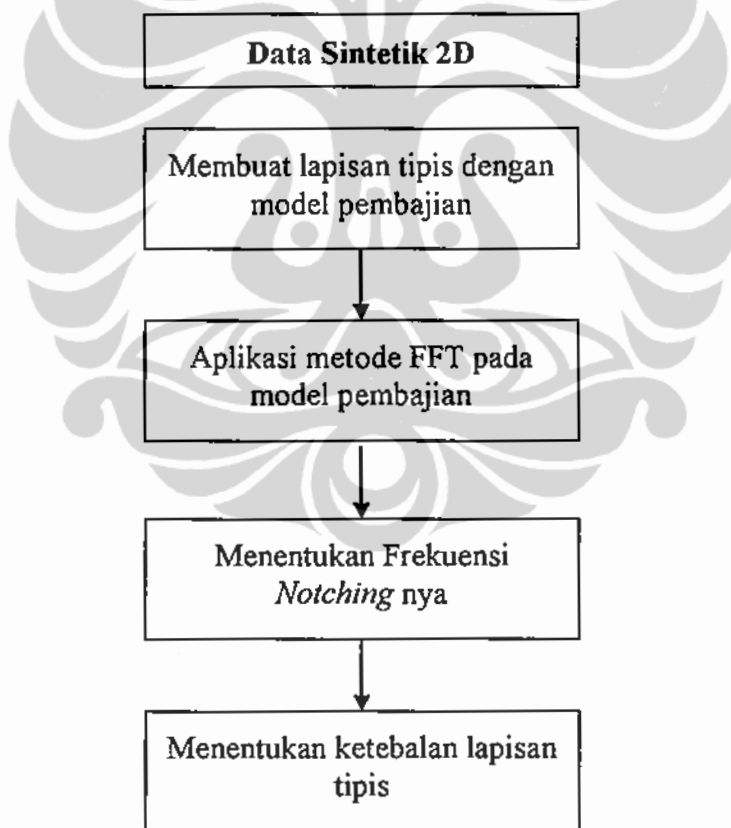
#### 4.3. Pengolahan Data Dekomposisi Spektral

Seperti telah singung didepan, di bab ini akan dibahas mengenai pengolahan data untuk estimasi ketebalan dan penyebaran lapisan tipis batubara menggunakan metoda dekomposisi spektral (FFT) dengan bahasa pemograman MATLAB 7.0.1 (R-14). Berikut ini akan dibahas mengenai pengolahan data sintetik seismik 2D dan data real seismik 2D.

#### 4.3.1. Pengolahan Data Sintetik Seismik 2D

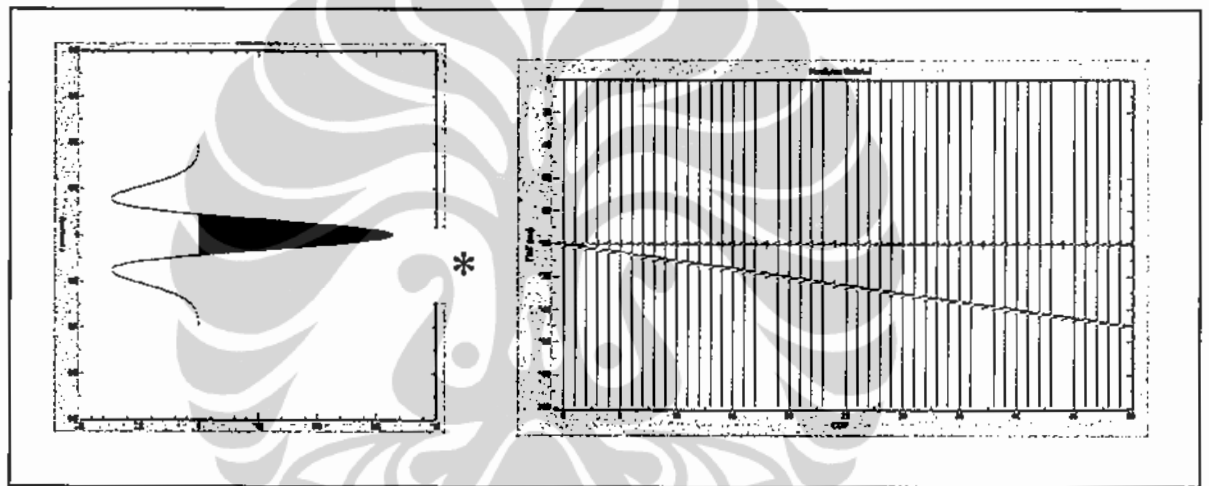
Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan data sintetik 2D dan penentuan ketebalan lapisan tipis seperti gambar 4.10 di bawah ini. Data sintetik seismik yang digunakan dibentuk dengan menggunakan pemodelan konvolusional yang menyatakan bahwa jejak seismik merupakan proses konvolusi dari koefisien reflektivitas bumi dengan sumber gelombang.

Untuk memahami konsep penggunaan dekomposisi spektral dalam memprediksi keberadaan lapisan tipis, maka dibuat model pembajian sederhana. Model pembajian yang dibuat merupakan konsep dasar untuk mengetahui batas ketebalan dari suatu lapisan yang masih dapat dibedakan dengan lapisan lainnya.

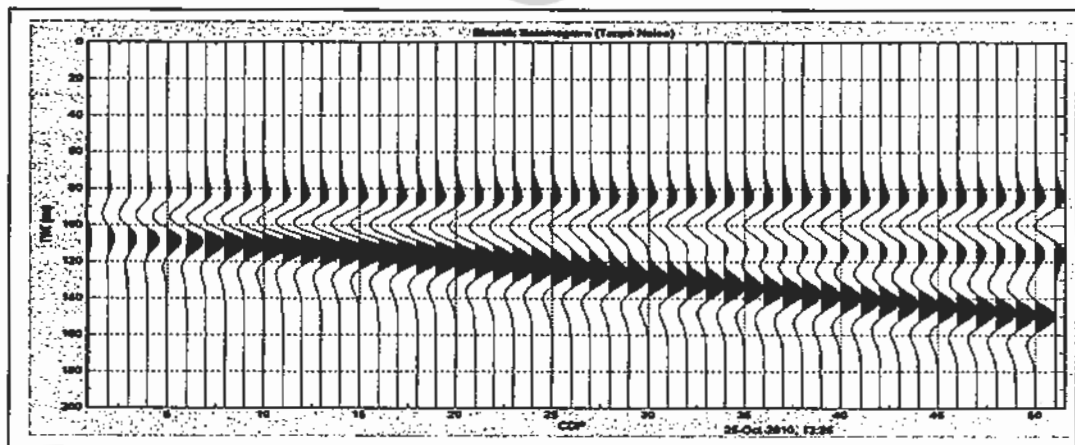


**Gambar 4.10** Diagram alir pembuatan data sintetik 2D serta penentuan ketebalan lapisan tipis

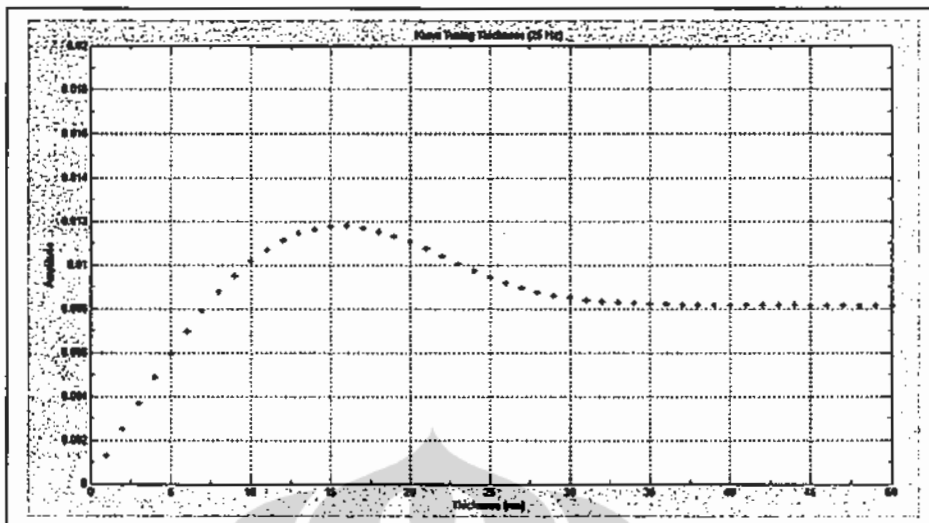
Model pembajian akan dibuat sebagai data sintetik seismik 2D dan koefisien reflektivitas dibuat dengan nilai yang sama tetapi dengan magnitude yang berbeda, batas atas model baji memiliki koefisien refleksi positif sedangkan batas bawah model baji koefisien refleksinya negatif. Wavelet yang digunakan sebagai sumber gelombang adalah wavelet Ricker dengan frekuensi dominan 20 Hz, 25 Hz, 30 Hz, 35 Hz, 40 Hz, 45 Hz dan interval sampel 2 ms. Kemudian wavelet Ricker dikonvolusikan dengan koefisien reflektivitas menghasilkan model pembajian seperti pada gambar 4.11. Gambar 4.12 memperlihatkan hasil dalam thickness dan gambar 4.13 hasil plot amplitudo maksimum versus ketebalan (TWT).



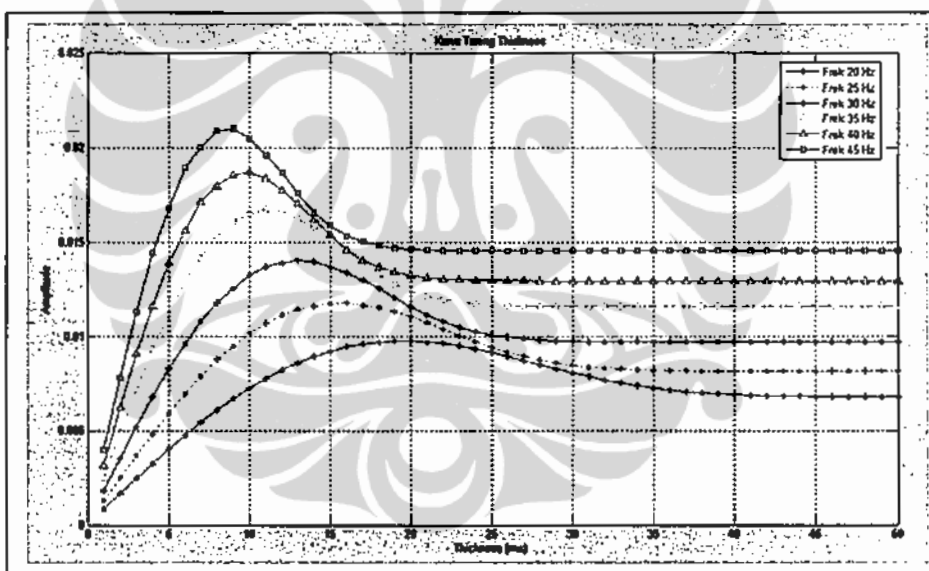
Gambar 4.11 Konvolusi antara Wavelet Ricker dengan koefisien reflektivitas dengan frekuensi dominan 20 Hz



Gambar 4.12 Hasil konvolusi dalam Thickness



Gambar 4.13 Plot Amplitudo Maksimum versus ketebalan (TWT) pada frekuensi dominan 20Hz



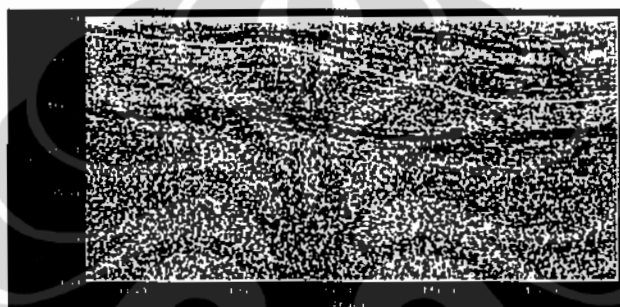
Gambar 4.14 Plot Amplitudo Maksimum versus ketebalan (TWT) pada frekuensi dominan 20 Hz, 25 Hz, 30 Hz, 35 Hz, 40 Hz, 45 Hz.

### 4.3.2. Pengolahan Data Real Seismik 2D

Data yang diolah sebagai data real berupa data SEG-Y sebanyak 18 line yang sudah diinterpretasi horizon batubaranya sebagai objek penelitian. Dekomposisi spektral yang dilakukan yaitu metoda FFT (*Fast Fourier Transform*) untuk menentukan ketebalan dari lapisan batubara. Sebagai input data pada

pengolahan data dekomposisi spektral adalah data SEGYY seismik 2 D yang sudah di flatten pada horizon batubara tersebut.

Penentuan ketebalan lapisan batubara menggunakan metoda dekomposisi spektral, prinsip utama dari metoda ini adalah dengan mentransformasi data seismik 2D kedalam frekuensi domain dengan menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*). Hasilnya adalah berupa layer-layer spektrum yang berbeda beda. Spektrum amplitudo dipercaya merepresentasikan variasi ketebalan lapisan sebagai fungsi waktu sedangkan fasa spektrum memberikan indikasi ketidakselarasan geologi secara lateral.



**Gambar 4.15** Gambar display data SEGYY L1 hasil input data real seismik 2D dan garis kuning menunjukkan horizon batubara.

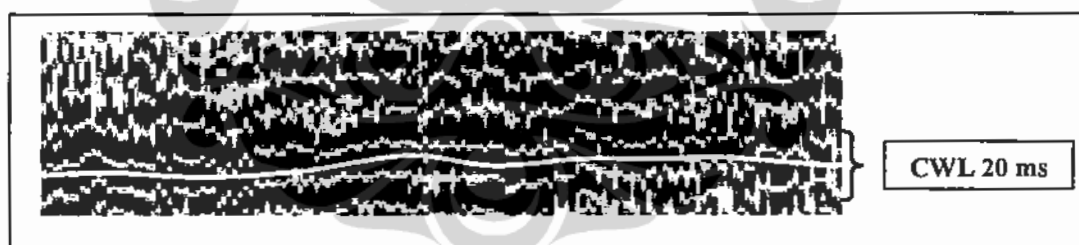


**Gambar 4.16** Gambar display data SEGYY L1 hasil input data real seismik 2D yang sudah di *flatten* dan kotak merah menunjukkan *flattening* dari horizon batubara.

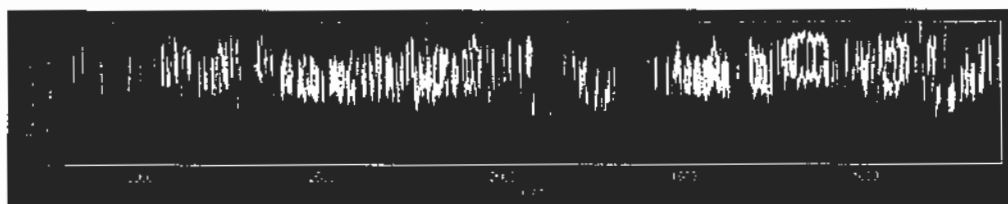
Berdasarkan hasil dari proses dekomposisi spektral dengan data seismik sintetik, maka tahapan selanjutnya adalah menguji dengan data seismik real. Pada metoda FFT, digunakan data seismik dalam bentuk SEGYY sesudah dilakukan *picking horizon* batubara baik sebelum dan sesudah di *flattening*. *Picking horizon* dilakukan pada formasi Muara Enim dan sebagai objeknya yaitu lapisan batubara.

#### 4.3.2.1 *Generating Window Analysis*

Dekomposisi spektral dieksekusi berdasarkan parameter panjang jendela. Pemilihan panjang jendela berdasarkan pada korelasi antara marker dengan data seismik pada *syntetic seismogram*. Dalam aplikasi yang dipakai dalam penelitian, dipakai dengan cara panjang jendela diset relatif terhadap suatu horizon tertentu. Penulis menggunakan horizon batubara yang sudah di ratakan (*flattening*). Pada bagian proses data, penulis telah melakukan percobaan analisa dekomposisi spektral untuk 30 ms dan 20 ms *centered window length*, yang meliputi zona *interest*. *Trial and error* harus dilakukan untuk mendapatkan analisa *window* secara optimum yang pengaruh pada validasi dari input data dalam analisa dekomposisi spektral untuk semua lintasan yang berjumlah 18 buah. Dari hasil percobaan maka panjang jendela yang dipakai adalah 20 ms, hal ini disebabkan picking pada horizon batubara memiliki wiggle rata rata dari semua line lintasan antara 12-17 ms. Seperti pada gambar dibawah ini yang menunjukkan horizon batubara berwarna kuning dan panjang window 20 ms hasil perhitungan dari horizon batubara pada analisis *centered window length* (CWL).



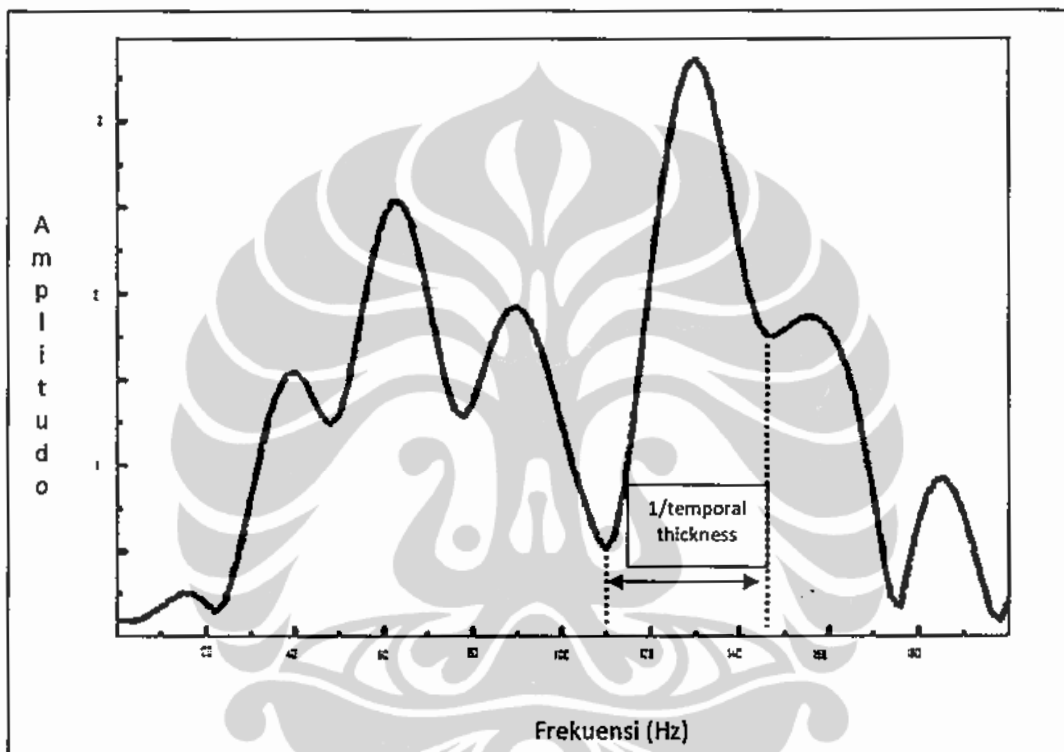
Gambar 4.17 Horizon batubara dengan *centered window length* (CWL) pada L-1



Gambar 4.18 Gambaran profil pada *frequency tuning cube* dengan panjang jendela 20 ms.

### 4.3.2.2 Ekstraksi Frekuensi Tuning

Langkah selanjutnya d proses ini adalah melakukan interpretasi pada window frekuensi. Interpretasi dilakukan pada event frekuensi yang dipercaya mewakili lapisan batubara. Gambar 4.19 adalah hasil interpretasi dari dekomposisi spektral.



Gambar 4.19 Interpretasi dari hasil dekomposisi spektral merupakan tuning frekuensi, dimana tanda panah menunjukan  $1/\text{temporal thickness}$ .

Didalam terminologi dekomposisi spektral, frekuensi dimana target terlihat dengan jelas yang disebut dengan *Tuning Frequency*, dan penentuan *Tuning Frequency* ini bersifat *interpretative*. Hasil aplikasi dari dekomposisi spektral akan dibahas pada bab selanjutnya yaitu bab 5 tentang analisis dan pembahasan.





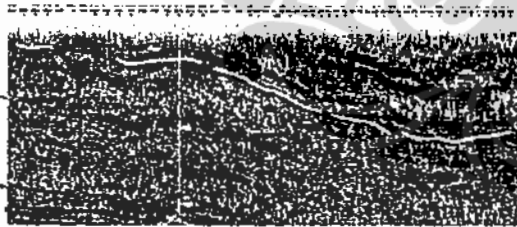
**BAB 5**  
**ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**5.1. Analisis Data Seismik**

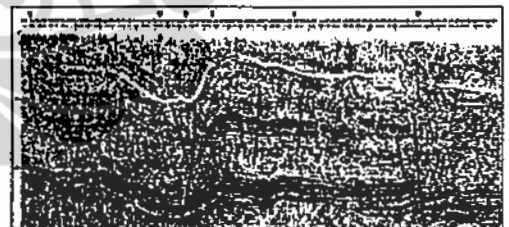
Seperti telah disinggung didepan, pada bab ini akan dibahas mengenai hasil interpretasi seismik 2D dan evaluasi lapisan tipis batubara yang prosesnya telah dikerjakan pada bab sebelumnya. Analisis yang akan dipeberkan pada bab bahasan ini lebih difokuskan kepada pengolahan hasil akhir yang diperoleh dari proses estimasi ketebalan lapisan batubara dengan menggunakan metoda dekomposisi spektral dan pemanfaatan data seismik 2D.

**5.1.1. Hasil Interpretasi Seismik 2D**

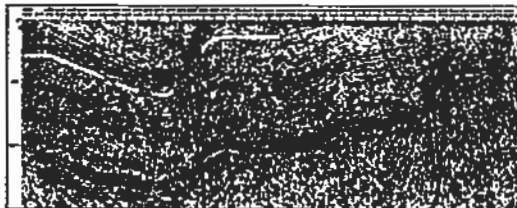
Seperti yang sudah dibahas dari bab sebelumnya mengenai interpretasi data seismik 2D, maka pada bab ini akan ditampilkan hasil dari interpretasi tersebut.



*Line L-1*



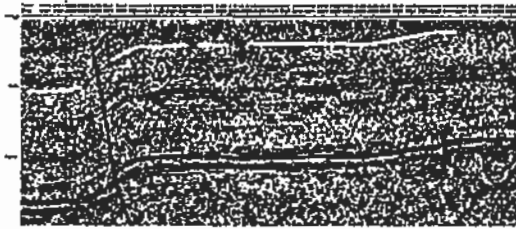
*Line L-2*



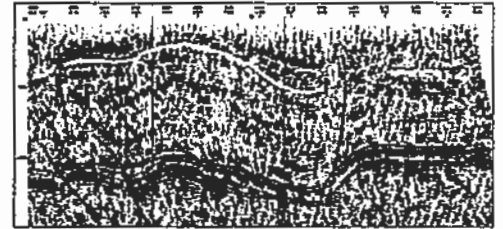
*Line L-3*



*Line L-4*



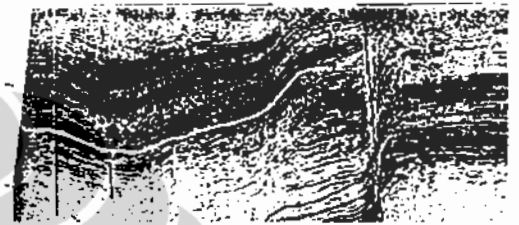
Line L-5



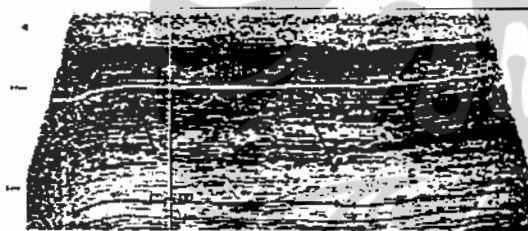
Line L-6



Line L-7



Line L-8



Line L-9



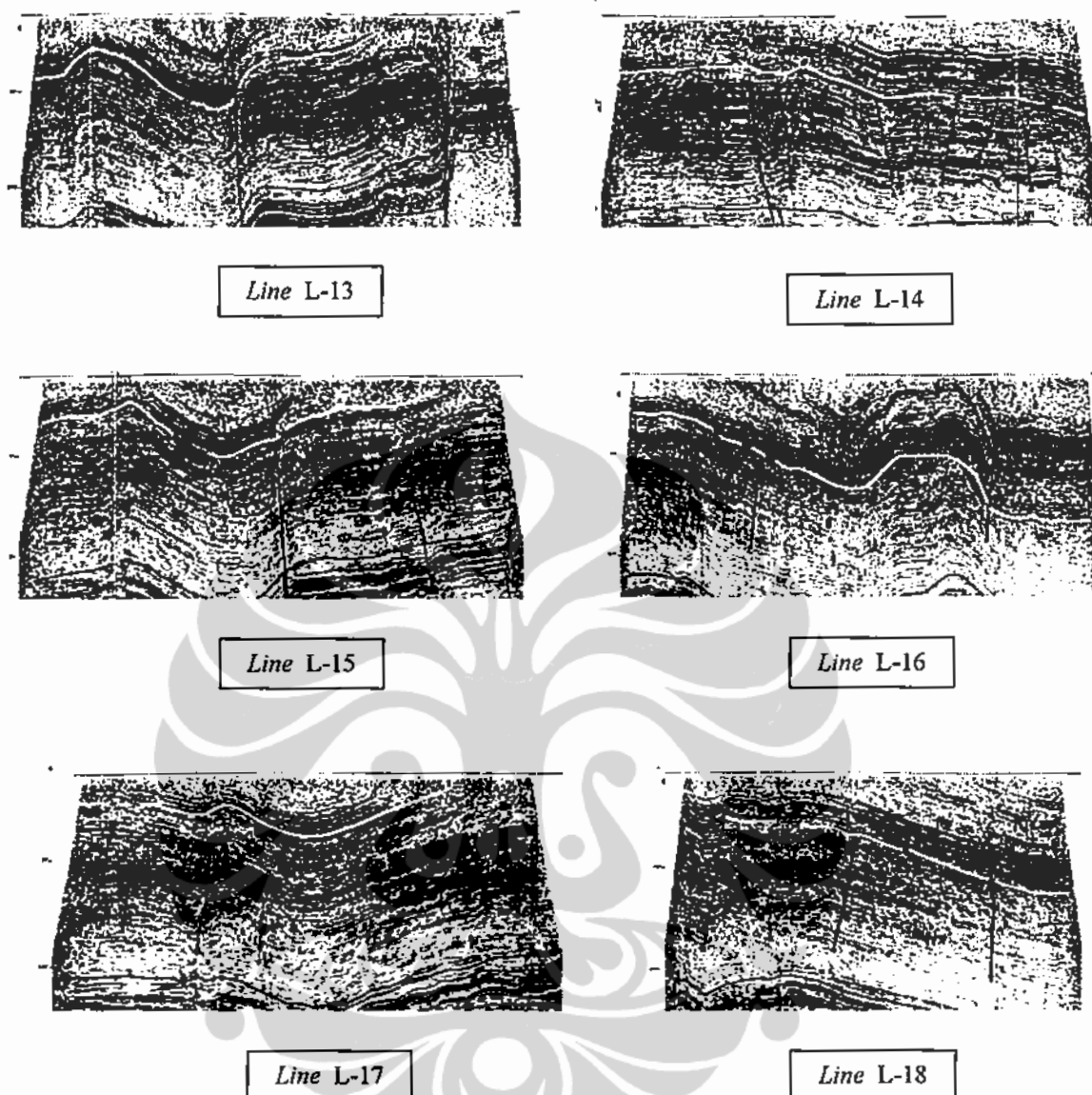
Line L-10



Line L-11



Line L-12

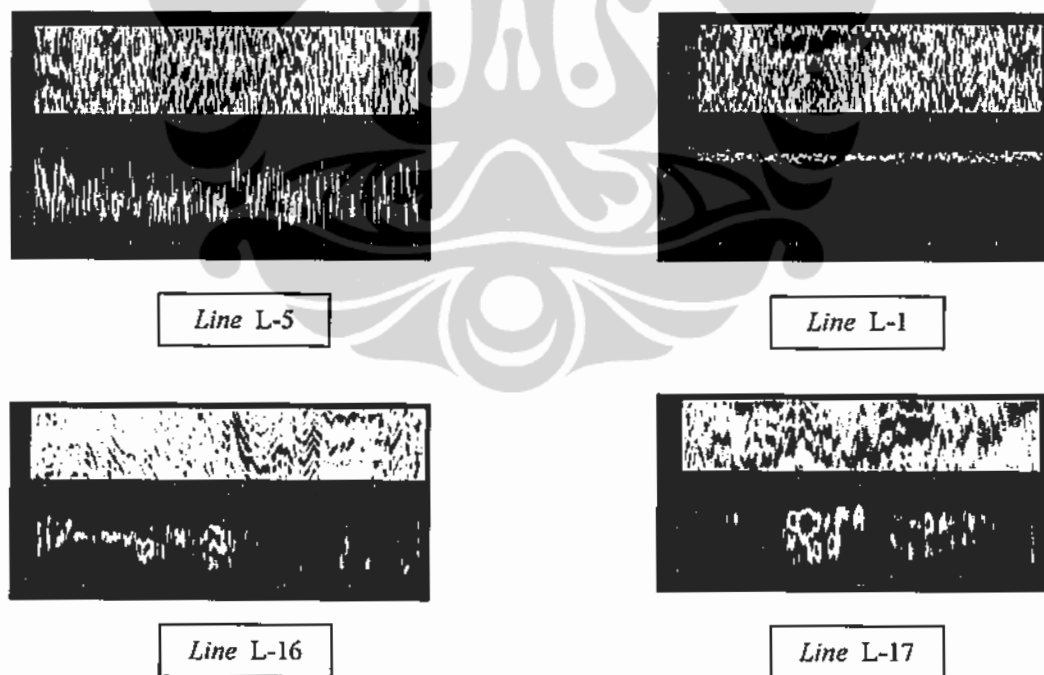


Gambar 5.1 Hasil interpretasi seismik2D dari masing masing lintasan, horizon berwarna kuning adalah horizon batubara sebagai objek penelitian.

### 5.1.2. Analisis Estimasi Ketebalan dan penerusan lapisan Batubara

Metoda spektral dekomposisi mengaplikasikan transformasi Fourier pada data seismik (yaitu pada *zone-of-interest/sub volume*) untuk mendapatkan informasi dalam domain frekuensi, sehingga *thickness* pada domain waktu (*time domain*) menjadi *time thickness* pada domain frekuensi (*frequency domain*). Dengan demikian, distribusi lateral lapisan tipis bisa diketahui dengan mudah.

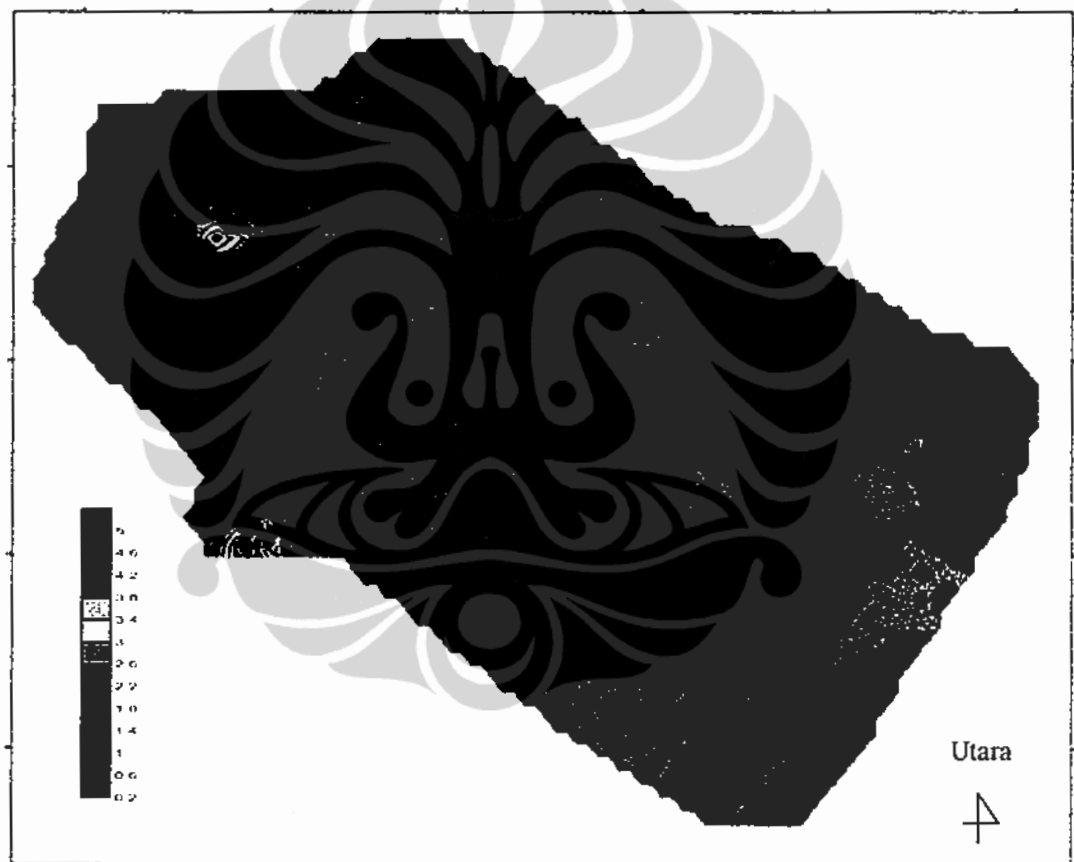
Dari hasil pengolahan data yang dilakukan dengan metoda dekomposisi spektral (FFT), lapisan batubara pada horizon tertentu didapatkan lapisan batubara dengan ketebalan maksimum 16 meter. Penulis mengambil maksimum ketebalan lapisan batubara dari tuning frekuensi yaitu 35 Hz dengan velocity batubara adalah 2100 m/s, sedangkan velocity batubara dihitung dari log sonik ( $\Delta t$  lignit dan sub bitumen adalah 140  $\mu$ s, sumber *The Geological Interpretation of Well Log*, Rider, 1996). Dimana  $V=1/ \Delta t$ , dan  $V = \lambda \cdot f$ , dan  $\Delta Z_{\text{tuning}} = \frac{1}{4} \lambda$  (seperti rumus 3.6-3.10 yang telah dibahas di bab 3), Hasil aplikasi dari dekomposisi spektral berupa nilai frekuensi dan ketebalan dari tiap-tiap *trace* lapisan batubara, kemudian hasil data tersebut dipetakan penyebaran secara lateral berupa kontur dengan metoda *kriging*. Di bawah ini diperlihatkan beberapa gambar hasil input data real dari segy seismik 2D sebelum dan sesudah di *flatten* yang menunjukkan puncak amplitudo pertama dalam window frekuensi hasil proses dekomposisi spektral.



Gambar 5.2 Hasil analisis dekomposisi spektral seismik2D yang menunjukkan nilai frekuensi dari masing masing *trace* seismik

### 5.1.3. Peta Kontur Lapisan Batubara

Hasil terakhir dari dekomposisi spektral dan interpretasi dari objek lapisan tipis batubara berupa ketebalan yang kemudian dipetakan dalam bentuk kontur ketebalan lapisan batubara tersebut. Dari interpretasi seismik pada zona kajian seperti terlihat dalam kontur ekstrak amplitudo, kontur ketebalan lapisan batubara, kontur waktu (*time*) struktur permukaan lapisan batubara dan kontur kedalaman struktur permukaan lapisan batubara, seperti pada gambar 5.2, 5.3, 5.4, dan 5.5

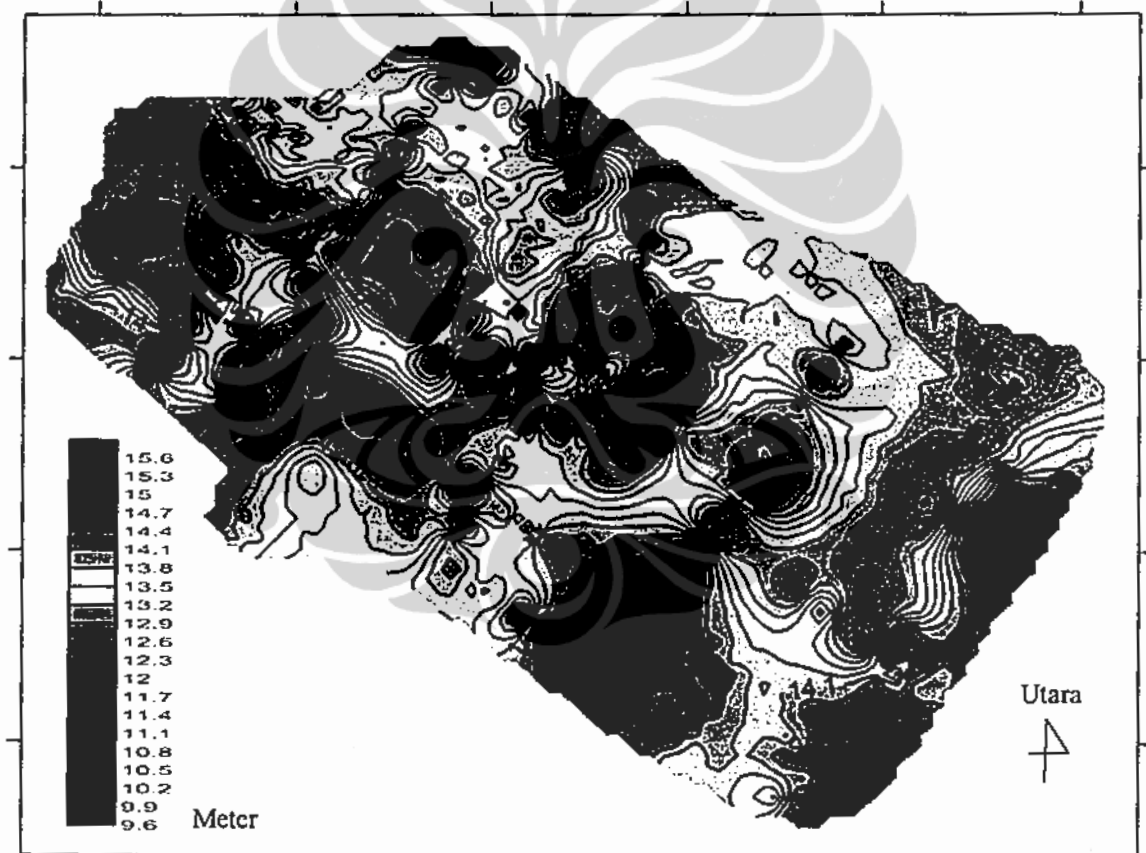


Gambar 5.3 Peta kontur amplitudo (Warna merah menunjukkan indikasi amplitudo yang tinggi dan biru menunjukkan amplitudo yang rendah).

Pada gambar diatas menunjukkan nilai amplitudo dari lapisan batubara dari interval 0 sampai dengan 5, dimana ada beberapa tempat yang menunjukkan nilai amplitudonya tinggi.

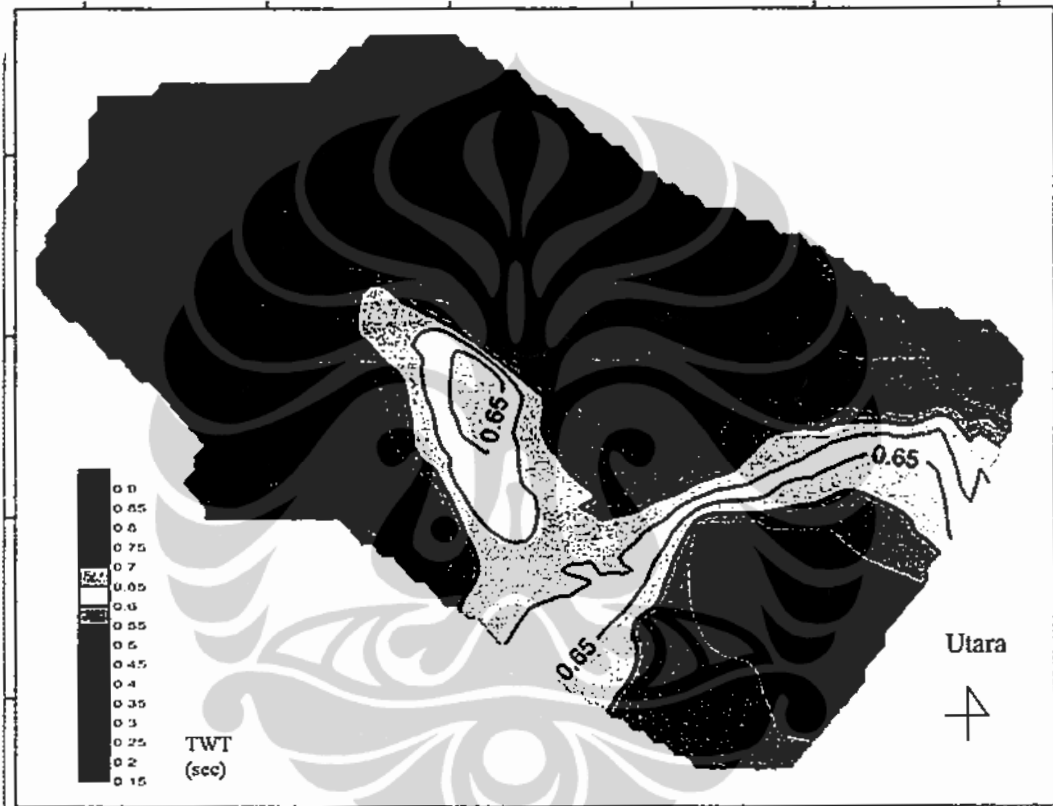
Pada tahap terakhir dari analisis yang dilakukan adalah membuat kontur ketebalan dan penyebaran secara lateral lapisan batubara, data yang diperoleh dari hasil analisis dekomposisi spektral.

Harga ketebalan berkisar dari 9 meter sampai dengan 16 meter. Pada gambar 5.4 menunjukkan bahwa ketebalan batubara sangat bervariasi. Penyebaran secara lateral lapisan batubara memiliki ketebalan 12m sampai 16 m berada di daerah Tenggara dan Utara yang ditunjukkan dengan warna kuning sampai merah sedangkan ketebalan lapisan antara 9 m sampai 11 m berada di bagian Barat Laut memanjang ke bagian tengah yang ditunjukkan dengan warna hijau dan biru.



Gambar 5.4 Peta kontur ketebalan lapisan batubara di lapangan X. warna biru memiliki ketebalan 9m-11m dan warna kuning (merah) memiliki ketebalan 11m-16m.

Dari kontur waktu pada struktur permukaan lapisan batubara di lapangan X dibagi menjadi tiga zona yaitu zona dalam, menengah dan dangkal serta mengalami pendangkalan ke arah Barat Laut. Gambar 5.5 dibawah ini adalah peta kontur waktu pada struktur permukaan lapisan batubara, dimana warna kuning sampai merah menunjukkan zona dalam, warna hijau zona menengah dan warna biru menunjukkan zona dangkal.



Gambar 5.5 Peta kontur waktu (*time*) struktur permukaan batubara di lapangan X. menunjukkan pendangkalan ke arah Barat Laut.





## BAB 6

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Untuk mendapatkan model untuk mengetahui batas ketebalan dari suatu lapisan tipis yang masih dapat dipisahkan kedua reflektornya, maka dibuat model pembajian sederhana sebagai data seismik sintetik 2D, dengan metoda FFT mampu meresolusikan lapisan tipis pada frekuensi 20Hz, 25 Hz, 30Hz, 35Hz, 40Hz, 45 Hz, dan batas ketebalan model pembajian yang masih dapat dipisahkan.
- Untuk analisa real data seismik 2D terlebih dahulu dilakukan *flattening* dan membuat *time window* dengan jumlah sampel *time* tergantung dari masing masing lintasan seismik dan dari hasil dekomposisi spektral dengan metoda FFT (*Fast Fourier Transform*).
- Metoda spektral dekomposisi mengaplikasikan transformasi Fourier pada data seismik (yaitu pada *zone-of-interest/sub volume*) untuk mendapatkan informasi dalam domain frekuensi, sehingga *thickness* pada domain waktu (*time domain*) menjadi *time thickness* pada domain frekuensi (*frequency domain*). Dengan demikian, distribusi lateral lapisan tipis bisa diketahui dengan mudah.
- Dari hasil pengolahan data yang dilakukan dengan metoda dekomposisi spektral (FFT), lapisan batubara pada horizon tertentu didapatkan lapisan ketebalan batubara dengan ketebalan maksimum 16 meter. Penulis mengambil maksimum ketebalan lapisan batubara dalam hal ini dikarenakan dari hasil *well tie* yang sudah diproses dengan menggunakan *Hampson Russell (HRS)* didapatkan wavelet dengan korelasi 0,73 sampai 0,84. Dari hasil tuning frekuensi didapat frekuensi 35 Hz dan velocity dari batubara 2100 m/s ( $\Delta t$  sonik lignit dan sub bitumen 1400 $\mu$ s), maka

didapat ketebalan temporal lapisan tipis maksimum adalah 16 meter dimana  $V = \lambda * f$ , dan  $\Delta Z_{\text{tuning}} = \frac{1}{4} \lambda$ , kemudian dipetakan penyebarannya dengan kontur ketebalan dengan metoda *kriging*.

- Hasil terakhir dari dekomposisi spektral dan interpretasi dari objek lapisan tipis batubara dari Formasi Muara Enim berupa ketebalan yang kemudian dipetakan dalam bentuk kontur ketebalan lapisan batubara tersebut. Dari interpretasi seismik pada zona kajian seperti terlihat dalam kontur ketebalan batubara yang menunjukkan bahwa ketebalan batubara sangat bervariasi, tetapi secara garis besar lapisan batubara yang memiliki ketebalan 12m sampai 16 m berada di daerah Tenggara dan Utara sedangkan ketebalan lapisan antara 9 m sampai 11 m berada di bagian Barat Laut memanjang kebagian tengah.
- Kontur waktu (*time*) struktur permukaan pada lapisan batubara di lapangan X dibagi menjadi tiga zona; zona dalam, menengah dan dangkal serta mengalami pendangkalan kearah Barat Laut

## 6.2. Saran

- Sebaiknya dilakukan survei seismik 3D untuk mendapatkan kerapatan data yang lebih baik, sehingga penelusuran penyebaran lateral lapisan batubara lebih akurat.
- Sebaiknya dilakukan metoda lain juga untuk mendeteksi lapisan tipis untuk mendapatkan studi perbandingan dengan metoda dekomposisi spektral FFT.
- Untuk memberikan hasil yang lebih maksimal maka kualitas data seismik harus lebih baik lagi.



## DAFTAR REFERENSI

- A.d.,Tarsis, 2001, *Laporan Pengkajian Batubara Bersistem Dalam Cekungan Sumatera Selatan di Daerah Benakat Minyak dan sekitarnya Kabupaten Muara Enim Propinsi Sumatera Selatan*, DIT SDM, Tidak Diterbitkan.
- Castagna, J.P. and S. Sun., *Comparison of Spectral Decomposition Methods*. EAGE, 24, 2006. 75-79.
- De. Coster G.L., 1974 *The Geologi of the Central Sumatra and South Sumatra Basins*, Proceeding Indonesian Petroleum Assoc., 4<sup>th</sup> Annual Conventionn.
- FMIPA. 2008. *Pedoman penulisan tesis atau disertasi, tata cara dan aturannya untuk mahasiswa program magister dan doktor*. Universitas Indonesia.
- Gochioco, L.M., 1991,. *Applications of the Seismic Interactive Interpretaton Workstation for The Coal Industry*, Mining Engineering. 1057-1061
- Hall, M., Trouillot, E. 2004. *Predicting Stratigraphy With Spectral Decomposition*. Landmark Graphics.
- Haris, Abdul., Lisapoly L., *Thin Bed Effect on Reflection Amplitude and Its Correlation with AVO Analysis*: Proceedings of the 17th National Physics Symposium and The AAPPS Seminar on Physics of Materials.
- Ilyas, Syufra, 1999, *Laporan Pengkajian Cekungan Batubara di Daerah Talang Ubi Kabupaten Musi Banyuasin dan Muara Enim Propinsi Sumatera Selatan*, DIT SDM, Tidak Diterbitkan.
- Kishore, Mahendra, et.al, 2006, *An Approach to Net Thickness Estimation Using Spectral Decomposition*, Geohorizon, p 58 – 61.
- Koesoemadinata, R.P., & Hardjono., 1977; *Kerangka Sedimenter Endapan Batubara Tersier Indonesia*, PIT : IAGI ke VI, tidak diterbitkan.
- Laughlin, K., Fink, L., and Barnes, A.E. 2004. *Improving Frequency Domain Thin Bed Analysis*. Landmark Graphics.
- Laughlin, K., Garossino, P., and Partyka, G. 2003. *Spectral Decomposition for Seismic Stratigraphic Patterns*. Geophysical Corner.
- Munadi, Suprajitno, 2000, *Apek Fisis Seismologi Eksplorasi*, Buku Ajar, FMIPA-UI.
- Munadi, Suprajitno, 2003, *Pengantar memahami transformasi Fourier*, Buku Ajar, FMIPA-UI; 51

Munadi, Suprajitno, 2003, *Pengantar memahami transformasi Fourier*, Buku Ajar, FMIPA-UI; 51

Partyka, G.J., Gridley, J., and Lopez, J. 1999. *Interpretational Applications of Spectral Decomposition in Reservoir Characterization*. The Leading Edge, 18, 353-360.

Rider, M.H. (1996), *The Geological Interpretation of Well Log*. Petroleum Exploration Consultant Rider-French Consulting Ltd. Cambridge and Sutherland.

Sheriff, R.E., and L. P. Geldart, 1983. *Exploration Seismology*: Cambridge University Press, New York

Sukmono, Sigit. 2004. *Seismik Atribut Untuk Karakterisasi Reservoar Teknik Geofisika*, Institut Teknologi Bandung.

