

**APLIKASI DEKOMPOSISI SPEKTRAL
UNTUK PENINGKATAN RESOLUSI DATA SEISMIK
PADA LAPISAN TIPIS BATUBARA**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Magister Sains

**NOVITA FITRIAH
0606001424**



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

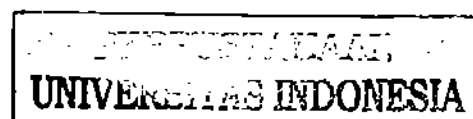
**APLIKASI DEKOMPOSISI SPEKTRAL
UNTUK PENINGKATAN RESOLUSI DATA SEISMIK
PADA LAPISAN TIPIS BATUBARA**

TESIS

**NOVITA FITRIAH
0606001424**



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



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Novita Fitriah

NPM : 0606001424

Tanda Tangan :

Tanggal : 30 Juni 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh

Nama : Novita Fitriah
 NPM : 0606001424
 Program Studi : Magister Fisika Kekhususan Geofisika Reservoir
 Judul Tesis : Aplikasi Dekomposisi Spektral untuk Peningkatan Resolusi Data Seismik pada Lapisan Tipis Batubara

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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

Ketua : Dr. Dedi Suyanto (.....)

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

Pembimbing : Prof. Dr. Suprajitno Munadi (.....)

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

Penguji : Dr. Ricky Adi Wibowo (.....)

Penguji : Dr. Carlos Tarazona (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 30 Juni 2009

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalamin penulis mengucapkan rasa syukur yang paling besar kepada ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat, kesehatan, kesabaran dan kekuatan bagi penulis sehingga penulisan tesis ini dapat terselesaikan sebelum tenggat waktu yang diberikan. Dalam penulisan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sangat besar kepada beberapa pihak yang sangat membantu dalam menyelesaikan penulisan tesis ini.

1. **Dr. Dedi Suyanto** sebagai Ketua Program Pascasarjana Fisika
2. **Dr. Abdul Haris** sebagai pembimbing pertama yang dengan penuh kesabaran mau meluangkan waktu memberikan masukan dan arahan dan memberikan support sehingga tesis ini dapat terselesaikan
3. **Prof. Dr. Suprajitno Munadi** sebagai pembimbing kedua yang telah sangat memberikan pengaruh yang sangat besar kepada penulis. Semua kritikan dan teguran yang disampaikan merupakan suatu kritik yang membangun. Mudah-mudahan saya dapat mengamalkan semua ilmu kehidupan maupun ilmu perkuliahan yang telah bapak berikan kepada saya....aminnn..
4. Semua Dosen yang sudah mengajar selama melakukan kuliah di Jurusan Geofisika Reservoir Universitas Indonesia. Semoga apa yang sudah diajarkan dapat bermanfaat bagi penulis pribadi dan orang lain.
5. Semua rekan-rekan seperjuangan angkatan 2006 dari Program Pascasarjana Geofisika Reservoir UI atas dorongan dan kebersamaan yang telah terjalin selama ini. Khusus bagi Humbang Purba, Dina Zaenab, Nina Sasmita, Teh Yuli, Iin Fransisca, Budi Rahim Permana dan yang merupakan sumber bagi penulis dalam bertanya dan support yang sangat besar dalam mengerjakan tesis ini.
6. Kedua Orang Tua penulis yang sudah membesarkan, mendidik dan menjadi pelindung bagi penulis selama ini. Semoga ALLAH SWT selalu memberikan

rahmat, kesehatan, keselamatan dan berkah bagi mereka berdua, amin...juga untk kakak-kakak, adik-adik dan keponakan-keponakanku.....

7. Keluarga besar Dina Zaenab yang telah sangat membantu penulis. Semoga ALLAH SWT selalu memberikan kemudahan dan rahmat bagi mereka semua, amin...
8. Semua Keluarga besar di M3nergy Gamma yang sudah sangat baik dan sabar menghadapi penulis dan pengertiannya menerima ketidakhadiran penulis di kantor dan aktivitas-aktivitas lainnya sewaktu penulis menyelesaikan tesis ini.

Penulis mengerti sepenuhnya penulisan tesis ini jauh dari sempurna, untuk itu penulis akan sangat berterima kasih jika ada saran maupun kritik yang diberikan guna memperbaiki penulisan penelitian ini. Dan Penulis sangat berharap penelitian ini akan dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Jakarta, Juni 2009



Penulis

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

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

Nama : Novita Fitriah
NPM : 0606001424
Program Studi : Magister Sains
Departemen : Fisika
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 :

Aplikasi Dekomposisi Spektral untuk Peningkatan Resolusi
Data Seismik pada Lapisan Tipis Batubara

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 tanpa meminta izin dari 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 : 11 Juli 2007
Yang menyatakan



(Novita Fitriah)

ABSTRAK

Nama : Novita Fitriah
Program Studi : Pasca Sarjana Geofisika Reservoir
Judul : Aplikasi Dekomposisi Spektral untuk Peningkatan Resolusi Data Seismik pada Lapisan Tipis Batubara

Data seismik merupakan data yang secara alami tidak stasioner, karena mempunyai berbagai kandungan frekuensi dalam domain waktu. Salah satu atribut seismik yang bertujuan untuk mencirikan tanggapan frekuensi yang tergantung waktu dari batuan dan reservoir bawah permukaan adalah dekomposisi waktu-frekuensi atau sering disebut sebagai dekomposisi spektral. Dengan dekomposisi spektral diharapkan lapisan-lapisan sedimen yang tidak tampak terpisah (berada di dalam satu *wiggle wavelet*) dengan menggunakan data seismik konvensional, akan tampak terpisah jelas. Salah satu metode dari dekomposisi spektral yaitu Continuous Wavelet Transform (CWT).

CWT adalah metoda dekomposisi waktu-frekuensi (*time-frequency decomposition*) yang ditujukan untuk mengkarakterisasi respon seismik pada frekuensi tertentu. Studi ini dilakukan dengan mengaplikasikan CWT pada wavelet dan frekuensi tertentu untuk melihat resolusi dari seismik. Wavelet yang digunakan pada studi ini adalah wavelet morlet, complex Gaussian-4, daubechies-5, coiflet-3 dan symlet-2 pada frekuensi 20 Hz, 40 Hz, 60 Hz dan 80 Hz (pada data sintetik 2D seismik) serta 40 Hz, 60 Hz, 80 Hz (pada data real 2D seismik)

Dan hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada data seismik sintetik 2D seismik dilakukan aplikasi CWT dengan *time sample* 3s dan 50 CDP *trace* menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi maka pemisahan lapisan tipis yang dapat dilakukan semakin baik. Pada data seismik real 2D, pemisahan lapisan tipis pada batubara terjadi pada *tuning frequency* 80 Hz dengan menggunakan wavelet symlet-2.

ABSTRACT

Name : Novita Fitriah
Study Program : Sains Magister of Reservoir Geophysics
Title : Application of Spectral Decomposition to Enhance Seismic Data Resolution in Thin Bed Coal

Seismic data is naturally a non-stationary data, because it has many frequencies information in time domain. One of seismic attributes, which is used to characterize the frequency response as function of time and reservoir rock, is time-frequency decomposition or commonly known as spectral decomposition. By using spectral decomposition, it is expected that thin sedimentary layers (in one wiggle wavelet) can be separated rather than using conventionally seismic data.

CWT is one of time-frequency decomposition method to decompose the seismic signal into single frequency. This study had been carried out by implementing CWT in certain wavelet and frequency to analyze the seismic resolution. The various wavelets had been used this study, they are morlet, complex Gaussian-4, daubechies-5, coiflet-3 and symlet-2. The various frequencies of 20 hz, 40 Hz, 60 Hz dan 80 Hz frequency (for 2D synthetic seismic data) and 40 Hz, 60 Hz, 80 Hz frequency (for 2D real seismic data) are applied.

The application of 2D synthetic seismic data that is implemented with CWT, 0.3 s time sample and 50 trace, shows that the use of higher frequency shows better separation. In addition, the application of 2D real seismic data shows that the best separation is in the frequency of 80 Hz with wavelet symlet-2.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Maksud dan Tujuan	2
I.3 Identifikasi Masalah	2
I.4 Batasan Masalah	2
I.5 Objek Penelitian	2
I.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TEORI DASAR	5
II.1 Wavelet	6
II.2 Teori Konvolusi Seismik	13
II.3 Resolusi Seismik	14
II.3.1 Resolusi Vertikal	15
II.3.2 Resolusi Lateral	16
II.4 Transformasi Fourier	17
II.5 Dekomposisi Spektral	19
II.6 Wavelet Transform	27
II.7 Continues Wavelet Transform (CWT)	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
III.1 Perangkat Lunak	30
III.2 Data Daerah Penelitian	30
III.3 Prosedur Penelitian	32
III.3.1 Data Sintetik 2D Seismik	32
III.3.2 Analisa Log	32
III.3.3 Data Checkshot	33
III.3.4 Well Tie	34

III.3.5	Zona Target	37
III.3.6	Pemilihan wavelet dari Family Of Wavelet	37
III.3.7	Aplikasi CWT	38
III.3.8	Tuning Frekuensi	38
III.3.9	Daya Pisah	38
BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA		
IV.1	Pembuatan Data Sintetik 2D	39
IV.1.1	Variasi Data Sintetik terhadap Wavelet Morlet	39
	Variasi Data Sintetik terhadap Wavelet Complex	
IV.1.2	Gaussian-4	42
IV.1.3	Variasi Data Sintetik terhadap Wavelet Daubechies-5	44
IV.1.4	Variasi Data Sintetik terhadap Wavelet Coiflet-3	46
IV.1.5	Variasi Data Sintetik terhadap Wavelet Symlet-2	49
IV.2	Data real 2D Seismik	51
IV.2.1	Variasi Frekuensi Data Real 2D Seismik Terhadap Wavelet Morlet	52
IV.2.2	Variasi Frekuensi Data Real 2D Seismik Terhadap Wavelet Complex Gaussian-4	55
IV.2.3	Variasi Frekuensi Data Real 2D Seismik Terhadap Wavelet Daubechies-5	60
IV.2.4	Variasi Frekuensi Data Real 2D Seismik Terhadap Wavelet Coiflet-3	64
IV.2.5	Variasi Frekuensi Data Real 2D Seismik Terhadap Wavelet Coiflet-4	69
IV.2.6	Variasi Frekuensi Data Real 2D Seismik Terhadap Wavelet Symlet-2	72
BAB V KESIMPULAN		77
DAFTAR ACUAN		78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konvensi perbedaan antara minimum phase menurut SEG dengan minimum phase menurut standar Eropa	7
Gambar 2.2	Wavelet Daubechies-2	8
Gambar 2.3	Wavelet Daubechies-5	9
Gambar 2.4	Wavelet Daubechies-8	9
Gambar 2.5	Wavelet Symlet-2	10
Gambar 2.6	Wavelet Coiflet-3	10
Gambar 2.7	Wavelet Coiflet-4	11
Gambar 2.8. (a)	(a) Wavelet Morlet yang disesuaikan dengan lebar dan amplitude sepanjang sumbu X	12
Gambar 2.8. (b)	(b) Konstruksi wavelet Morlet (garis putus-putus berwarna biru) sebagai kurva sinus (kurva berwarna hijau) yang dimodelasi dengan menggunakan Gaussian envelope (kurva berwarna merah)	12
Gambar 2.9	Wavelet Morlet	12
Gambar 2.10	Wavelet Complex Gaussian-4	14
Gambar 2.11	Bentuk model konvolusi sederhana	15
Gambar 2.12	Fresnel Zone	17
Gambar 2.13	Ilustrasi pada Fourier Transform (frekuensi waktu)	18
Gambar 2.14	<i>Long Window</i> (Partyka, 1999)	21
Gambar 2.15	<i>Short Window</i> (Partyka, 1999)	22
Gambar 2.16	Spektral Lapisan Tipis (Partyka, 1999)	23
Gambar 2.17	Interferensi Lapisan Tipis (Laughlin, 2003)	24
Gambar 2.18	Reflektivitas Model Baji (Partyka, 1999)	24
Gambar 2.19	Konvolusi Model Baji (Partyka, 1999)	25
Gambar 2.20	Spektral Amplitudo (Partyka, 1999)	25
Gambar 2.21	<i>Thin-Bed Tuning with Frequency Domain</i> (Partyka, 1999)	26
Gambar 2.22	<i>Thin-Bed Tuning with Time Domain</i> (Partyka, 1999)	27
Gambar 2.23	Bagian kiri adalah trace seismik sintetik sedangkan gambar sebelah kanan adalah hasil CWT dengan menggunakan persamaan (1). Perhatikan bahwa CWT ditampilkan dalam kawasan waktu terhadap frekuensi. Waktu tersebut adalah waktu TWT (Two Way Travel Time) dari penampang seismik itu sendiri.	29

Gambar 3.1	Lokasi daerah penelitian	30
Gambar 3.2	Diagram alir proses pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian	31
Gambar 3.3	Model lapisan membaji yang digunakan untuk pembuatan data sintetik	32
Gambar 3.4	<i>Lapisan batubara yang terpisah sejauh 24 meter</i>	33
Gambar 3.5	Wavelet yang digunakan untuk melakukan well to tie seismic	34
Gambar 3.6	Frekuensi Dominan	35
Gambar 3.7	Keterangan parameter wavelet	35
Gambar 3.8. (a)	Koreksi checkshot	36
Gambar 3.8. (b)	Parameter checkshot	36
Gambar 3.9	Proses dalam <i>well to tie seismic</i>	36
Gambar 3.10	Penampang seismik pada line A yang telah diikat dengan sumur A-1	37
Gambar 4.1	Data sintetik 2D dengan wavelet Ricker dan Frekuensi Dominan yaitu 20 Hz	39
Gambar 4.2	Data sintetik 2D dengan wavelet Morlet frekuensi 40 Hz	40
Gambar 4.3	Data sintetik 2D dengan wavelet Morlet frekuensi 60 Hz	41
Gambar 4.4	Data sintetik 2D dengan wavelet Morlet frekuensi 80 Hz	41
Gambar 4.5	Data sintetik 2D dengan wavelet Complex Gaussian-4 frekuensi 40 Hz	42
Gambar 4.6	Data sintetik 2D dengan wavelet Complex Gaussian-4 frekuensi 60 Hz	43
Gambar 4.7	Data sintetik 2D dengan wavelet Complex Gaussian-4 frekuensi 80 Hz	44
Gambar 4.8	Data sintetik 2D dengan wavelet Daubechies-5 frekuensi 40 Hz	45
Gambar 4.9	Data sintetik 2D dengan wavelet Daubechies-5 frekuensi 60 Hz	45
Gambar 4.10	Data sintetik 2D dengan wavelet Daubechies-5 frekuensi 80 Hz	46
Gambar 4.11	Data sintetik 2D dengan wavelet Coiflet-3 frekuensi 40 Hz	47
Gambar 4.12	Data sintetik 2D dengan wavelet Coiflet-3 frekuensi 60 Hz	48
Gambar 4.13	Data sintetik 2D dengan wavelet Coiflet-3 frekuensi 80 Hz	48
Gambar 4.14	Data sintetik 2D dengan wavelet Symlet-2 frekuensi 40 Hz	49
Gambar 4.15	Data sintetik 2D dengan wavelet Symlet-2 frekuensi 60 Hz	50
Gambar 4.16	Data sintetik 2D dengan wavelet Symlet-2 frekuensi 80 Hz	51
Gambar 4.17. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	52
Gambar 4.17. (b)	Data real 2D dengan wavelet Morlet, frekuensi 20 Hz	52
Gambar 4.18. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	53
Gambar 4.18. (b)	Data real 2D dengan wavelet Morlet, frekuensi 40 Hz	53
Gambar 4.19	Data real 2D dengan wavelet Morlet, frekuensi 60 Hz	54
Gambar 4.20. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	55
Gambar 4.20. (b)	Data real 2D dengan wavelet Morlet, frekuensi 80 Hz	55

Gambar 4.21	Data real 2D dengan wavelet Complex Gaussian-4 dan frekuensi 20 Hz	56
Gambar 4.22. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	57
Gambar 4.22. (b)	Data real 2D dengan wavelet Complex Gaussian-4 dan frekuensi 40 Hz	57
Gambar 4.23. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	58
Gambar 4.23. (b)	Data real 2D dengan wavelet Complex Gaussian-4 dan frekuensi 60 Hz	58
Gambar 4.24. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	59
Gambar 4.24. (b)	Data real 2D dengan wavelet Complex Gaussian-4 dan frekuensi 80 Hz	59
Gambar 4.25. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	61
Gambar 4.25. (b)	Data real 2D dengan wavelet Daubechies-5 dan frekuensi 20 Hz	61
Gambar 4.26. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	62
Gambar 4.26. (b)	Data real 2D dengan wavelet Daubechies-5 dan frekuensi 40 Hz	62
Gambar 4.27	Data real 2D dengan wavelet Daubechies-5 dan frekuensi 60 Hz	63
Gambar 4.28. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	64
Gambar 4.28. (b)	Data real 2D dengan wavelet Daubechies-5 dan frekuensi 80 Hz	64
Gambar 4.29. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	65
Gambar 4.29. (b)	Data real 2D dengan wavelet Coiflet-3 dan frekuensi 20 Hz	65
Gambar 4.30. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	66
Gambar 4.30. (b)	Data real 2D dengan wavelet Coiflet-3 dan frekuensi 40 Hz	66
Gambar 4.31. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	67
Gambar 4.31. (b)	Data real 2D dengan wavelet Coiflet-3 dan frekuensi 60 Hz	67
Gambar 4.32	Data real 2D dengan wavelet Coiflet-3 dan frekuensi 80 Hz	68
Gambar 4.33. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	69
Gambar 4.33. (b)	Data real 2D dengan wavelet Coiflet-4 dan frekuensi 40 Hz	69
Gambar 4.34. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	70
Gambar 4.34. (b)	Data real 2D dengan wavelet Coiflet-4 dan frekuensi 60 Hz	70
Gambar 4.35. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	71
Gambar 4.35. (b)	Data real 2D dengan wavelet Coiflet-4 dan frekuensi 80 Hz	71
Gambar 4.36. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	73
Gambar 4.36. (b)	Data real 2D dengan wavelet Symlet-2 dan frekuensi 20 Hz	73
Gambar 4.37. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	74
Gambar 4.37. (b)	Data real 2D dengan wavelet Symlet-2 dan frekuensi 40 Hz	74
Gambar 4.38. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	75
Gambar 4.38. (b)	Data real 2D dengan wavelet Symlet-2 dan frekuensi 60 Hz	75
Gambar 4.39. (a)	Perbesaran dari gambar (b)	76
Gambar 4.39. (b)	Data real 2D dengan wavelet Symlet-2 dan frekuensi 80 Hz	76

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Data seismik merupakan data yang secara alami tidak stasioner, karena mempunyai berbagai kandungan frekuensi dalam domain waktu. Salah satu atribut seismik yang bertujuan untuk mencirikan tanggap frekuensi yang tergantung waktu dari batuan dan reservoir bawah permukaan adalah dekomposisi waktu-frekuensi atau sering disebut sebagai dekomposisi spektral.

Dekomposisi spektral ini dilakukan dengan menggunakan transformasi Fourier untuk menghitung spektrum amplitudo masing-masing jejak dari jendela waktu yang pendek dan yang meliputi semua zona interest. Spektrum amplitudo tersebut dikontrol oleh lapisan batuan bawah permukaan, sehingga lapisan batuan bawah permukaan yang memiliki sifat atau ketebalan batuan yang berbeda akan menunjukkan tanggap amplitudo yang berbeda pula. Jika dekomposisi sinyal dihitung pada seluruh jejak volume seismik lalu dibuat dalam bentuk peta slice-frekuensi, maka peta tersebut akan memperlihatkan variasi secara lateral.

Rekaman seismik mempunyai daya resolusi tertentu sehingga pada lapisan sedimen yang terpisah, apabila daya resolusinya kurang bagus, maka hasil yang tampak pada penampang seismik akan berupa lapisan yang tidak terpisah. Sehingga dibutuhkan suatu metode yang dapat meningkatkan resolusi untuk dapat melihat pemisahan tersebut. Salah satu metode untuk meningkatkan daya resolusi seismik adalah dekomposisi spektral yaitu dengan menggunakan Continuous Wavelet Transform (CWT), dengan metode ini diharapkan lapisan-lapisan sedimen yang terpisah akan memang tampak terpisah pada wavelet dan frekuensi tertentu.

1.2. Maksud & Tujuan

Maksud dari penelitian dan penulisan laporan ini adalah untuk membuktikan efektivitas dari dekomposisi spektral yaitu dengan menggunakan metode Continuous Wavelet Transform (CWT) dalam peningkatan resolusi data seismik dengan analisis wavelet pada frekuensi tertentu

Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk dapat melihat pemisahan antara dua lapisan batubara yang tipis.

1.3. Identifikasi Masalah

1. Data yang didapat adalah data 2D seismik dimana data-data tersebut hampir kesemuanya merupakan data line seismik yang tidak tepat dilewati dengan well.
2. Data 2D seismik tersebut telah mengalami vektorisasi.
3. Pemisahan lapisan tipis batubara yang berdekatan.

1.4. Batasan Masalah

Dalam studi ini, penulis membatasi permasalahan yaitu pada aplikasi metode *Continuous Wavelet Transform* (CWT) untuk memperlihatkan efektifitas dalam peningkatan resolusi data seismik untuk memisahkan lapisan tipis batubara yang berdekatan, dan tidak membahas lebih lanjut mengenai kemenerusan serta ketebalan lapisan batubara tersebut.

Lapisan batubara yang menjadi objek penelitian dilakukan berdasarkan interpretasi dari data log dari sumur tersebut. Lalu dari interpretasi tersebut dilakukan *well to tie seismik*, agar didapat posisi batubara didalam domain time (pada penampang seismik).

1.5. Objek Penelitian

Lapisan batubara pada sumur "A-1" yang berada di *onshore* Cekungan Sumatra Selatan. Lapisan batubara ini terdapat di dalam formasi Talang Akar.

Litologi penyusun formasi Talang Akar pada bagian bawah formasi ini (*Gritsand Member/GRM*) diendapkan tidak selaras di atas Formasi Lahat. Penyusun

Gritsand Member adalah batupasir cukup tebal berukuran sedang-kasar yang disisipi oleh lapisan tipis batubara. Bagian atas Formasi Talang Akar (*Transition Member*) disusun oleh serpih, batulempung, batupasir yang disisipi oleh beberapa lapisan tipis batubara. Perlapisan batuan tersebut mengandung foraminifera, pirit dan glaukonit. Formasi Talang Akar diendapkan pada Oligosen Akhir-Miosen Awal di lingkungan darat-transisi. Bagian atas Formasi Talang Akar secara berangsur diendapkan di lingkungan laut terbuka sebagai batugamping terumbu dan batugamping pasiran Formasi baturaja

1.6. Sistematika Penulisan

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, identifikasi masalah, batasan masalah, objek penelitian dan sistematika penulisan yang kesemuanya terangkum dalam Bab I.

Pembahasan yang kedua adalah teori dasar dan teori-teori yang berkenaan dengan penelitian yang kesemuanya terangkum di dalam Bab II.

Pembahasan yang ketiga adalah metodologi penelitian yang kemudian dirangkum dalam Bab III.

Pembahasan yang keempat adalah hasil analisa dan pembahasan, yang kemudian terangkum dalam Bab IV.

Pembahasan yang kelima adalah kesimpulan dan saran yang kemudian terangkum dalam Bab V.

BAB II TEORI DASAR

Pengertian dari gelombang secara umum adalah fenomena perambatan gangguan (usikan) dalam medium sekitarnya. Gangguan ini mula-mula terjadi secara lokal yang menyebabkan terjadinya osilasi (pergeseran) kedudukan partikel-partikel medium, osilasi tekanan maupun osilasi rapat massa. Gangguan tersebut merambat dari suatu tempat ke tempat lain, yang juga berarti bahwa gangguan melakukan suatu transportasi energi.

Gelombang seismik disebut juga gelombang elastik karena osilasi partikel-partikel medium terjadi akibat interaksi antara gaya gangguan (gradien stress) melawan gaya-gaya elastik. Dari interaksi ini muncul gelombang longitudinal, gelombang transversal dan kombinasi diantara keduanya. Apabila medium hanya memunculkan gelombang longitudinal saja (misalnya di dalam fluida) maka dalam kondisi ini gelombang seismik sering dianggap sebagai gelombang akustik.

Penyelidikan seismik dilakukan dengan cara membuat getaran dari suatu sumber getar. Getaran tersebut akan merambat ke segala arah di bawah permukaan sebagai gelombang getar. Gelombang seismik mengenai lapisan-lapisan batuan akan mengalami pemantulan, pembiasan, dan penyerapan.

Respon batuan terhadap gelombang seismik akan berbeda-beda tergantung sifat fisik batuan, meliputi densitas, porositas, umur batuan, kepadatan, dan kedalaman batuan. Gelombang yang dipantulkan akan ditangkap oleh geophone/hydrophone di permukaan dan diteruskan ke instrument untuk direkam. Hasil dari rekaman tersebut akan terlihat pada penampang seismik

II.1 Wavelet

Wavelet adalah tubuh gelombang dari gelombang yang menjadi sumber dalam eksplorasi seismik refleksi atau dapat juga didefinisikan sebagai fungsi matematika yang memotong-motong data menjadi kumpulan-kumpulan frekuensi berbeda, sehingga masing masing komponen tersebut dapat dipelajari dengan menggunakan skala resolusi yang berbeda (sumber : www.itelkom.ac.id).

Wavelet merupakan sebuah fungsi variabel real t , diberi notasi $\Psi(t)$ dalam ruang fungsi $L^2(\mathbb{R})$. Fungsi ini dihasilkan oleh parameter dilatasi dan translasi yang dinyatakan dalam persamaan :

$$\Psi_{a,b}^{(t)} = a^{-1/2} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right); a > 0, b \in \mathbb{R} \quad (2.1)$$

$$\Psi_{j,k}^{(t)} = a^{j/2} \Psi(2^j t - k); j, k \in \mathbb{Z} \quad (2.2)$$

dimana :

a = parameter dilatasi

b = parameter translasi

2^j = parameter dilatasi

k = parameter waktu atau lokasi ruang

\mathbb{Z} = mengkondisikan nilai j dan k bernilai integer

\mathbb{R} = mengkondisikan nilai a dan b bernilai *real*

Untuk persamaan pertama dikenalkan pertama kali oleh Grossman dan Morlet, sedangkan persamaan kedua dikenalkan oleh Daubechies. Transformasi

wavelet menggunakan dua komponen penting dalam melakukan transformasi yakni fungsi skala (*scaling function*) dan fungsi wavelet (*wavelet function*).

Fungsi skala (*scaling function*) disebut juga sebagai *Lowpass Filter*, sedangkan fungsi wavelet (*wavelet function*) disebut juga sebagai *Highpass Filter*. Kedua fungsi ini digunakan pada saat transformasi wavelet dan inverse transformasi wavelet.

1. Fungsi wavelet

Fungsi wavelet disebut juga *highpass filter*, mengambil citra dengan gradiasi intensitas yang tinggi dan perbedaan intensitas yang rendah akan dikurangi atau dibuang.

2. Fungsi skala

Fungsi skala disebut juga *lowpass filter* yang mengambil citra dengan gradiasi intensitas yang halus dan perbedaan intensitas yang tinggi akan dikurangi atau dibuang. Kedua komponen diatas dapat disebut sebagai *mother wavelet* yang harus memenuhi kondisi:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \Psi(x) dx = 0 \quad (2.3)$$

Keluarga wavelet memiliki ordo dimana ordo menggambarkan jumlah koefisien filternya.

Dalam sebuah wavelet ada 2 properti penting, diantaranya adalah polaritas dan fase.

Pada wavelet dikenal 2 jenis polaritas (Yilmaz, 1990) :

1. Polaritas normal (normal polarity)

Kenaikan impedansi akustik akan digambarkan sebagai lembah (trough) pada trace seismik.

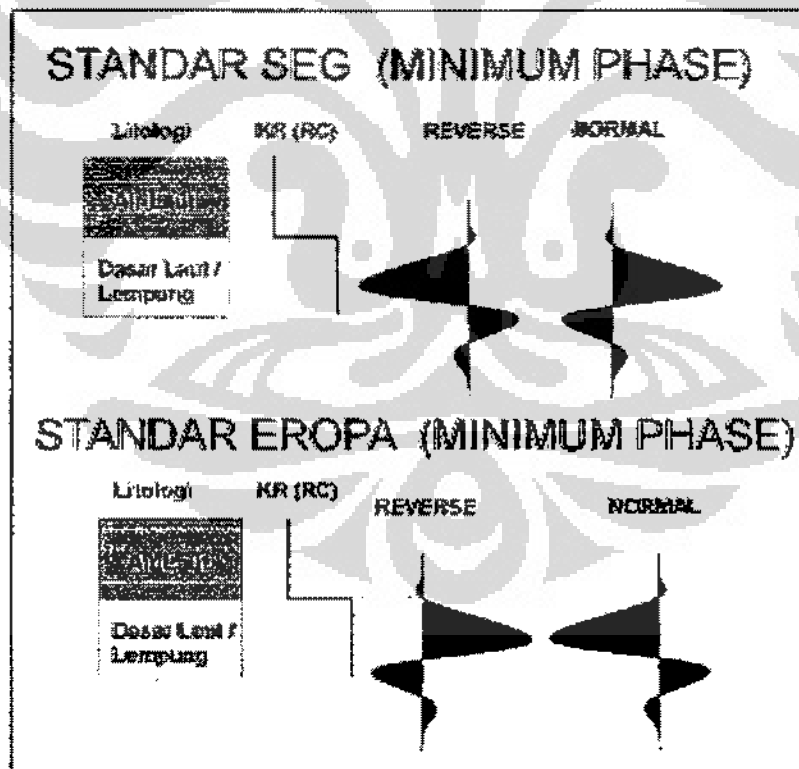
2. Polaritas terbalik (reverse polarity)

Kenaikan impedansi akustik akan digambarkan sebagai puncak (peak) pada trace seismik.

Pada wavelet terdapat 4 macam jenis fase :

1. Fase minimum (minimum phase)
2. Fase nol (zero phase)
3. Fase maksimum (maximum phase), dan
4. Fase campuran (mix phase)

Tetapi yang paling sering digunakan adalah fase minimum dan fase nol.

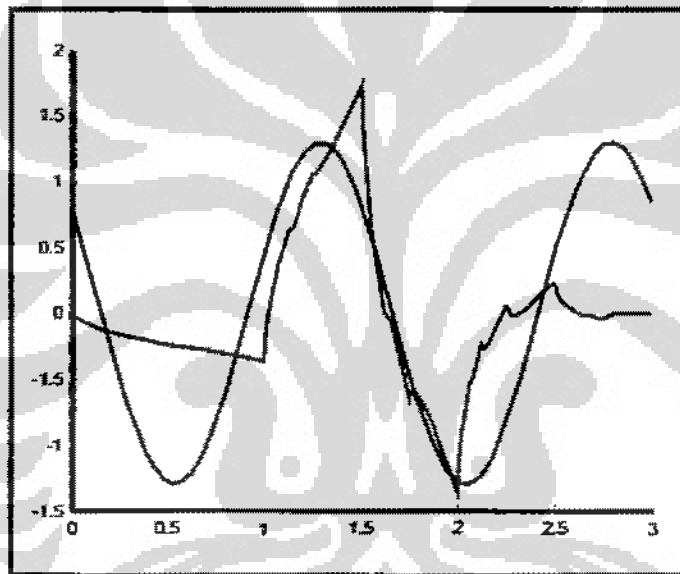


Gambar 2.1. Konvensi perbedaan antara minimum phase menurut SEG dengan minimum phase menurut standar Eropa

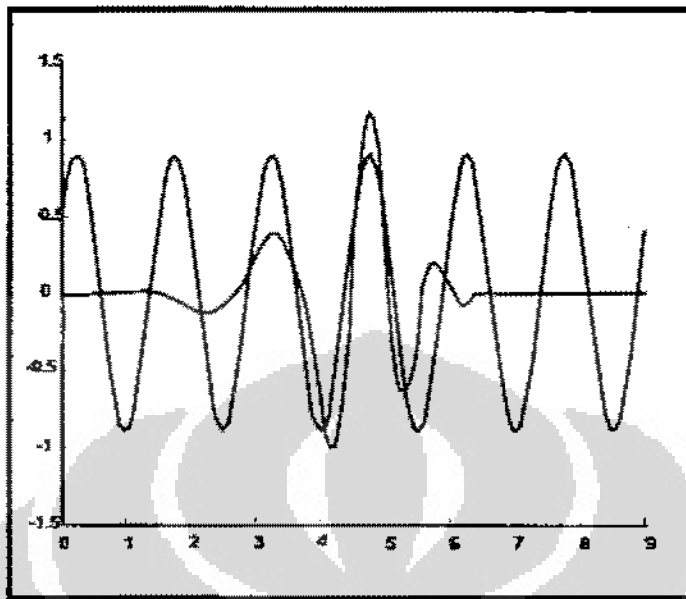
Tipe-tipe wavelet diantaranya adalah:

1. Wavelet orthogonal dengan FIR (Finite Impulse Response) filter

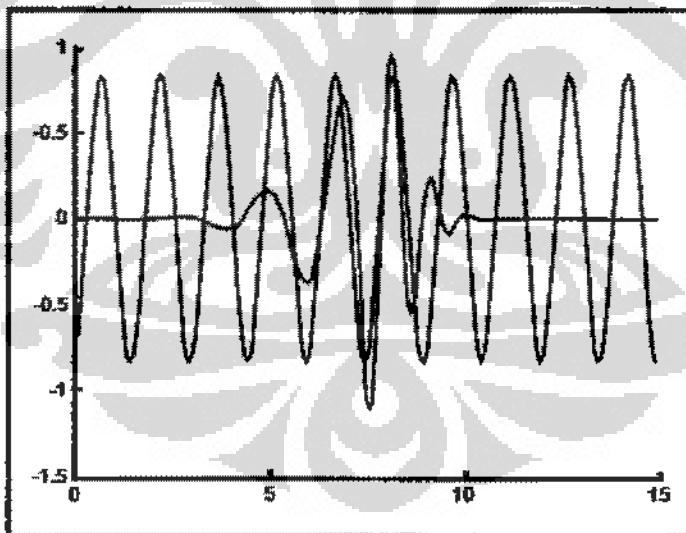
Wavelet ini dapat dikenali dengan menggunakan filter skala w , yang termasuk kedalam wavelet jenis ini adalah wavelet Haar, Daubechies, Coiflets, dan Symlets. Beberapa contoh wavelet daubechies 2, daubechies 5, daubechies 8, symlets 2, coiflet 3, coiflet 4, adalah sebagai berikut :



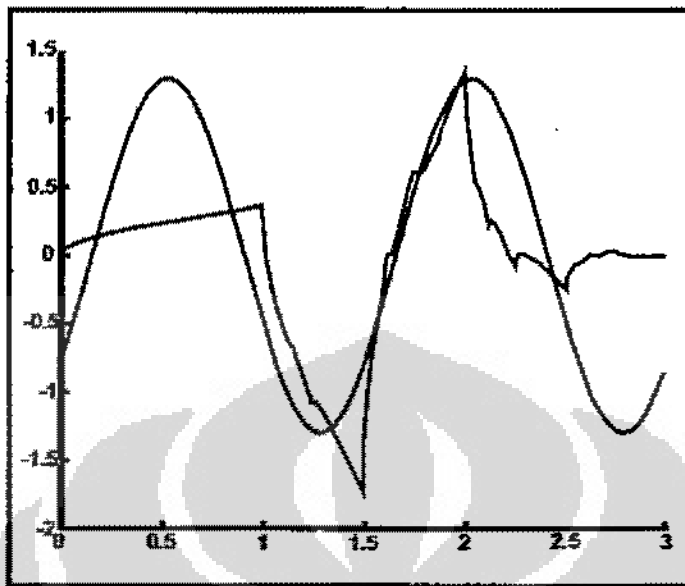
Gambar 2.2. Wavelet Daubechies-2



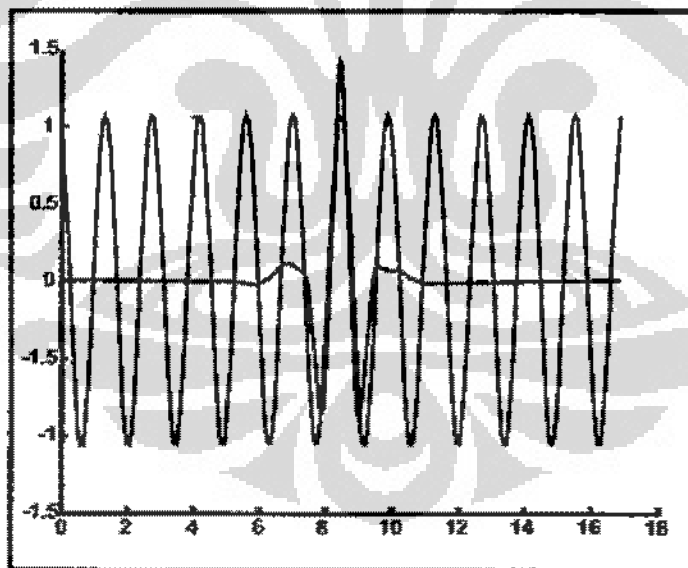
Gambar 2.3. Wavelet Daubechies-5



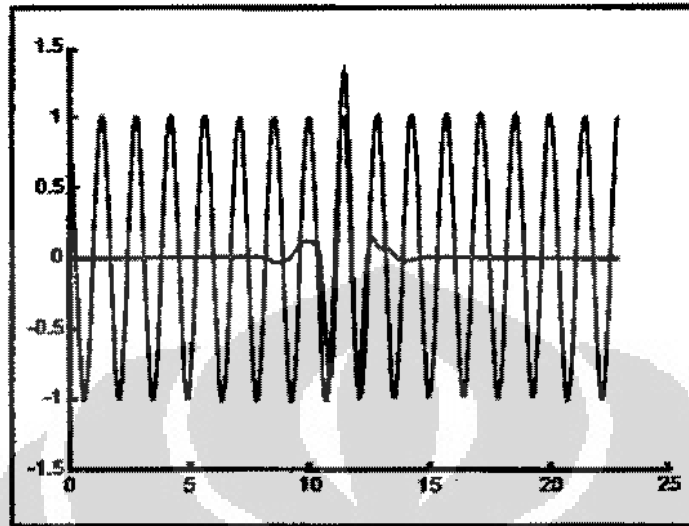
Gambar 2.4. Wavelet Daubechies-8



Gambar 2.5. Wavelet Symlet-2



Gambar 2.6. Wavelet Coiflet-3



Gambar 2.7. Wavelet Coiflet-4

2. Wavelet Biorthogonal dengan FIR filters

Wavelet ini dapat dikenali dengan menggunakan dua filter skala yaitu filter skala w_r and w_s , yang termasuk kedalam wavelet jenis ini adalah wavelet BiorSplines.

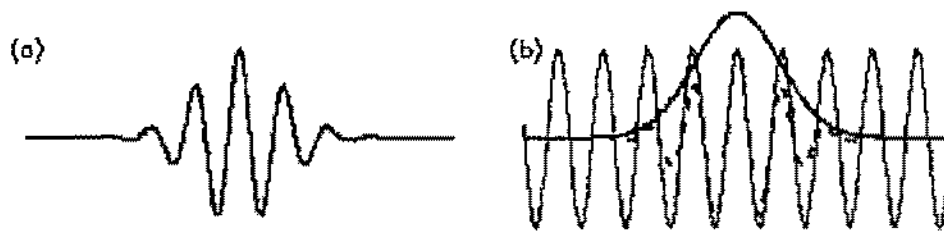
3. Wavelet orthogonal tanpa FIR filter, tetapi menggunakan fungsi skala

Wavelet ini dapat dikenali dengan menggunakan dua filter skala yaitu fungsi wavelet dan fungsi skala, yang termasuk kedalam wavelet jenis ini adalah wavelet Meyer.

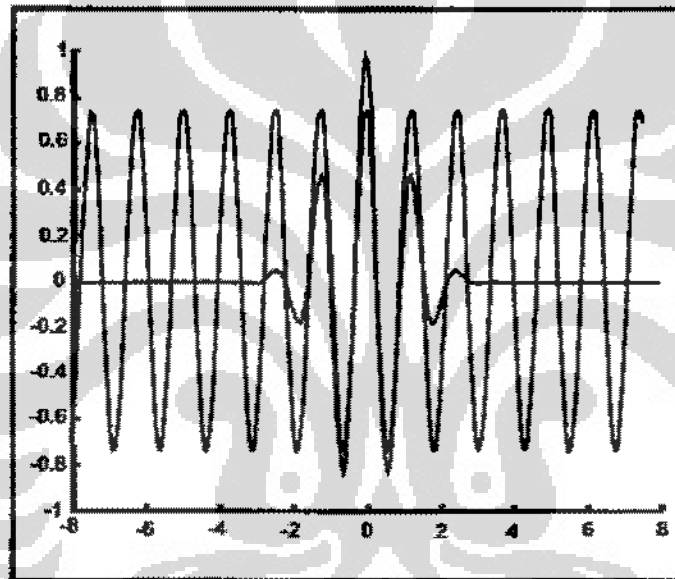
4. Wavelet tanpa FIR filter dan tanpa fungsi skala.

Wavelet ini dapat dikenali dengan menggunakan fungsi wavelet, yang termasuk kedalam wavelet jenis ini adalah wavelet Morlet dan Mexican Hat.

Wavelet morlet diformulasikan oleh Goupillaud, Grossmann dan Morlet pada tahun 1984 (www.wikipedia.com). Wavelet morlet merupakan perkalian antara gelombang sinus (berwarna hijau) dengan "*Gaussian envelope*" (kurva berwarna merah) (gambar 2.8)



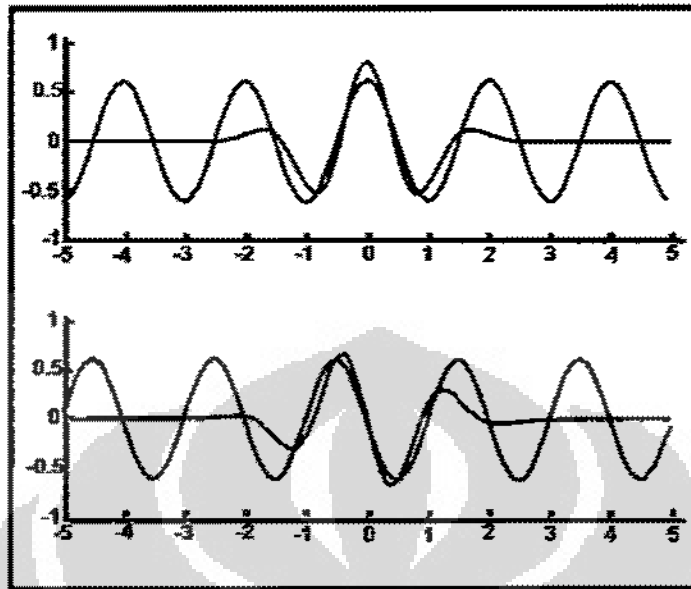
Gambar 2.8. (a) wavelet Morlet yang disesuaikan dengan lebar dan amplitude sepanjang sumbu X (b) konstruksi wavelet Morlet (garis putus-putus berwarna biru) sebagai kurva sinus (kurva berwarna hijau) yang dimodelasi dengan menggunakan Gaussian *envelope* (kurva berwarna merah)



Gambar 2.9. Wavelet Morlet

5. Wavelet kompleks tanpa FIR filter dan tanpa fungsi skala.

Wavelet ini ini dapat dikenali dengan menggunakan fungsi wavelet, yang termasuk kedalam wavelet jenis ini adalah wavelet Complex Gaussian and Shannon.



Gambar 2.10. Wavelet Complex Gaussian-4

II.2. Teori Konvolusi Seismik

Konvolusi adalah suatu proses matematika yang mana diperoleh keluaran dari suatu masukan pulsa gelombang ke dalam system LTI (Linear Time Invariant) yang dioperasikan dengan notasi asterisk (*) (Sismanto, 1996., dalam asyafe.wordpress.com).

Data seismik umumnya selalu berupa data digital yang dicuplik pada interval waktu konstan. Bila dianggap reflektivitas terdiri atas koefisien refleksi pada setiap sampel waktu, maka konvolusi dapat dikatakan sebagai proses 'pergantian' koefisien refleksi dengan sebuah wavelet yang sudah terskalakan. Secara matematis dapat dirumuskan :

$$s(t) = w(t) * r(t) + n(t) \quad (2.4)$$

Dimana:

$f(t)$ adalah seismogram sintetik

$r(t)$ adalah fungsi reflektivitas

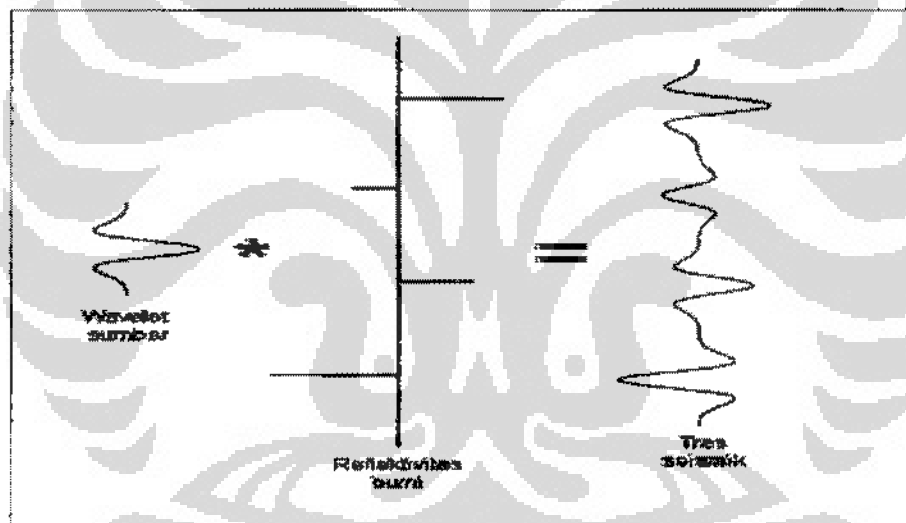
$g(t)$ adalah fungsi *wavelet*

$n(t)$ adalah fungsi *noise*

t adalah *two way time*

Biasanya komponen bising diabaikan bila tras seismik telah melalui tahapan pemrosesan yang baik dan benar, walaupun sepenuhnya belum dapat dihilangkan (gambar 2.11).

Konvolusi yang terjadi pada data seismik dengan wavelet cenderung mengaburkan reflektifitas bumi sehingga terjadi penurunan resolusi atau kemampuan untuk memisahkan reflektor rapat.



Gambar 2.11. Bentuk model konvolusi sederhana

II.3. Resolusi Seismik

Resolusi didefinisikan sebagai kemampuan untuk memisahkan dua kenampakan yang sangat berdekatan (Sheriff, 1984 dalam www.hagi.or.id, Edisi-2/februari 2007).

Resolusi terbagi menjadi 2 macam, yaitu resolusi vertikal dan resolusi lateral

II.3.1. Resolusi vertikal

Resolusi vertikal adalah kemampuan untuk memisahkan lapisan atas dengan lapisan yang berada dibawahnya secara vertikal.

Pola refleksi ini akan nampak terpisah dengan ketebalan 1/4 panjang gelombang, sedangkan jika ketebalannya kurang dari itu maka hanya akan nampak satu interface saja.

Pemisahan secara vertikal yang minimal dapat diperlihatkan disebut sebagai *tuning thickness*.

Beberapa peneliti terdahulu membuktikan bahwa *tuning thickness* besarnya berkisar antara satu per delapan panjang gelombang sampai satu per empat panjang gelombang (Sheriff, 1984 dalam www.hagi.or.id, Edisi-2/februari 2007). Tetapi yang sering dipakai adalah *tuning thickness* untuk satu per empat panjang gelombang.

Frekuensi gelombang seismik lebih kecil dibandingkan dengan frekuensi yang digunakan pada log sumur, sehingga kemampuan perubahan seismik jauh lebih besar, sekitar 100 kali lipat. Semakin kecil frekuensi dan kecepatan, maka gelombang akan semakin besar.

Panjang gelombang λ tergantung pada kecepatan V dan frekuensi f seperti dirumuskan pada persamaan :

$$\lambda = v / f \quad (2.5)$$

Dimana:

λ adalah panjang gelombang (m)

v adalah kecepatan rata-rata (s)

f adalah frekuensi dominan (Hz)

Semakin besar frekuensi akan semakin kecil panjang gelombangnya, maka perlapisan yang dapat terdeteksi akan semakin kecil.

II.3.2. Resolusi lateral

Resolusi lateral atau resolusi horisontal dikenal dengan zona Fresnell yaitu bagian dari reflektor dimana energi dipantulkan ke geophone atau hidrophone setelah separuh siklus atau seperempat panjang gelombang setelah terjadinya refleksi pertama (Sukmono, 1999) atau dapat pula diartikan sebagai lingkaran pada suatu bidang pantul dimana ukurannya tergantung pada kedalaman bidang pantul, kecepatan batuan dan frekuensi dominan seismik pada lapisan di atas bidang pantul. Dirumuskan seperti berikut :

$$r = \sqrt{\frac{Z\lambda}{2}} = \frac{V}{2} \sqrt{\frac{t}{f}} \quad (2.6)$$

Dimana :

r adalah radius zona Fresnel (m)

Z adalah kedalaman bidang pantul

V adalah kecepatan rata-rata

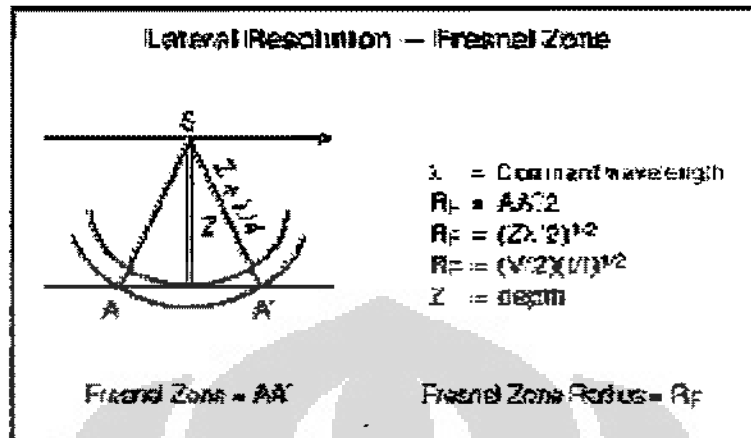
f adalah frekuensi dominan seismik (Hz)

t adalah TWT (s)

λ adalah panjang gelombang (m)

Dari persamaan tersebut dapat disimpulkan bahwa resolusi horisontal akan berkurang dengan bertambahnya kedalaman, bertambahnya kecepatan rata-rata serta berkurangnya frekuensi dominan.

Resolusi horisontal atau lateral dapat dideskripsikan pada gambar berikut:



Gambar 2.12. Fresnel Zone (www.slb.com)

II.4. Transformasi Fourier

Transformasi Fourier adalah salah satu bentuk transformasi, dimana arti dari transformasi itu adalah perubahan, sehingga Fourier transform dapat didefinisikan sebagai suatu operasi matematika yang tujuannya adalah untuk memindahkan informasi dari suatu bentuk fungsi kedalam bentuk fungsi lain. Kelebihan dilakukannya transformasi antara lain:

- Kemungkinan akan didapatkan penyelesaian solusi yang menjadi lebih mudah dibandingkan persamaan sebelumnya.
- Data hasil transformasi memungkinkan dapat dikompresi tanpa kehilangan informasi-informasi penting dari data sebelumnya, sehingga hanya membutuhkan lebih sedikit tempat penyimpanan.
- Transformasi bentuk fungsi perlu dilakukan karena informasi yang ada dalam data tidak seluruhnya dapat diketahui hanya dari satu bentuk frekuensi 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 untuk merubah fungsi time domain menjadi frekuensi domain dan sebaliknya. Transformasi Fourier

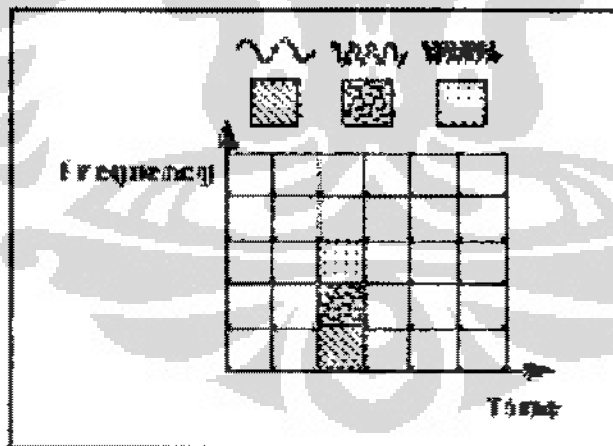
merupakan fungsi kompleks, sehingga akan menghasilkan nilai riil dan nilai imajiner (Munadi, 2003). Berikut merupakan fungsi transformasi Fourier:

$$F(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{i\omega t} dt \quad (2.7)$$

Dengan fungsi invers nya sebagai berikut:

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{-i\omega t} d\omega \quad (2.8)$$

Transformasi Fourier mengidentifikasi semua komponen spektral yang ada didalam sinyal, tetapi tidak memberikan informasi mengenai posisi komponen spektral tersebut didalam domain waktu. Untuk mengetahui posisi waktu dari komponen spektral dibutuhkan cara lain. Perhatikan (Gambar 2.13) berikut ini.



Gambar 2.13. Ilustrasi pada Fourier Transform (frekuensi-waktu) (www.ov.ingv.it)

II.5. Dekomposisi Spektral

Keadaan bawah permukaan bumi terekam dalam bentuk data seismik, dimana data seismik tersebut mempunyai sifat alami yaitu tidak stasioner yang artinya mempunyai berbagai kandungan frekuensi dalam domain waktu. Dan atribut seismik yang bertujuan untuk mencirikan tanggapan frekuensi yang tergantung waktu dari batuan dan reservoir bawah permukaan adalah Dekomposisi spektral (*Spectral decomposition*).

Dekomposisi spektral menggunakan transformasi Fourier untuk menghitung spektrum amplitudo masing-masing jejak dari jendela waktu yang pendek yang meliputi semua zona interest. Spektrum amplitudo tersebut dikontrol oleh satuan geologi, sehingga satuan-satuan geologi yang memiliki sifat dan/atau ketebalan batuan yang berbeda akan menunjukkan tanggapan amplitudo yang berbeda pula. Dengan kata lain, apabila dekomposisi sinyal tersebut dihitung untuk seluruh jejak pada volume seismik 3D/2D dan ditampilkan dalam bentuk peta (biasanya sebagai *slice frekuensi*), maka peta tersebut akan menunjukkan peta dengan variasi secara lateral.

Chakraborty dan Okaya (1995) menjelaskan bahwa analisis sinyal tidak stasioner seperti sinyal seismik dengan menggunakan perangkat lunak yang berbasis pada Transformasi Fourier, seringkali tidak bisa memberikan informasi keadaan bawah permukaan yang sesungguhnya. Hal ini disebabkan oleh adanya kelemahan dari perangkat lunak yang berbasis pada Transformasi Fourier tersebut. Transformasi Fourier tidak dapat mengamati saat terjadinya sinyal dengan frekuensi tertentu.

Lebih dari dua dekade terakhir, transformasi wavelet diaplikasikan pada berbagai ilmu pengetahuan dan teknik. Transformasi wavelet memberikan sebuah pendekatan yang berbeda pada analisis waktu-frekuensi. Spektrum waktu-frekuensi yang dihasilkan, direpresentasikan dalam bentuk peta waktu-skala yang disebut scalogram (Rioul dan Vetterli, 1991). Beberapa peneliti (Hlawatsch dan Boudreaux-

Bartels, 1992; Abry et al., 1993) menggunakan skala berbanding terbalik terhadap frekuensi tengah dari wavelet dan merepresentasikan scalogram sebagai peta waktu-frekuensi.

Sinyal refleksi menunjukkan adanya bidang batas antar dua medium. Pada medium yang tebal direpresentasikan oleh frekuensi sinyal seismik yang rendah, sementara medium yang tipis direpresentasikan oleh frekuensi sinyal tinggi. Pemilihan sinyal-sinyal refleksi pada frekuensi yang tepat dan penggabungan kembali sinyal terpilih akan menghasilkan sinyal seismik yang bebas noise (baik noise karena akuisisi maupun pengolahan data yang tidak tepat) dan tetap mengandung informasi refleksi. Mekanisme dekomposisi sinyal pada frekuensi-frekuensi refleksi dan penggabungan kembali (superposisi) sinyal terdekomposisi disebut sebagai analisis multi-resolusi. Untuk mendapatkan hasil dekomposisi yang bagus dan tidak menggeser fase, dibutuhkan piranti yang tepat. Transformasi wavelet kontinyu (CWT) dapat dipakai sebagai filter untuk mendekomposisi sinyal-sinyal pada frekuensi yang dikehendaki tanpa menggeser fase dan memiliki resolusi yang bagus (Nurchaya dan Brotospito, 2004).

Supeno dan Jaya (2004) melakukan reduksi noise koheren yang terdapat pada data seismik dengan menggunakan transformasi wavelet dalam representasi multiresolusi guna mendapatkan event reflektor yang lebih jelas. Data seismik yang digunakan diperoleh dari pengukuran lapangan pada survei laut untuk mendeteksi keberadaan gas hidrat di Java Trench.

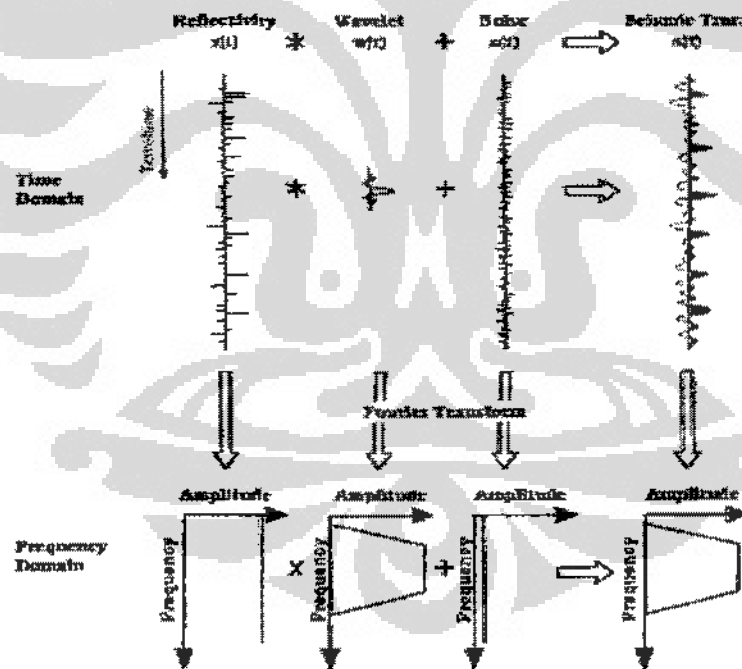
Sinha (2002) memperkenalkan pendekatan baru untuk mengkonversi sebuah scalogram ke Time Frequency from Continu Wavelet Transform (TFCWT). Kemudian Sinha et al. (2005) membandingkan spektrum TFCWT untuk sinyal pendek yang terdiri dari dua frekuensi sweep hiperbolik dengan spektrum CWT biasa dan STFT. Kemudian menghitung spektrum TFCWT untuk dua rangkaian data riil, lapangan Nigeria dan lapangan Stratton, Texas Selatan. Hasil yang diberikan dari

TFCWT menunjukkan horizon yang dapat digunakan untuk memperkuat ciri-ciri stratigrafi.

Metode-metode yang terdapat dalam dekomposisi spektral adalah :

1. DFT (Discrete Fourier Transform), MEM (Maximum Entropy Method)
2. CWT (Continuous Wavelet Transform) dan
3. MPD (Matching Pursuit Decomposition).

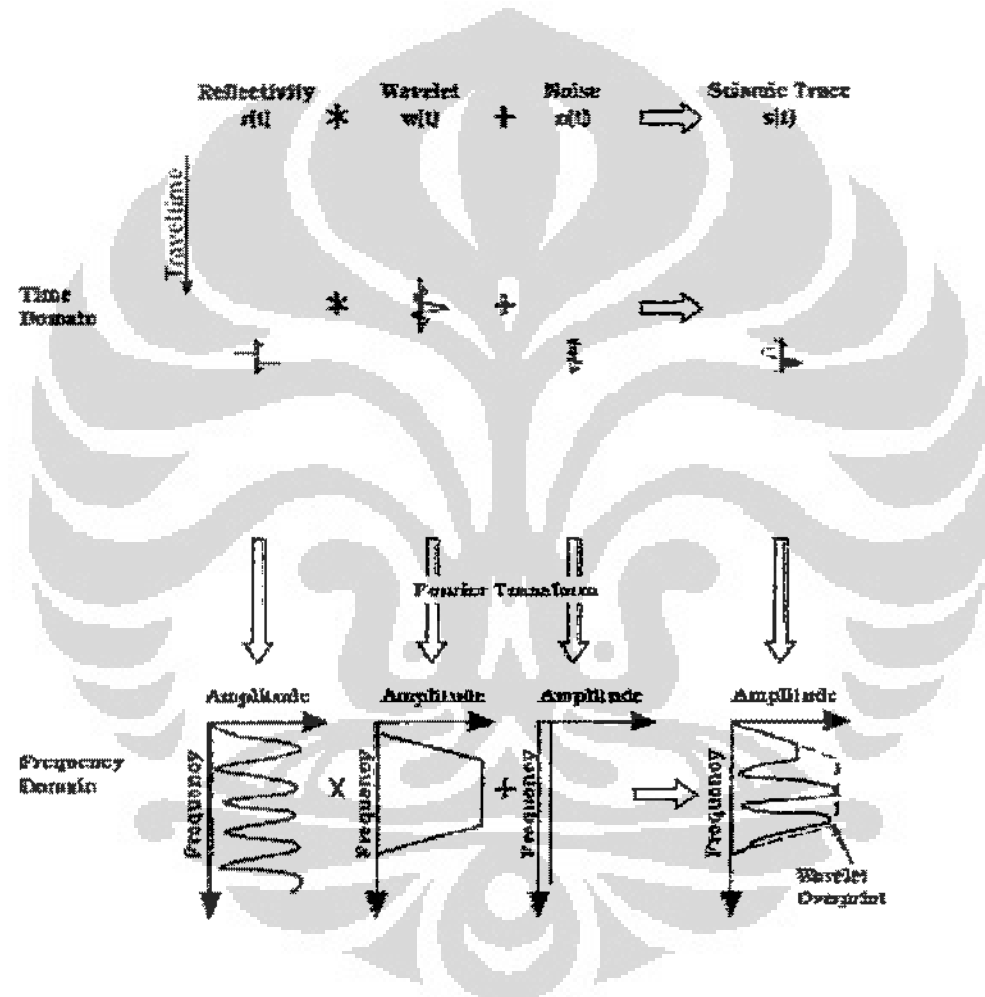
Pemahaman konsep tentang *long-window* maupun *short-window* penting untuk diketahui untuk lebih memahami dekomposisi spektral. Dimana penggunaan window tertentu didasarkan atas tujuan dari penelitian dan metode yang akan dipakai. Contoh dari penggunaan *long-window* untuk dekomposisi spektral dengan metode Transformasi Fourier dan hubungannya terhadap model konvolusi (gambar 2.14).



Gambar 2.14. Long Window (Partyka, 1999)

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.

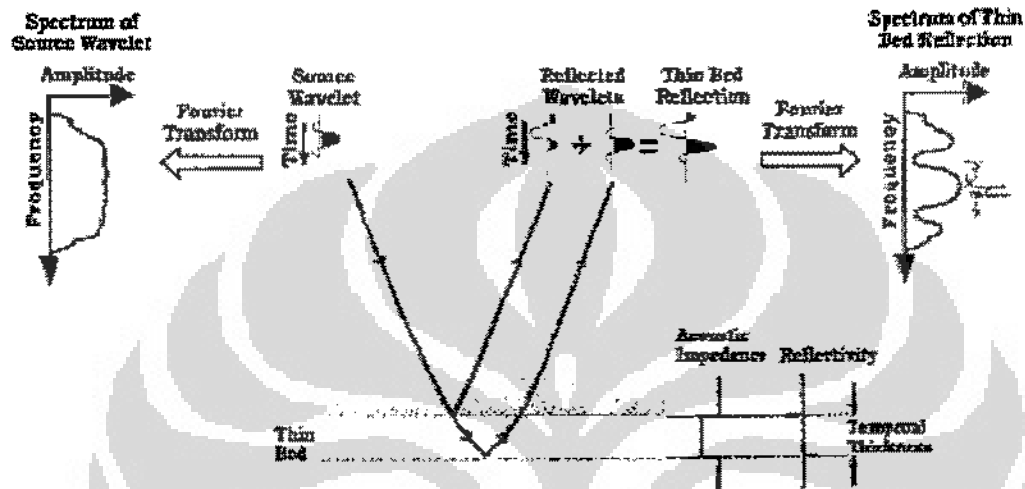
Berikut adalah contoh dari penggunaan *short-window* (gambar 2.15).



Gambar 2.15. *Short Window* (Partyka, 1999)

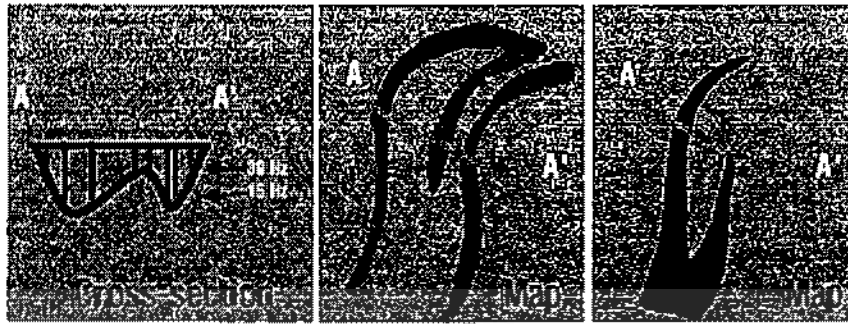
Konsep dasar dari transformasi Fourier adalah konvolusi dalam domain waktu ekuivalen dengan perkalian dalam domain frekuensi. Konsep dasar dari dekomposisi spektral adalah suatu refleksi dari lapisan tipis mempunyai karakteristik tertentu di dalam domain frekuensi yang dapat mengindikasikan ketebalan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

Berikut ini adalah gambar perambatan gelombang yang melewati lapisan tipis (gambar 2.16).



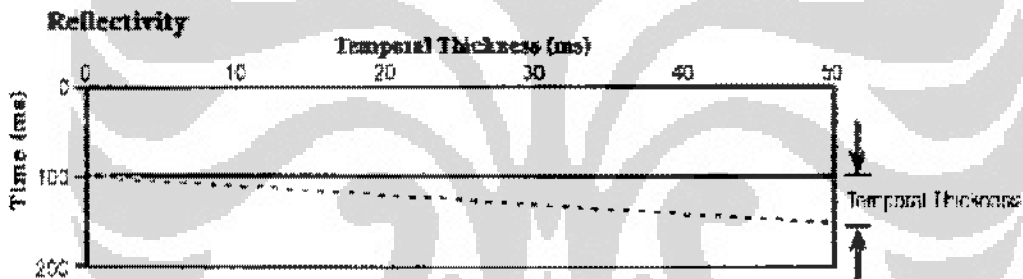
Gambar 2.16. Spektral Lapisan Tipis (Partyka, 1999)

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 2.17).



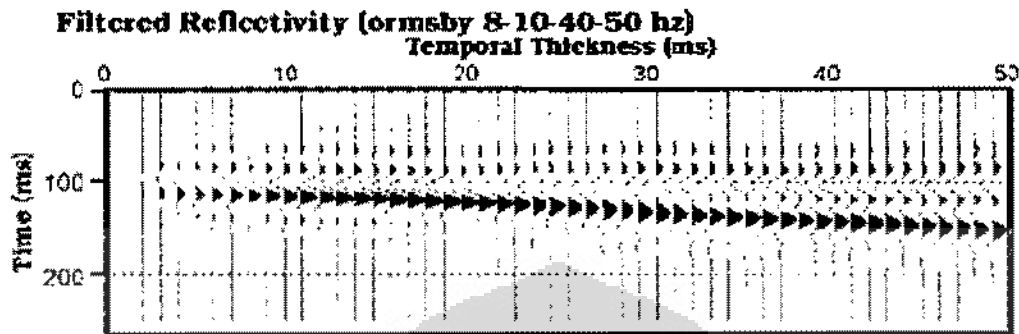
Gambar 2.17. Interferensi Lapisan Tipis (Laughlin, 2003)

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.



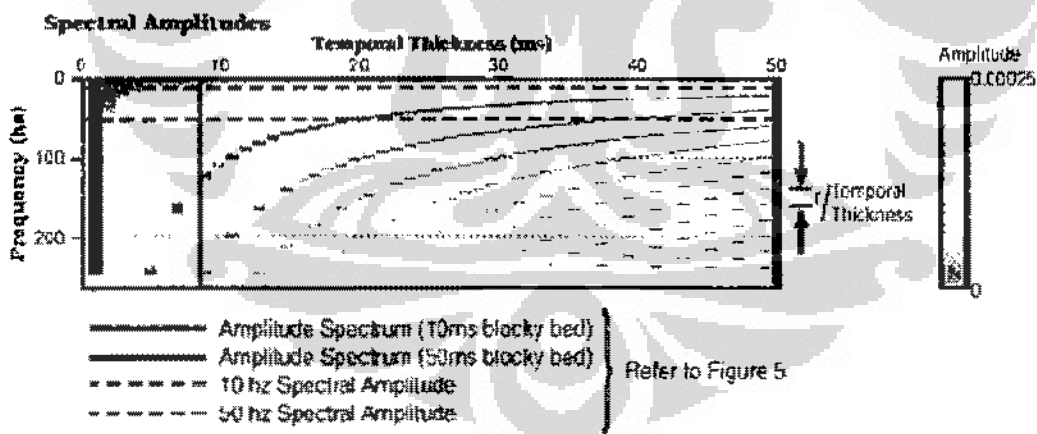
Gambar 2.18. Reflektivitas Model Baji (Partyka, 1999)

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 2.18). 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 2.19).



Gambar 2.19. 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 2.20). Window yang digunakan adalah *short-window* karena proses ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan lapisan secara vertikal dan perbedaan ketebalan lapisan secara lateral.

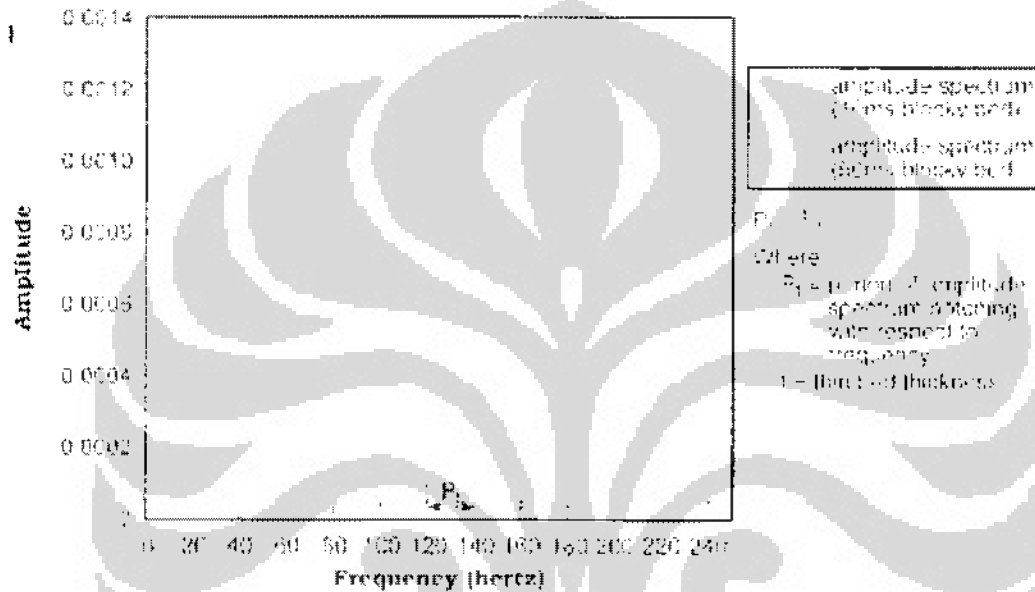


Gambar 2.20. Spektral Amplitudo (Partyka, 1999)

Ketebalan lapisan model baji menentukan periode dari "notches" didalam spektrum amplitudo yang digambarkan pada domain frekuensi (gambar 2.21).

$$P_f = \frac{1}{f} \quad (2.9)$$

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

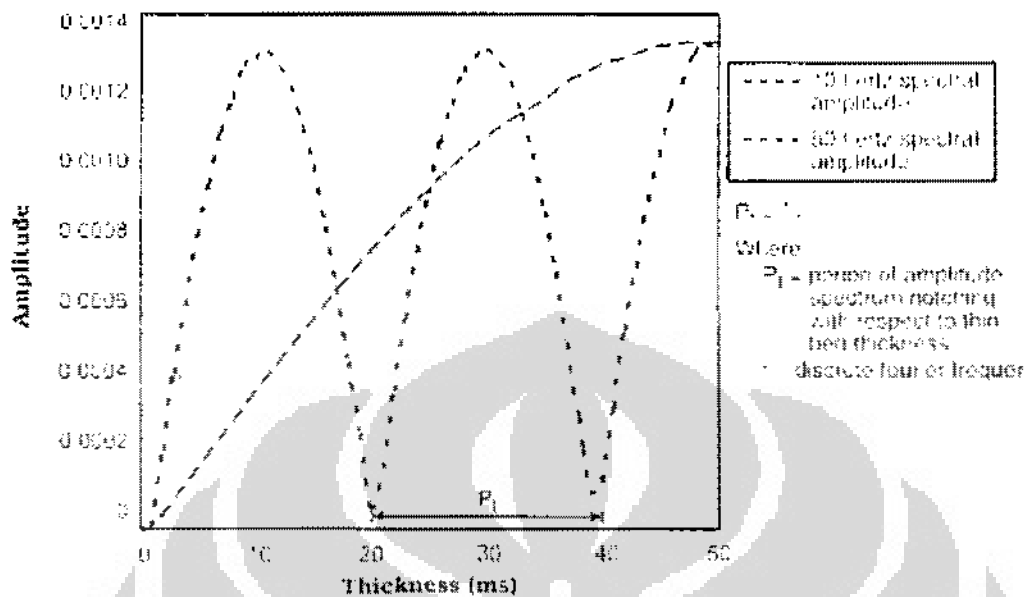


Gambar 2.21. *Thin-Bed Tuning with Frequency Domain* (Partyka, 1999)

Dengan sudut pandang lain dapat diilustrasikan bahwa nilai dari komponen frekuensi menentukan periode dari "notches" didalam spektrum amplitudo dengan domain waktu (gambar 2.22).

$$P_t = \frac{1}{f} \quad (2.10)$$

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



Gambar 2.22. *Thin-Bed Tuning with Time Domain* (Partyka, 1999)

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.

II.6. Wavelet Transform

Wavelet Transform adalah metode transformasi yang mengadopsi metode Fourier Transform dan Short Time Fourier Transform (STFT). Seperti halnya STFT, Wavelet Transform mentransformasi signal dalam domain waktu menjadi signal dalam domain waktu dan frekuensi (yang dalam hal ini dibentuk menjadi domain translasi and skala). Translasi adalah sebuah bentuk transformasi dari domain waktu. Translasi terkait dengan lokasi dari window function, di mana window dipindah-pindahkan sepanjang signal yang masuk. Skala adalah bentuk transformasi dari frekuensi, dimana nilai skala berbanding terbalik dengan nilai frekuensi.

Memperbaiki kelemahan yang terdapat dalam metode STFT, Wavelet Transform melakukan:

- Transformasi Fourier dengan memanfaatkan *window function* tidak digunakan lagi. Sehingga puncak tunggal (*single peak*) atau frekuensi yang bernilai negatif tidak dihitung lagi.
- Lebar window dirubah seiring dengan perhitungan transformasi untuk setiap sinyal yang ada (ini merupakan karakteristik yang paling signifikan dari Wavelet Transform).

II.7. Continues Wavelet Transform (CWT)

CWT adalah metoda dekomposisi waktu-frekuensi (*time-frequency decomposition*) yang dikenal juga dengan dekomposisi spektral yang ditujukan untuk mengkarakterisasi respon seismik pada frekuensi tertentu. Adapun rumus dasar dari *Continuous Wavelet Transform* (CWT) adalah sebagai berikut.

$$W_x^\psi(s, \tau) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int x(t) \psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right) dt \quad (2.11)$$

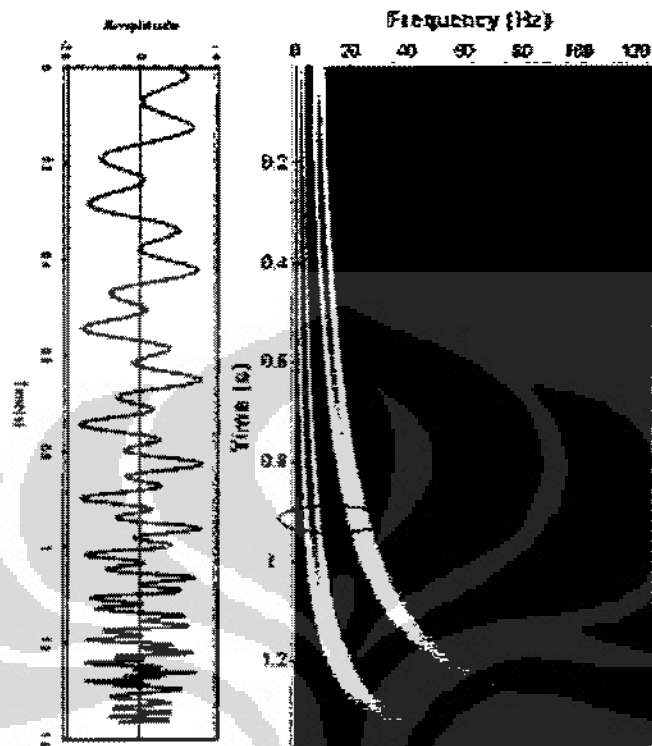
Dimana :

X = fgsi sinyal

s = parameter dilatasi

t = parameter dilatasi

Ide dasar dari metoda ini adalah dilakukannya FFT (*Fast Fourier Transform*) dari setiap window waktu secara menerus (*continuous*) sehingga diperoleh gambaran kisaran frekuensi pada zona target. Gambar dibawah ini adalah contoh penerapan CWT pada salah satu trace seismik



Gambar 2.23. Bagian kiri adalah trace seismik sintetis sedangkan gambar sebelah kanan adalah hasil CWT dengan menggunakan persamaan (1). Perhatikan bahwa CWT ditampilkan dalam kawasan waktu terhadap frekuensi. Waktu tersebut adalah waktu TWT (*Two Way Travel Time*) dari penampang seismik itu sendiri.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

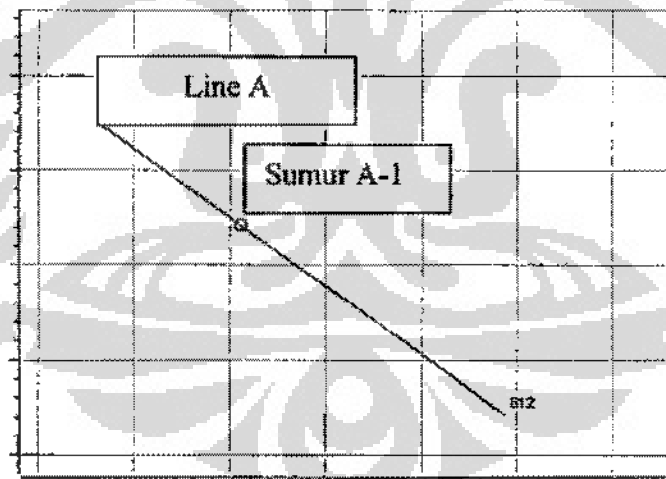
III.1. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah perangkat lunak berupa Matlab dan Hampson Russell (HRS)

Matlab dipakai untuk melakukan penjabaran rumus, sedangkan Hampson Russel digunakan untuk melakukan *well to tie seismic*.

III.2. Data Daerah Penelitian

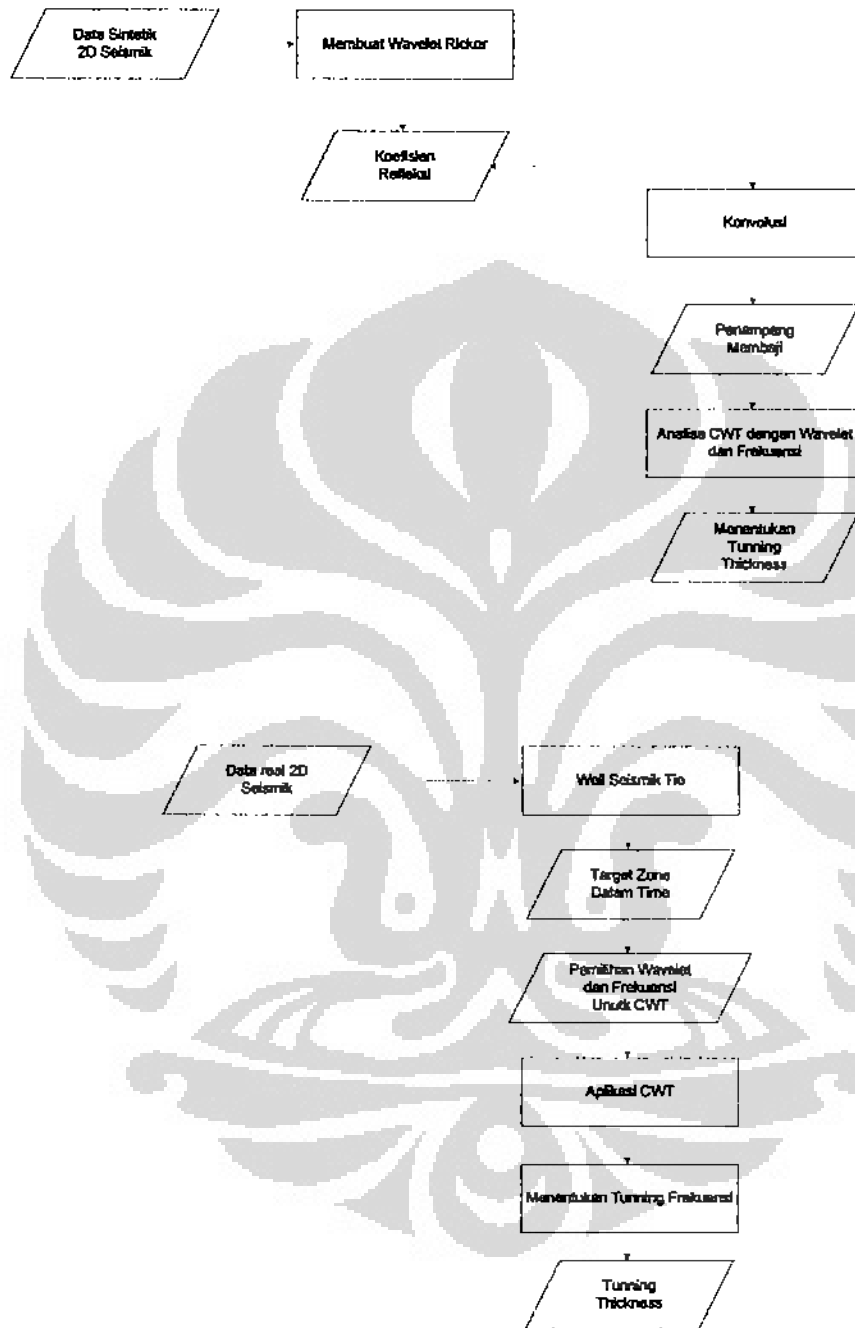
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data seismik 2D yaitu data sgy pada *line A*, data sumur A-1 yang mencakup data log Gamma Ray, Densitas, Sonik, Resistivitas, Calliper, serta data-data geologi pendukung lainnya.



Gambar 3.1. Lokasi daerah penelitian

III.3. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan dalam bentuk diagram alir adalah sebagai berikut:

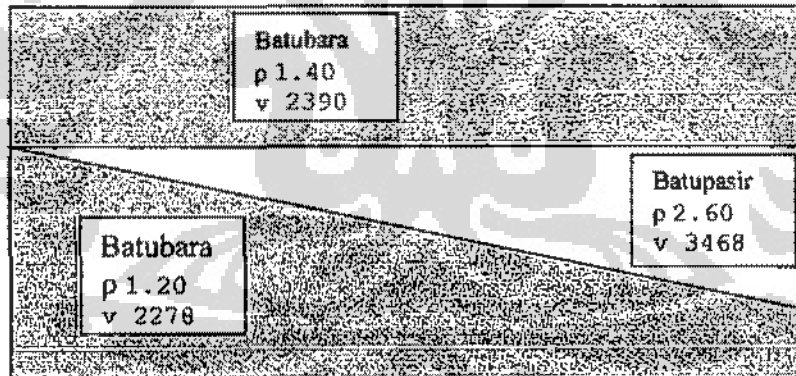


Gambar 3.2. Diagram alir proses pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian

III.3.1. Data Sintetik 2D Seismik

Dalam pembuatan data sintetik, digunakan model lapisan membaji, dengan alasan bahwa pada lapisan membaji terdapat variasi ketebalan dari lapisan dengan pemisahan yang besar sampai lapisan yang mempunyai pemisahan yang kecil.

Untuk pemodelan lapisan membaji ini dibuatlah 3 lapisan, dimana lapisan teratas adalah lapisan batubara, di tengah adalah lapisan batupasir dan di bagian paling bawah adalah lapisan batubara. Lapisan batubara pada lapisan teratas mempunyai harga rho 1,4 gr/cc dengan kecepatan rata-rata adalah 2390 m/s, lalu lapisan yang berada di tengah adalah lapisan batupasir yang mempunyai harga rho 2,6 gr/cc dengan kecepatan rata-rata adalah 3468 m/s dan lapisan terbawah yaitu lapisan batubara yang mempunyai harga rho 1,2 gr/cc dengan kecepatan rata-rata adalah 2278 m/s. Frekuensi yang digunakan adalah frekuensi dominant pada target daerah penelitian yaitu 20 Hz, menggunakan wavelet ricker dengan *time sample* 3 s dan 50 CDP. Adapun ilustrasi dari pemodelan tersebut adalah seperti gambar dibawah ini :

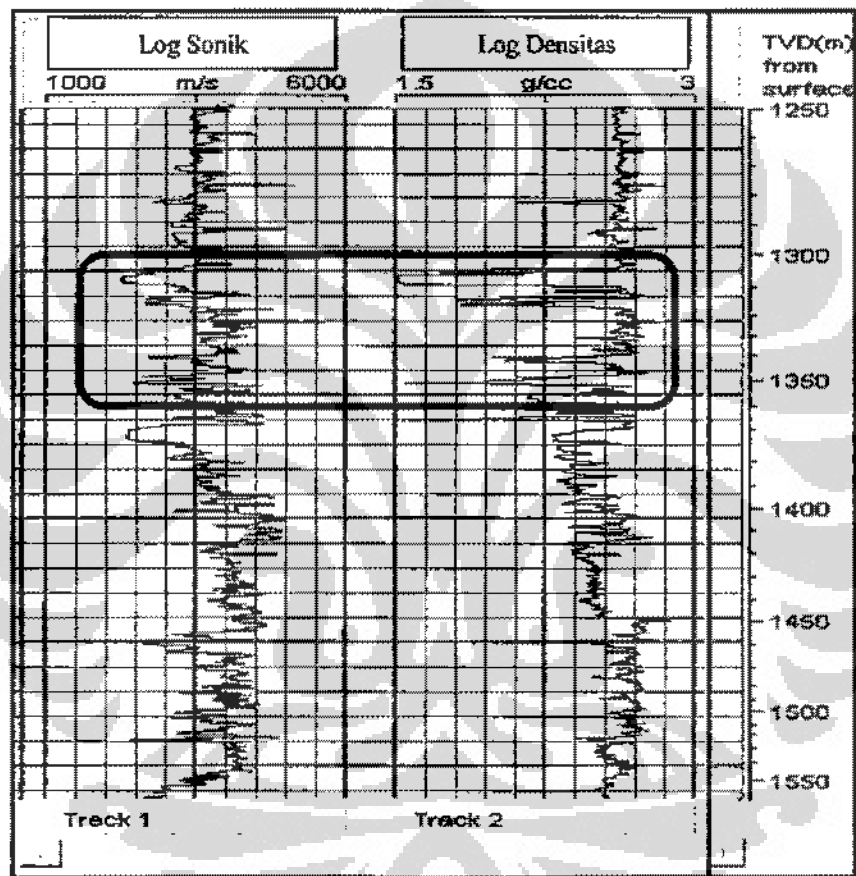


Gambar 3.3. Model lapisan membaji yang digunakan untuk pembuatan data sintetik

III.3.2. Analisa Log

Dalam melakukan well tie seismic yang sebelumnya harus dilakukan adalah melakukan analisa batubara dari data log di sumur A-1. Batubara mempunyai ciri tertentu diantaranya adalah harga densitas batubara kurang dari 1.6 gr/cc serta

mempunyai kecepatan 2440 m/s. Dan setelah dilakukan analisa pada Formasi Talang Akar didapatkan bahwa ada beberapa lapisan tipis batubara pada formasi tersebut, namun untuk memudahkan, maka penulis memfokuskan untuk meneliti lebih lanjut lapisan batubara yang terdapat pada kedalaman berkisar antara 1300 – 1350 m yang terpisah sejauh 24 m.



Gambar 3.4. Lapisan batubara yang terpisah sejauh 24 meter

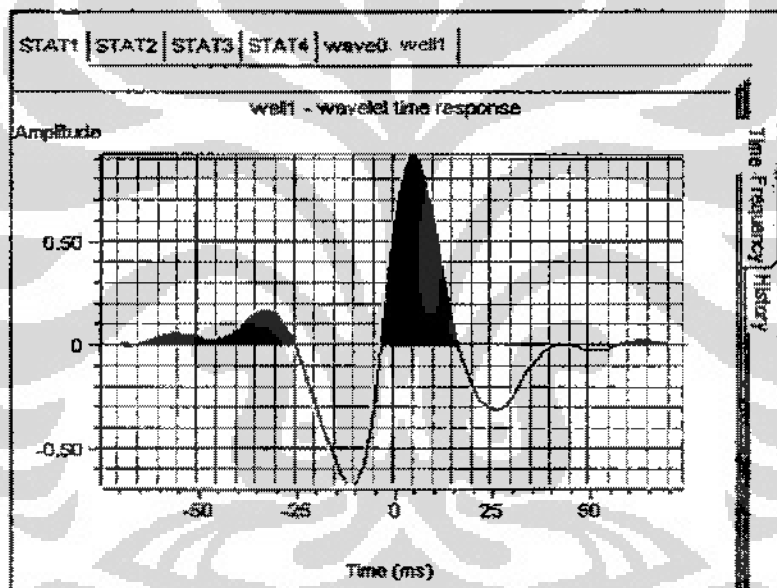
III.3.3. Data checkshot

Kegunaan utama dari checkshot adalah untuk mendapatkan kurva waktu-kedalaman (time-depth curve) yang kemudian dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk pengikatan data seismik dan sumur, penghitungan kecepatan interval, kecepatan rata-rata dan koreksi data sonik pada pembuatan seismogram sintetis.

III.3.4. Well Tie

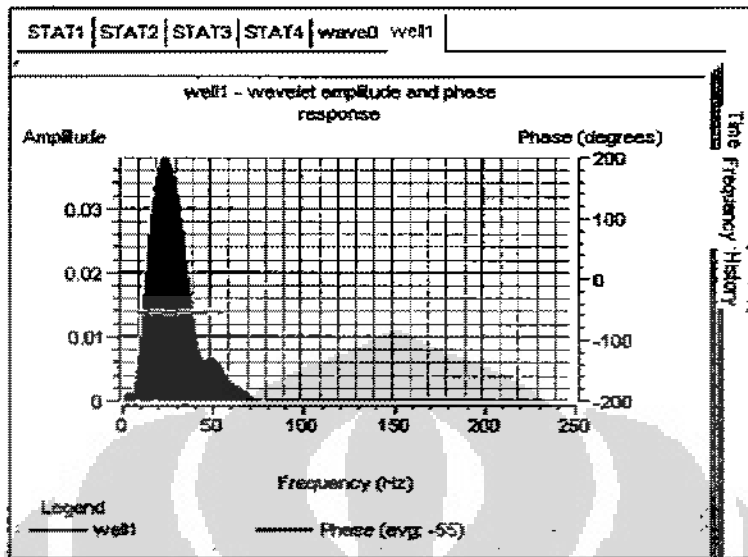
Yang dimaksud dengan proses well tie disini adalah proses well to tie seismik, yaitu suatu proses untuk meletakkan horison sesmik (skala waktu) pada posisi kedalaman yang sebenarnya dan agar data seismik tersebut dapat dikorelasikan dengan data geologi lainnya yang umumnya diplot pada skala kedalaman.

Dalam melakukan well to tie seismik yang pertama-tama harus dilakukan adalah ekstraksi wavelet, dalam pengerjaan ini penulis memakai metode statistikal, dimana tipe fase yang dipakai adalah tipe *minimum phase*, dengan tipe fasa standar normal Eropa (gambar 3.5).

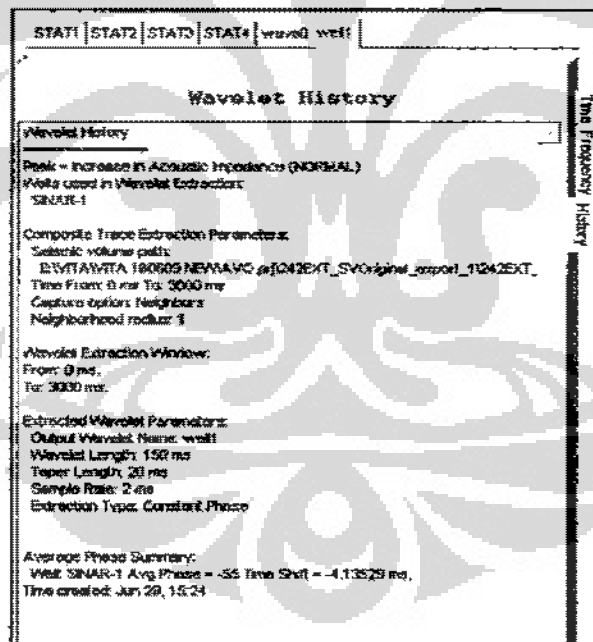


Gambar 3.5. Wavelet yang digunakan untuk melakukan *well to tie seismik*

Dari wavelet yang dihasilkan diperoleh informasi frekuensi dominan pada daerah target, dari hasil pengerjaan frekuensi dominan yang didapat adalah 20 Hz (gambar 3.6).

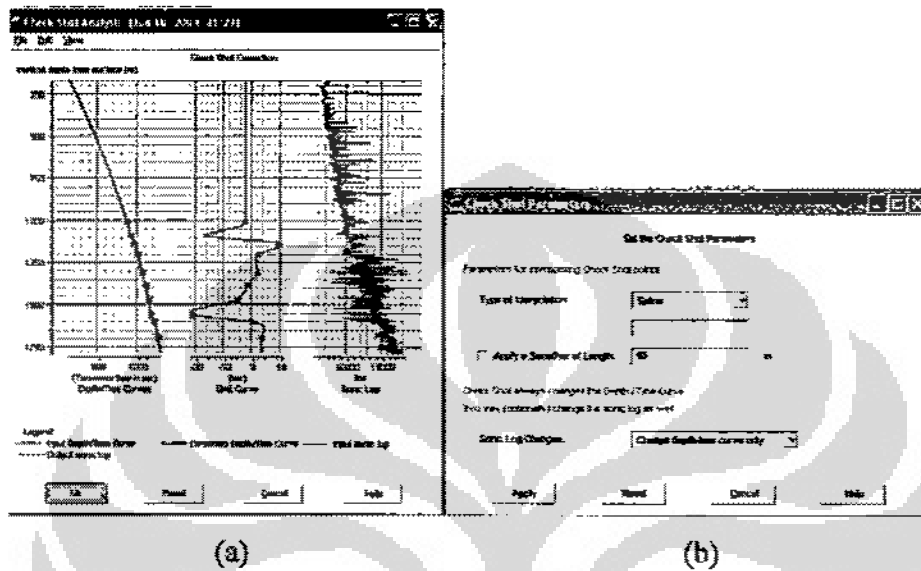


Gambar 3.6. Frekuensi dominan



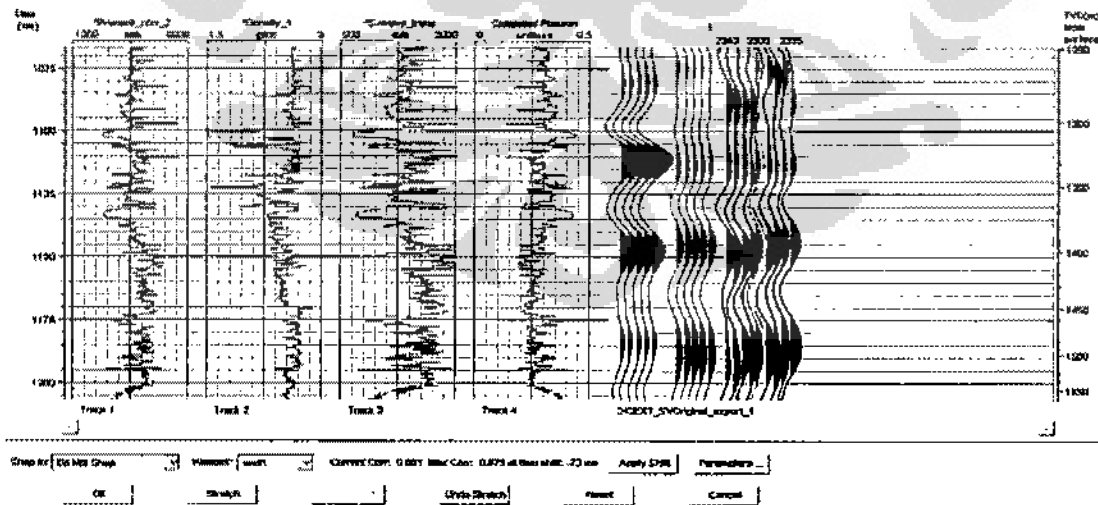
Gambar 3.7. Keterangan parameter wavelet

Setelah dilakukan ekstraksi wavelet, langkah selanjutnya adalah melakukan modeling. Dan hasil dari modeling terlihat seperti gambar dibawah ini:

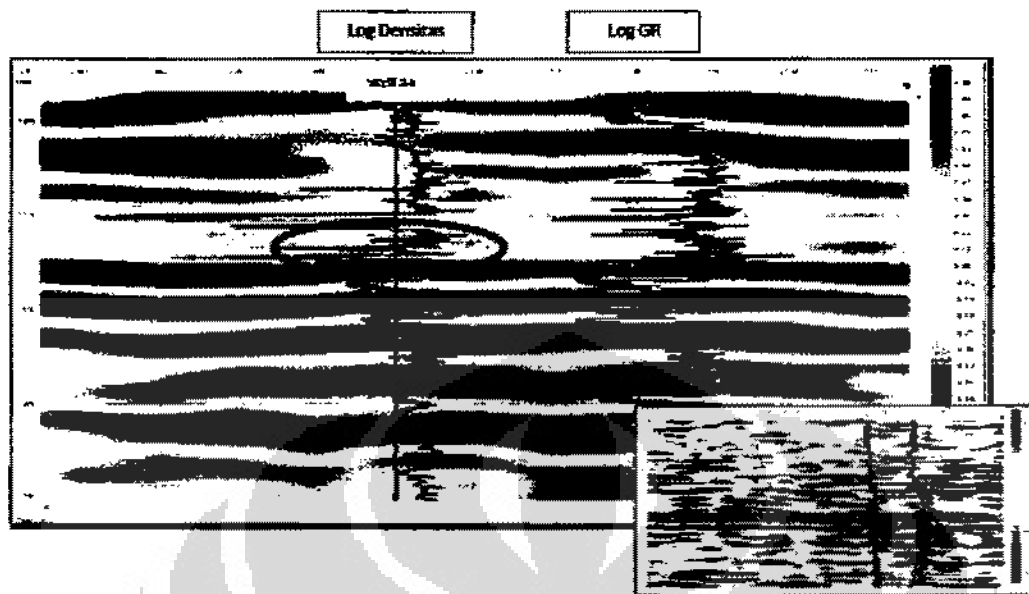


Gambar 3.8. (a) Koreksi checkshot (b) Parameter checkshot

Lalu dilakukanlah well to tie seismik. Well to tie seismik dapat dikatakan relatif tepat apabila hasil korelasi mendekati atau sama dengan 1. Harga korelasi yang didapat dari well to tie seismik adalah 0.681. Hasil ini sudah dapat dikatakan baik.



Gambar 3.9. Proses dalam well to tie seismik



Gambar 3.10. Penampang seismik pada line A yang telah diikat dengan sumur A-1

III.3.5. Zona Target

Zona target pada penelitian ini, setelah dilakukan well to tie seismic adalah perlapisan tipis dari batubara yang terdapat pada kedalaman 1300 – 1350 m atau bila dalam time adalah 1110 ms - 1122 ms. Pada hasil dari analisa log memperlihatkan bahwa pada target area (area yang ditandai dengan lingkaran berwarna merah) terdapat keragaman/variasi litologi. Bagian paling bawah dari area target adalah batubara, bagian tengah dari area target adalah batulempung dengan sisipan tipis batubara dan bagian paling atas dari target area adalah batubara. Sedangkan pada line seismik, target area tersebut hanya terdapat dalam 1 wiggle wavelet. Jarak antara lapisan batubara yang diatas dengan yang dibawahnya (yang terdapat hanya dalam 1 wiggle wavelet) adalah sekitar 24 meter.

III.3.6. Pemilihan wavelet dari family of wavelet serta pemilihan frekuensi

Wavelet yang digunakan pada penelitian ini adalah wavelet complex gaussian-4 (cgau4), morlet (morl), daubechies-5 (db5), daubechies-2 (db2), daubechies-9 (db9), coiflet-3 (coif3), coiflet-4 (coif4) dan symlet-2 (sym2).

Pada masing-masing wavelet yang telah disebutkan diatas, dimasukkan informasi single frekuensi. Maksud dari single frekuensi disini adalah frekuensi yang dilakukan pada penelitian ini adalah dilakukan pada frekuensi tertentu saja, hanya pada satu nilai frekuensi. Untuk penelitian kali ini frekuensi yang dipakai adalah: 20 Hz, 40 Hz, 60 Hz dan 80 Hz.

Lalu setelah itu diterapkanlah metode CWT untuk melihat pemisahan lapisan tipis dari frekuensi rendah ke frekuensi tinggi.

III.3.7. Aplikasi CWT

CWT adalah metoda dekomposisi waktu-frekuensi (*time-frequency decomposition*) yang dikenal juga dengan dekomposisi spektral yang ditujukan untuk mengkarakterisasi respon seismik pada frekuensi tertentu.

III.3.8. Tuning frekuensi

Dari frekuensi-frekuensi yang sudah disebutkan diatas lalu dicari pada frekuensi berapakah perlapisan tipis dari batubara tersebut sudah mulai dapat terlihat terpisah. Sehingga pada frekuensi dimana sudah terilaht pemisahan antara kedua lapisan batubara tersebut dinamakan tuning frekuensi.

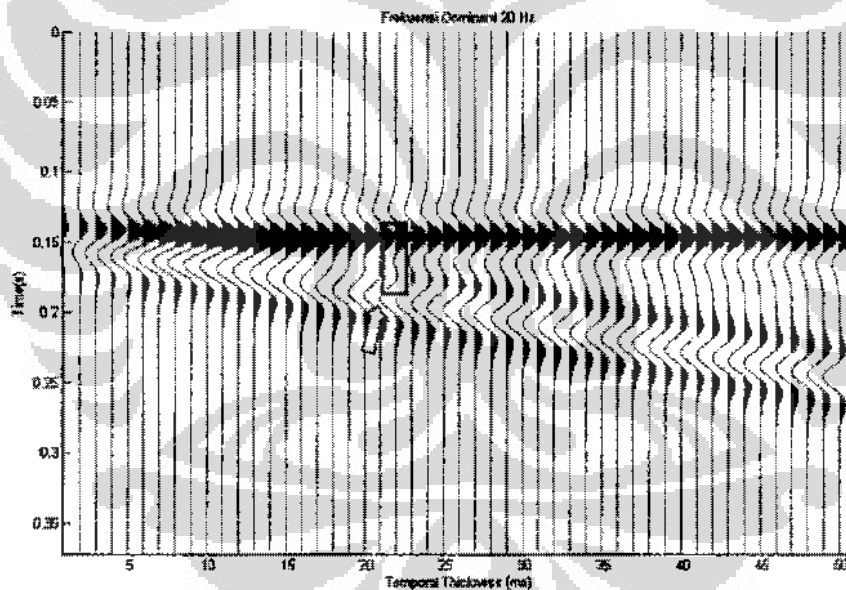
III.3.9. Daya pisah

Yang dimaksud dengan daya pisah disini adalah pada jenis wavelet apa dan frekuensi berapa, lapisan tipis di penampang seismik yang terlihat tidak terpisah tetapi dengan menggunakan metode ini dapat terlihat terpisah.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS DATA

IV.1. Pembuatan data sintetik 2D

Pembuatan sintetik 2D dengan menggunakan wavelet ricker dan frekuensi dominan 20 Hz. Dari gambar menunjukkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 22 ms (gambar 4.1), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet ricker pada frekuensi 20 HZ tersebut, mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 21 ms.

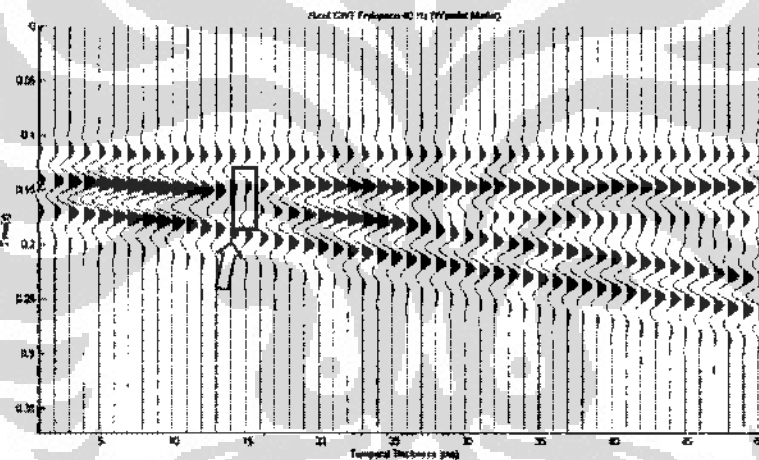


Gambar 4.1. Data sintetik 2D dengan wavelet Ricker dan frekuensi dominan yaitu 20 Hz

IV.1.1. Variasi Data Sintetik terhadap Wavelet Morlet

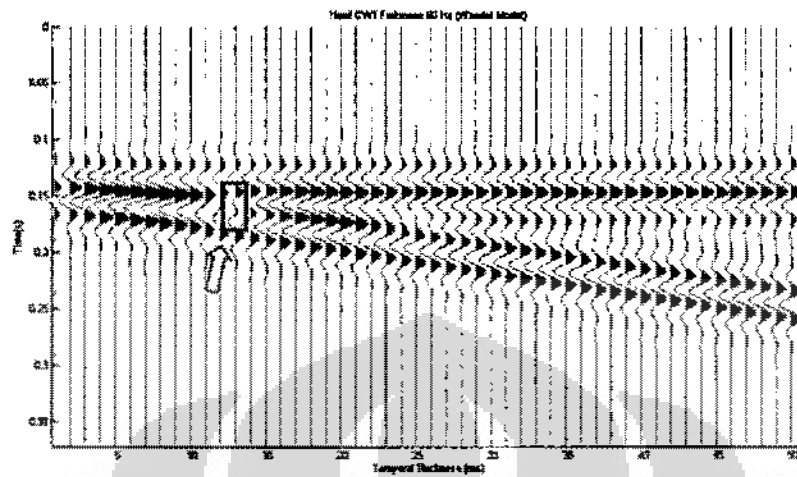
Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Morlet pada frekuensi 40 Hz,

memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 15 ms (gambar 4.2), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet Morlet pada frekuensi 40 HZ tersebut, hanya mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 15 ms. Hal ini disebabkan karena frekuensi yang dipakai masih terlalu rendah, sehingga kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) yang terjadi juga masih rendah, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan yang selaras. Semakin rendah frekuensi maka resolusi yang dicapai juga semakin rendah, begitu juga sebaliknya, semakin tinggi frekuensi, maka resolusi yang dicapai juga semakin tinggi



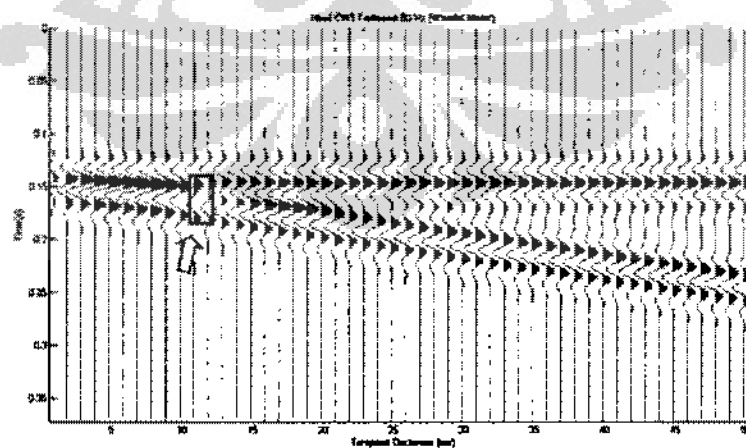
Gambar 4.2. Data sintetik 2D dengan wavelet Morlet frekuensi 40 Hz

Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Morlet pada frekuensi 60 Hz, memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 13 ms (gambar 4.3), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet Morlet pada frekuensi 60 HZ tersebut, sudah mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 13 ms.



Gambar 4.3. Data sintetik 2D dengan wavelet Morlet frekuensi 60 Hz

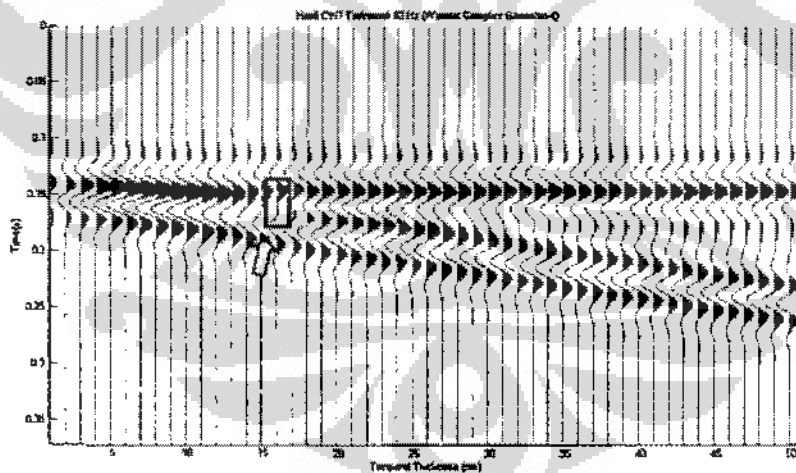
Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Morlet pada frekuensi 80 Hz, memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 12 ms (gambar 4.4), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet Morlet pada frekuensi 80 HZ tersebut, sudah mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 12 ms. Hal ini disebabkan karena penggunaan frekuensi yang semakin tinggi, sehingga kemampuan dalam memisahkan lapisan tipis (resolusi) juga semakin baik.



Gambar 4.4. Data sintetik 2D dengan wavelet Morlet frekuensi 80 Hz

IV.1.2 Variasi Data Sintetik terhadap Wavelet Complex Gaussian-4

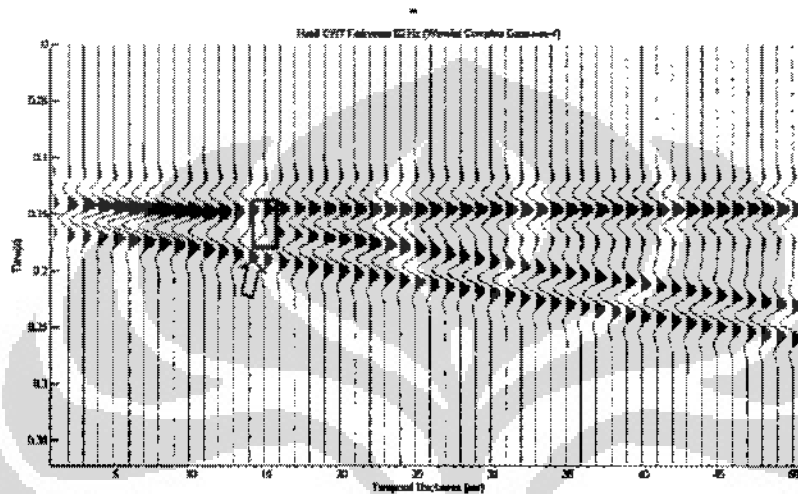
Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Complex Gaussian-4 pada frekuensi 40 Hz, memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 16 ms (gambar 4.5), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet Complex Gaussian-4 pada frekuensi 40 HZ tersebut, hanya mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 16 ms. Hal ini disebabkan karena frekuensi yang dipakai masih terlalu rendah, sehingga kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) yang terjadi juga masih rendah, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan yang selaras. Semakin rendah frekuensi maka resolusi yang dicapai juga semakin rendah, begitu juga sebaliknya, semakin tinggi frekuensi, maka resolusi yang dicapai juga semakin tinggi.



Gambar 4.5. Data sintetik 2D dengan wavelet Complex Gaussian-4 frekuensi 40 Hz

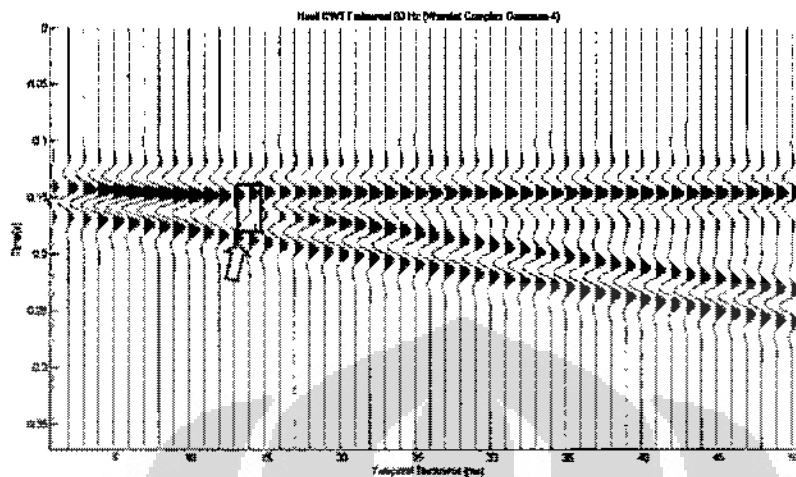
Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Complex Gaussian-4 pada frekuensi 60 Hz, memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada

temporal thickness 15 ms (gambar 4.6), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet Complex Gaussian-4 pada frekuensi 60 HZ tersebut, sudah mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 15 ms.



Gambar 4.6. Data sintetik 2D dengan wavelet Complex Gaussian-4 frekuensi 60 Hz

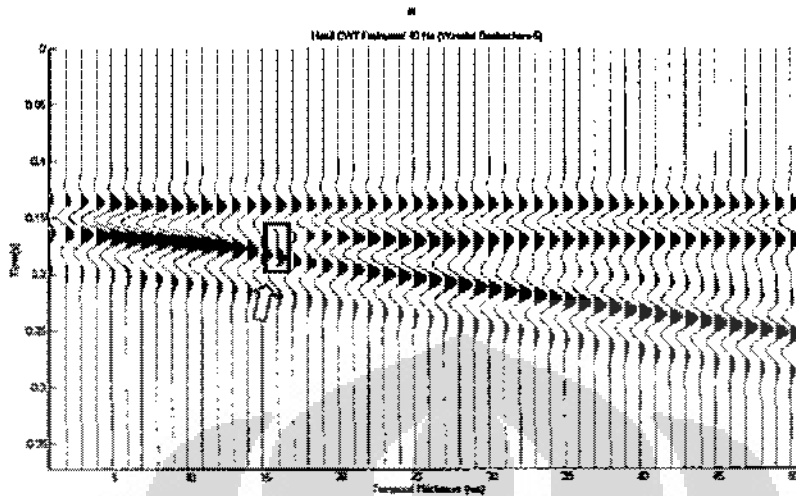
Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Complex Gaussian-4 pada frekuensi 80 Hz, memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 14 ms (gambar 4.7), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet Complex Gaussian-4 pada frekuensi 80 HZ tersebut, sudah mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 14 ms. Hal ini disebabkan karena penggunaan frekuensi yang semakin tinggi, sehingga kemampuan dalam memisahkan lapisan tipis (resolusi) juga semakin baik.



Gambar 4.7. Data sintetik 2D dengan wavelet Complex Gaussian-4 frekuensi 50 Hz

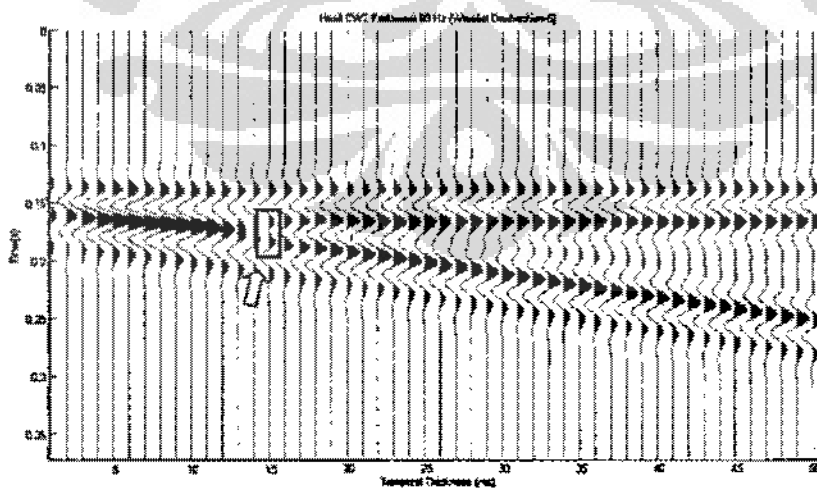
IV.1.3. Variasi Data Sintetik terhadap Wavelet Daubechies-5

Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dengan menggunakan wavelet Daubechies-5 pada frekuensi 40 Hz, memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 16 ms (gambar 4.8), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet Daubechies-5 pada frekuensi 40 HZ tersebut, hanya mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 16 ms. Hal ini disebabkan karena frekuensi yang dipakai masih terlalu rendah, sehingga kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) yang terjadi juga masih rendah, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan yang selaras. Semakin rendah frekuensi maka resolusi yang dicapai juga semakin rendah, begitu juga sebaliknya, semakin tinggi frekuensi, maka resolusi yang dicapai juga semakin tinggi



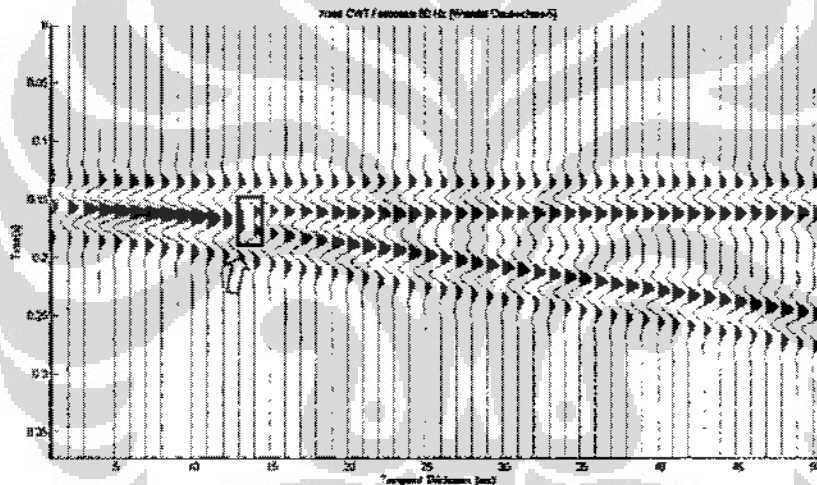
Gambar 4.8. Data sintetik 2D dengan wavelet Daubechies-5 frekuensi 40 Hz

Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dengan menggunakan wavelet Daubechies-5 pada frekuensi 60 Hz, memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 15 ms (gambar 4.9), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet Daubechies-5 pada frekuensi 60 HZ tersebut, sudah mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 15 ms.



Gambar 4.9. Data sintetik 2D dengan wavelet Daubechies-5 frekuensi 60 Hz

Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dengan menggunakan wavelet Daubechies-5 pada frekuensi 80 Hz, memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 14 ms (gambar 4.10), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet Daubechies-5 pada frekuensi 80 HZ tersebut, sudah mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 14 ms. Hal ini disebabkan karena penggunaan frekuensi yang semakin tinggi, sehingga kemampuan dalam memisahkan lapisan tipis (resolusi) juga semakin baik.

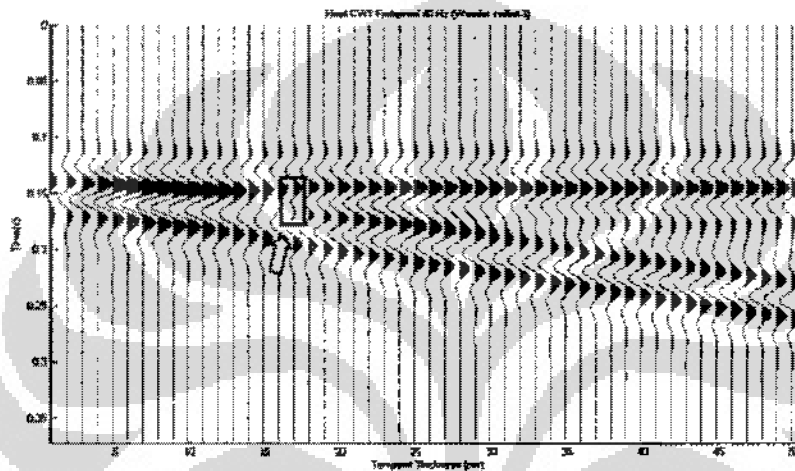


Gambar 4.10. Data sintetik 2D dengan wavelet Daubechies-5 frekuensi 80 Hz

IV.1.4. Variasi Data Sintetik terhadap Wavelet Coiflet-3

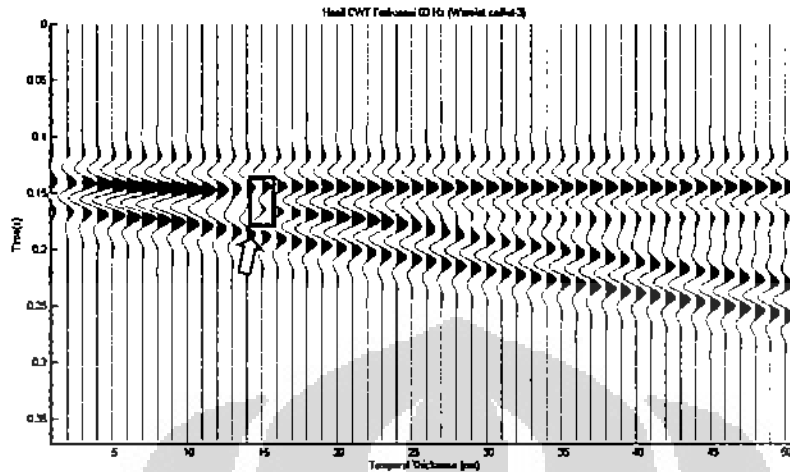
Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dengan menggunakan wavelet Coiflet-3 pada frekuensi 40 Hz, memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 17 ms (gambar 4.2), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet Coiflet-3 pada frekuensi 40 HZ tersebut, hanya mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 17 ms. Hal ini disebabkan karena frekuensi yang dipakai masih terlalu rendah, sehingga kemampuan

untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) yang terjadi juga masih rendah, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan yang selaras. Semakin rendah frekuensi maka resolusi yang dicapai juga semakin rendah, begitu juga sebaliknya, semakin tinggi frekuensi, maka resolusi yang dicapai juga semakin tinggi



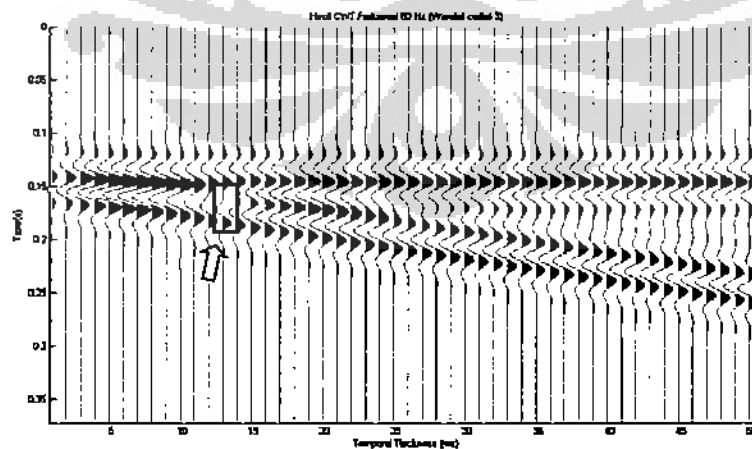
Gambar 4.11. Data sintetik 2D dengan wavelet Coiflet-3 frekuensi 40 Hz

Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dengan menggunakan wavelet Coiflet-3 pada frekuensi 60 Hz, memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 15 ms (gambar 4.12), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet Coiflet-3 pada frekuensi 60 HZ tersebut, sudah mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 15 ms.



Gambar 4.12. Data sintetik 2D dengan wavelet Coiflet-3 frekuensi 60 Hz

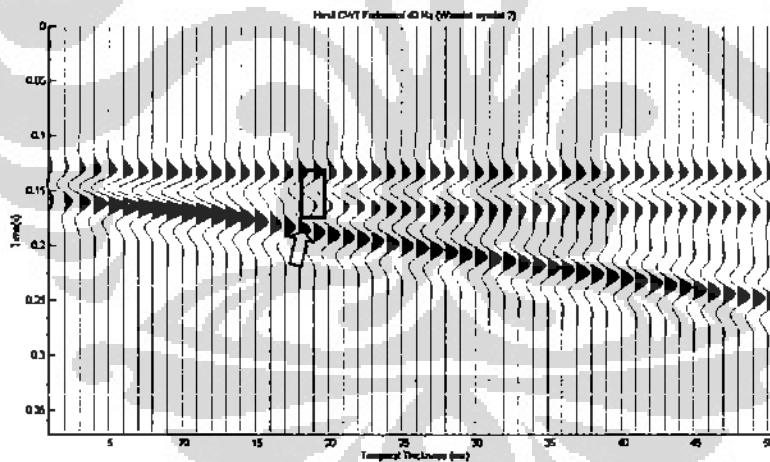
Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Coiflet-3 pada frekuensi 80 Hz, memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 14 ms (gambar 4.13), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet Coiflet-3 pada frekuensi 80 HZ tersebut, sudah mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 14 ms. Hal ini disebabkan karena penggunaan frekuensi yang semakin tinggi, sehingga kemampuan dalam memisahkan lapisan tipis (resolusi) juga semakin baik.



Gambar 4.13. Data sintetik 2D dengan wavelet Coiflet-3 frekuensi 80 Hz

IV.1.5. Variasi Data Sintetik terhadap Wavelet Symlet-2

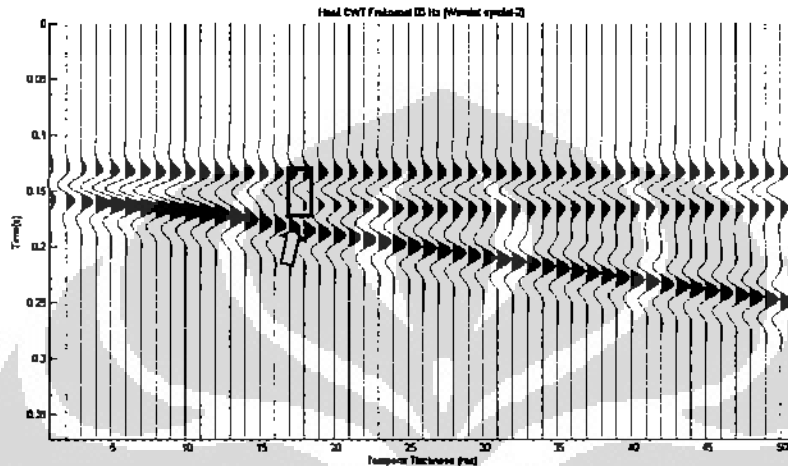
Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Symlet-2 pada frekuensi 40 Hz, memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 19 ms (gambar 4.14), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet Morlet pada frekuensi 40 HZ tersebut, hanya mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 19 ms. Hal ini disebabkan karena frekuensi yang dipakai masih terlalu rendah, sehingga kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) yang terjadi juga masih rendah, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan yang selaras. Semakin rendah frekuensi maka resolusi yang dicapai juga semakin rendah, begitu juga sebaliknya, semakin tinggi frekuensi, maka resolusi yang dicapai juga semakin tinggi.



Gambar 4.14. Data sintetik 2D dengan wavelet Symlet-2 frekuensi 40 Hz

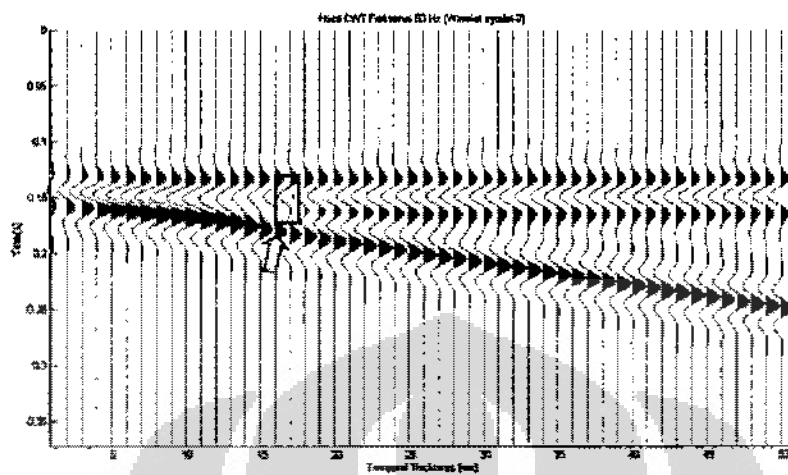
Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Symlet-2 pada frekuensi 60 Hz, memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 18 ms (gambar 4.15), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa

CWT dengan menggunakan wavelet Coiflet-3 pada frekuensi 60 HZ tersebut, sudah mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 18 ms.



Gambar 4.15. Data sintetik 2D dengan wavelet Symlet-2 frekuensi 60 Hz

Pada data sintetik, setelah dilakukan proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Symlet-2 pada frekuensi 80 Hz, memperlihatkan adanya lapisan baru yang mulai muncul pada *temporal thickness* 17 ms (gambar 4.16), yang berarti bahwa data sintetik yang sudah dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet Symlet-2 pada frekuensi 80 HZ tersebut, sudah mampu untuk memisahkan lapisan tipis yang mempunyai ketebalan minimal 17 ms. Hal ini disebabkan karena penggunaan frekuensi yang semakin tinggi, sehingga kemampuan dalam memisahkan lapisan tipis (resolusi) juga semakin baik.



Gambar 4.16. Data sintetik 2D dengan wavelet Symlet-2 frekuensi 80 Hz

Pada tiap-tiap wavelet tersebut terlihat bahwa resolusi pemisahan semakin baik seiring dengan semakin tinggi frekuensi.

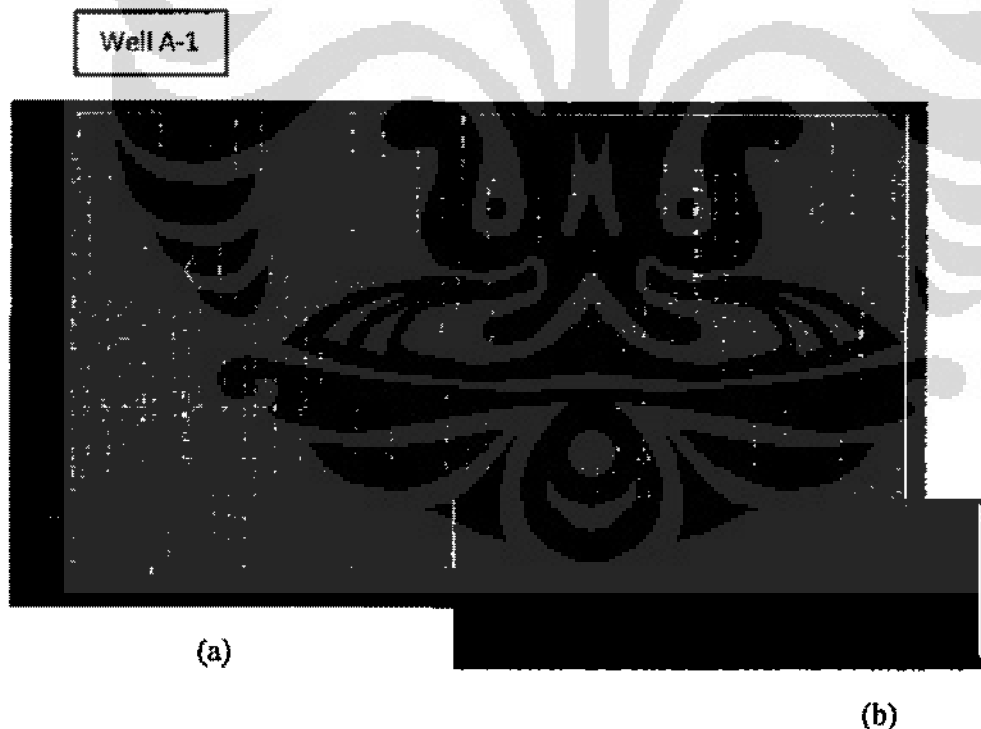
IV.2. Data Real 2D Seismik

Lapisan batubara yang terdapat pada data log memperlihatkan bahwa batubara tersebut terpisah sejauh 24 m. Tetapi setelah dilakukan *well to tie seismic*, didapat bahwa kedua lapisan batubara yang terpisah dengan jarak 24 meter tersebut terdapat di dalam 1 *wiggle wavelet*. Sehingga untuk dapat memisahkan 2 lapisan yang sebenarnya terpisah tersebut dilakukan analisa CWT dengan menggunakan wavelet : wavelet morlet, wavelet complex Gaussian-4, daubechies-5, coiflet-3, coiflet-4 dan symlet-2

Dan untuk melihat pemisahan tersebut dipakai variasi frekuensi yaitu frekuensi 20 Hz, 40 Hz, 60 Hz dan 80 Hz.

IV.2.1. Variasi Frekuensi Data Real 2D Seismik Terhadap Wavelet Morlet

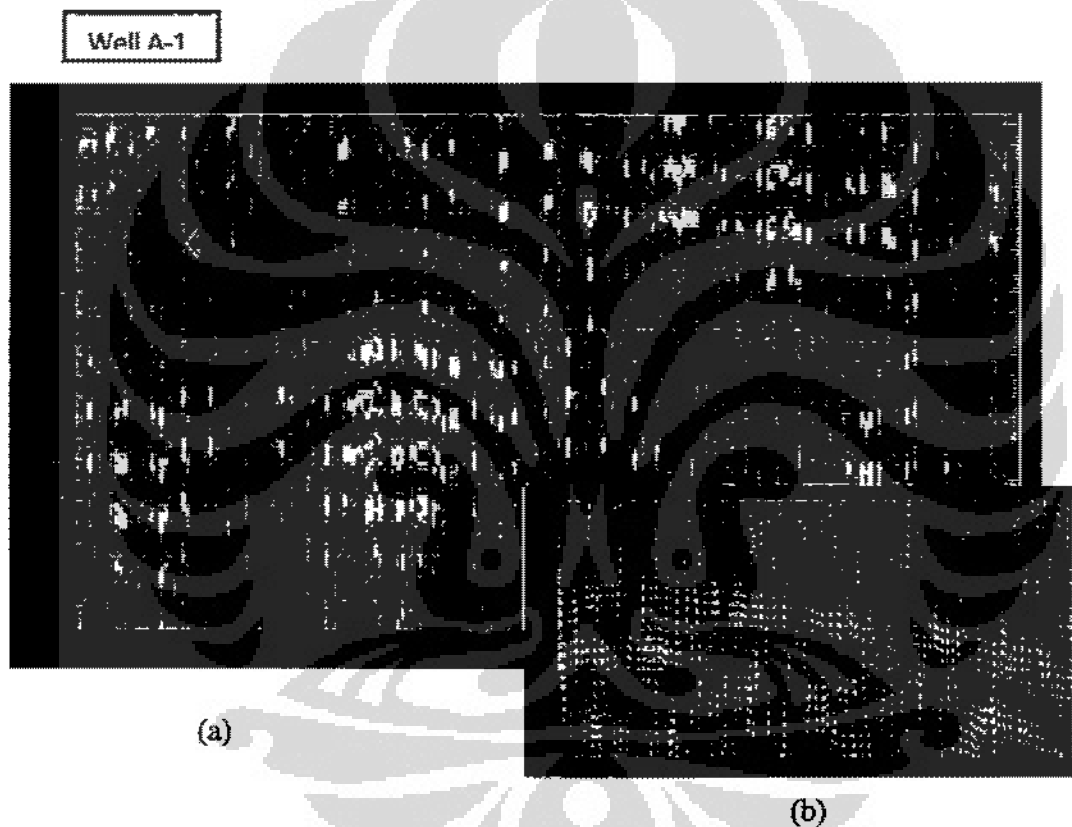
Pada data real 2D seismik line A, setelah dilakukan *well to tie seismic* dan setelah mendapatkan area target, yaitu pada kedalaman 1110 – 1122ms, lalu dilakukanlah proses aplikasi *Continous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Morlet pada frekuensi 20 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak belum terlihat adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya (gambar 4.17). Hal ini disebabkan karena frekuensi yang dipakai masih terlalu rendah, sehingga kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) yang terjadi di target area juga masih rendah, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan yang selaras. Semakin rendah frekuensi maka resolusi yang dicapai juga semakin rendah, begitu juga sebaliknya, semakin tinggi frekuensi, maka resolusi yang dicapai juga semakin tinggi.



Gambar 4.17. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Morlet, frekuensi 20 Hz

Pada data real 2D seismik line A, setelah dilakukan *well to tie seismic* dan setelah mendapatkan area target, yaitu pada kedalaman 1110 – 1122ms, lalu dilakukanlah proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dengan menggunakan wavelet Morlet pada frekuensi 40 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms sudah mulai nampak terpisah antara horizon atas dengan horizon bawah, namun belum terlihat jelas (gambar 4.18).

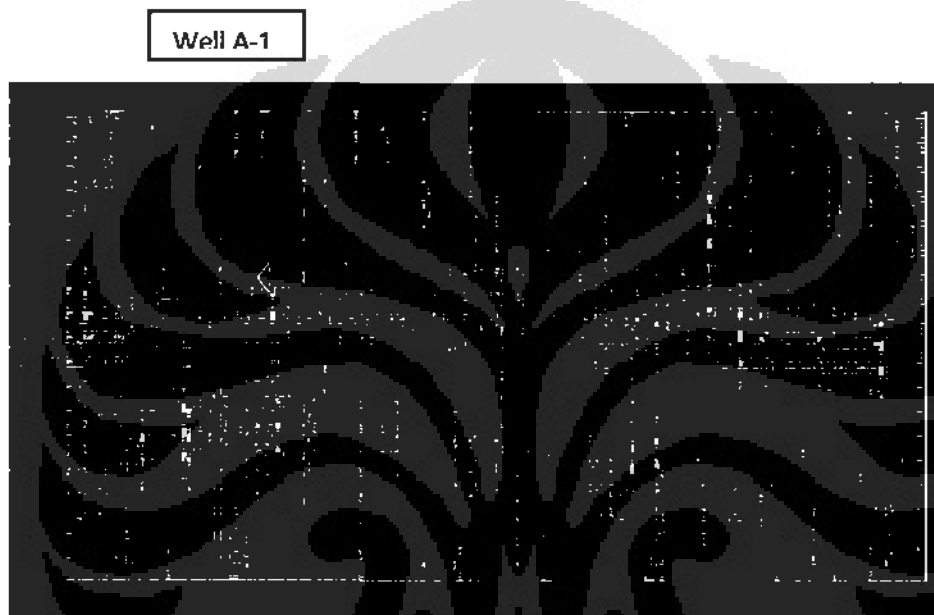


Gambar 4.18. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Morlet, frekuensi 40 Hz

Pada data real 2D seismik line A, yang telah diaplikasikan *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dengan menggunakan wavelet Morlet pada frekuensi 60 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon

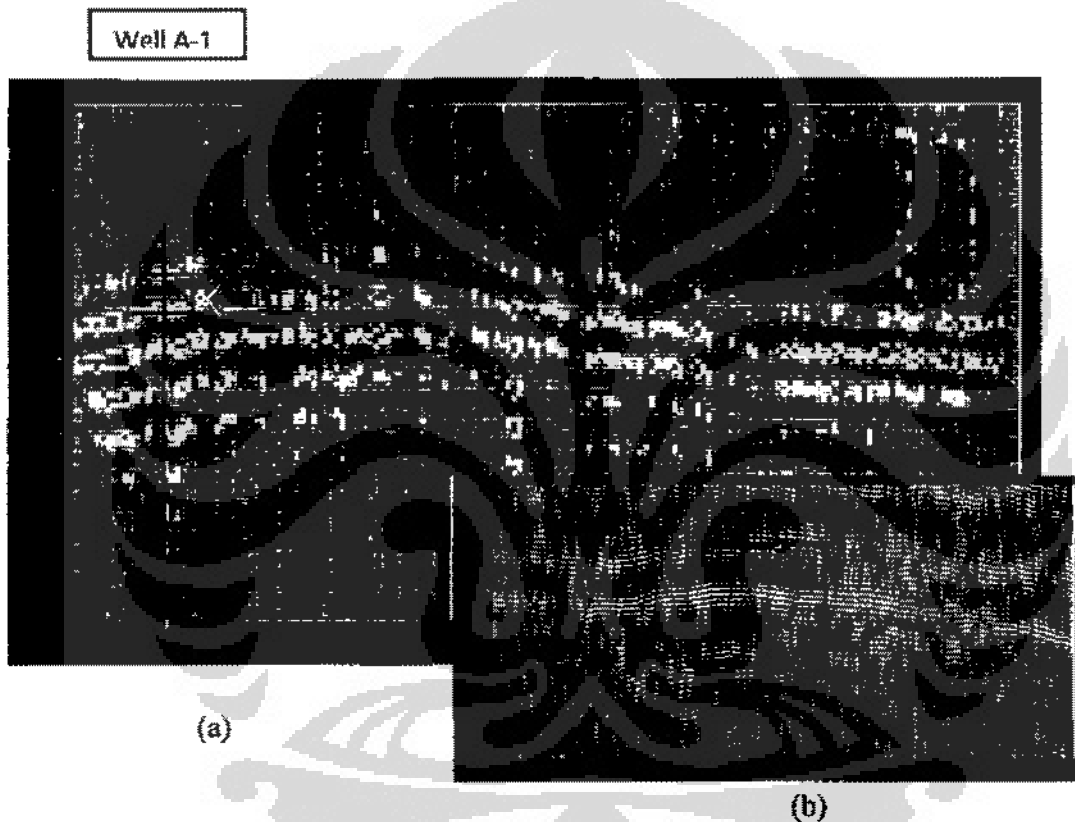
yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak sudah terlihat adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya, namun pemisahan tersebut masih belum begitu kontras (gambar 4.19). akan tetapi kemampuan untuk dapat melakukan resolusi dengan menggunakan frekuensi 60 Hz, sudah dapat dikatakan lebih tinggi (lebih bagus) dibandingkan dengan kemampuan resolusi pada data real 2D dengan frekuensi 40 Hz.



Gambar 4.19. Data real 2D dengan wavelet Morlet, frekuensi 60 Hz

Pada data real 2D seismik line A, kemudian dilakukan kembali aplikasi *Continous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Morlet pada frekuensi 80 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak sudah terlihat jelas adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya (gambar 4.20). Horizon yang terlihat mempunyai gambaran amplitudo yang kuat di bagian atas diasumsikan sebagai horizon batubara bagian atas target area dan horizon yang terlihat mempunyai gambaran amplitudo yang kuat di bagian bawah diasumsikan sebagai horizon batubara bagian bawah

target area. Pemisahan yang sudah nampak terlihat jelas, disebabkan karena frekuensi yang dipakai sudah semakin tinggi, sehingga resolusi yang terjadi di target area juga semakin tinggi, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan terbalik. Semakin rendah frekuensi maka kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) resolusi yang dicapai juga semakin tinggi.



Gambar 4.20. (a) Perbesaran dari gambar (b)

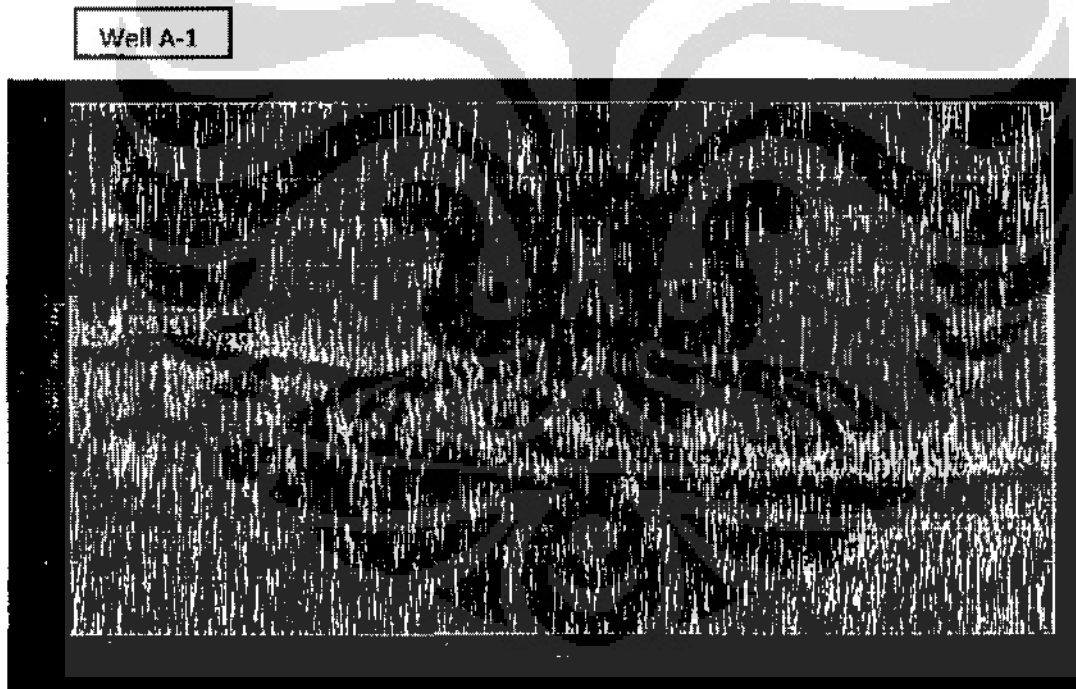
(b) Data real 2D dengan wavelet Morlet, frekuensi 80 Hz

IV.2.2. Variasi Frekuensi Data Real 2D Seismik Terhadap Wavelet Complex

Gaussian-4

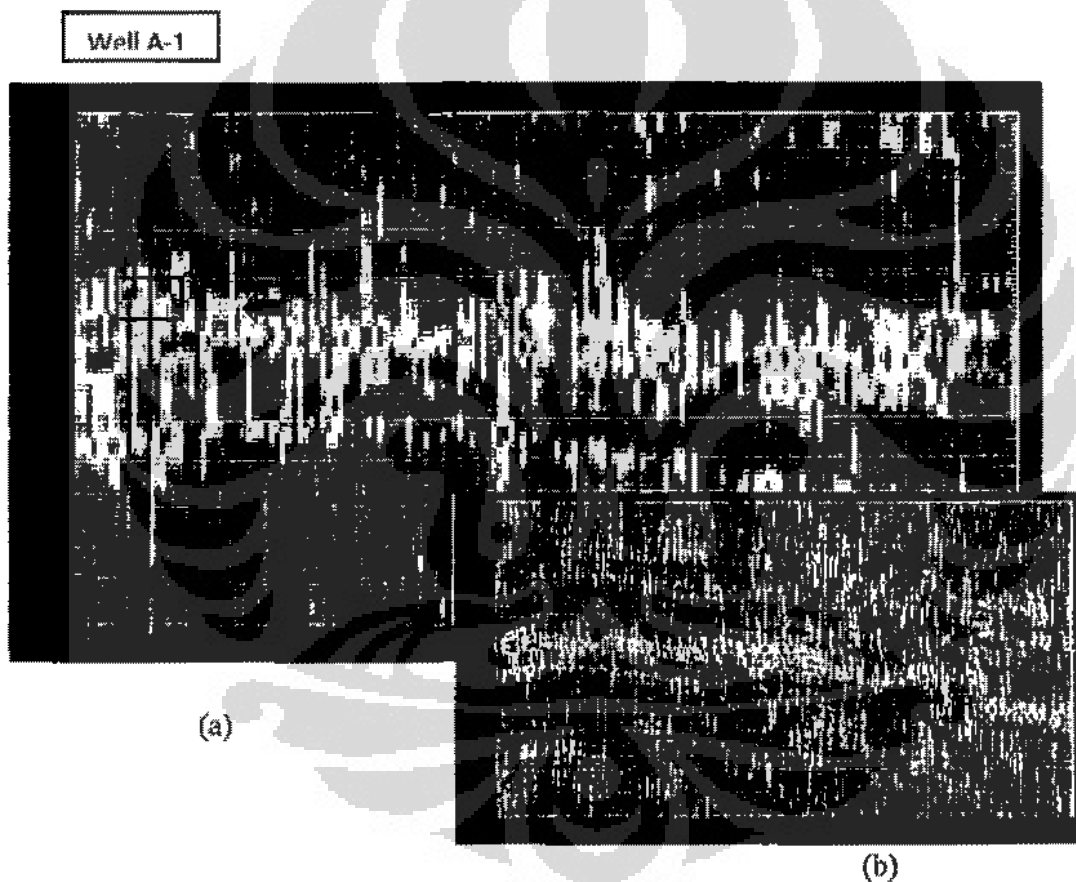
Pada data real 2D seismik line A, setelah dilakukan *well to tie seismic* dan setelah mendapatkan area target, yaitu pada kedalaman 1110 – 1122ms, lalu

dilakukanlah proses aplikasi *Continous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet *Complex Gaussian-4* pada frekuensi 20 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak belum terlihat adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya (gambar 4.21). Hal ini disebabkan karena frekuensi yang dipakai masih terlalu rendah, sehingga kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) yang terjadi di target area juga masih rendah, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan yang selaras. Semakin rendah frekuensi maka resolusi yang dicapai juga semakin rendah, begitu juga sebaliknya, semakin tinggi frekuensi, maka resolusi yang dicapai juga semakin tinggi.



Gambar 4.21. Data real 2D dengan wavelet *Complex Gaussian-4* dan frekuensi 20 Hz

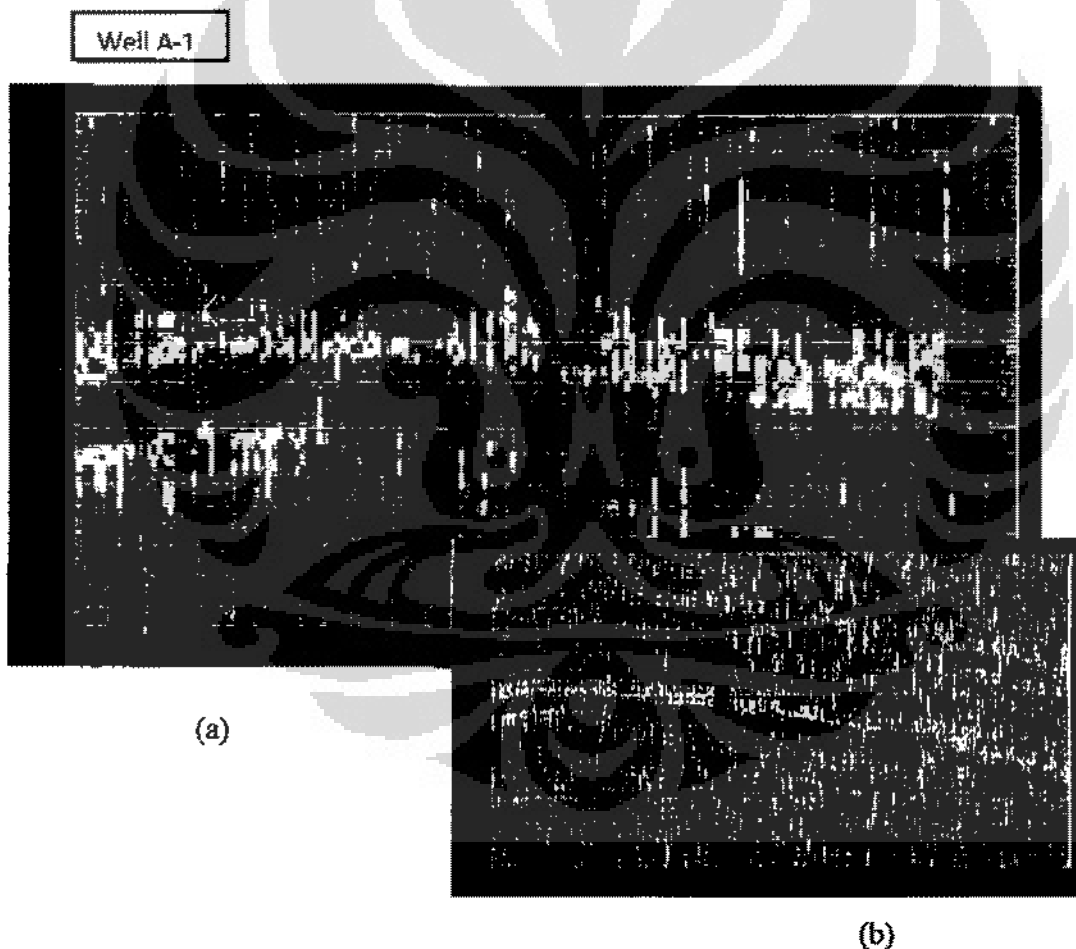
Pada data real 2D seismik line A, setelah dilakukan *well to tie seismic* dan setelah mendapatkan area target, yaitu pada kedalaman 1110 – 1122ms, lalu dilakukan kembali proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dengan menggunakan wavelet *Complex Gaussian-4* pada frekuensi 40 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms sudah mulai nampak terpisah antara horizon atas dengan horizon bawah, namun belum terlihat jelas (gambar 4.22).



Gambar 4.22. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet *Complex Gaussian-4* dan frekuensi 40 Hz

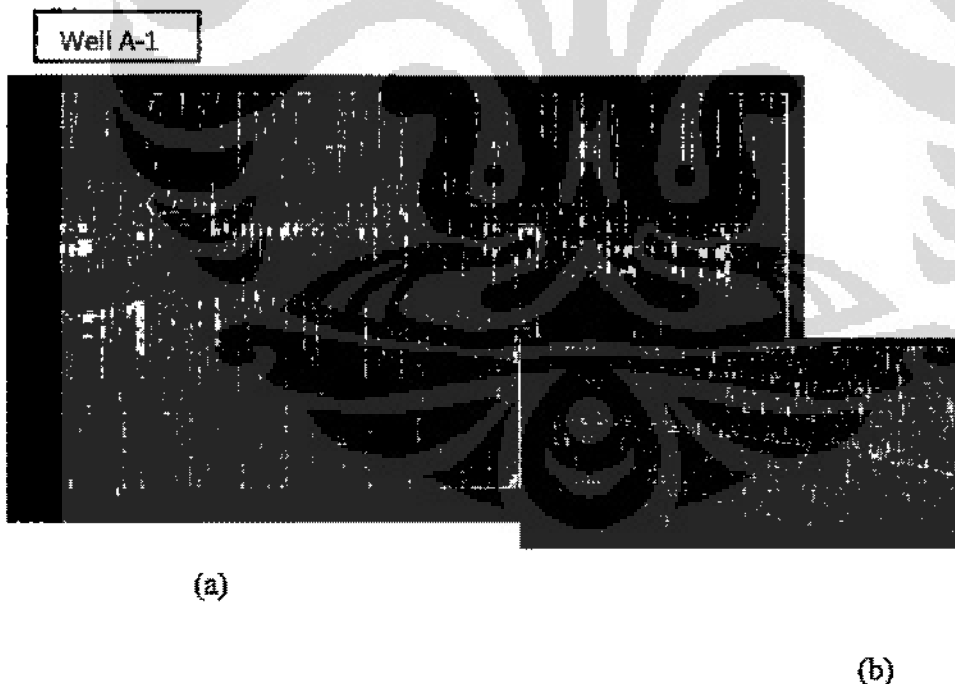
Pada data real 2D seismik line A, lalu dilakukan aplikasi *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dengan menggunakan wavelet Morlet pada frekuensi 60 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak sudah terlihat adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya, namun pemisahan tersebut masih belum begitu kontras (gambar 4.23). akan tetapi kemampuan untuk dapat melakukan resolusi dengan menggunakan frekuensi 60 Hz, sudah dapat dikatakan lebih tinggi (lebih bagus) dibandingkan dengan kemampuan resolusi pada data real 2D dengan frekuensi 40 Hz.



Gambar 4.23. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Complex Gaussian-4 dan frekuensi 60 Hz

Pada data real 2D seismik line A, kemudian dilakukan aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Morlet pada frekuensi 80 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak sudah terlihat jelas adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya (gambar 4.24). Horizon yang terlihat mempunyai gambaran amplitudo yang kuat di bagian atas diasumsikan sebagai horizon batubara bagian atas target area dan horizon yang terlihat mempunyai gambaran amplitudo yang kuat di bagian bawah diasumsikan sebagai horizon batubara bagian bawah target area. Pemisahan yang sudah nampak terlihat jelas, disebabkan karena frekuensi yang dipakai sudah semakin tinggi, sehingga resolusi yang terjadi di target area juga semakin tinggi, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan terbalik. Semakin rendah frekuensi maka kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) resolusi yang dicapai juga semakin tinggi.



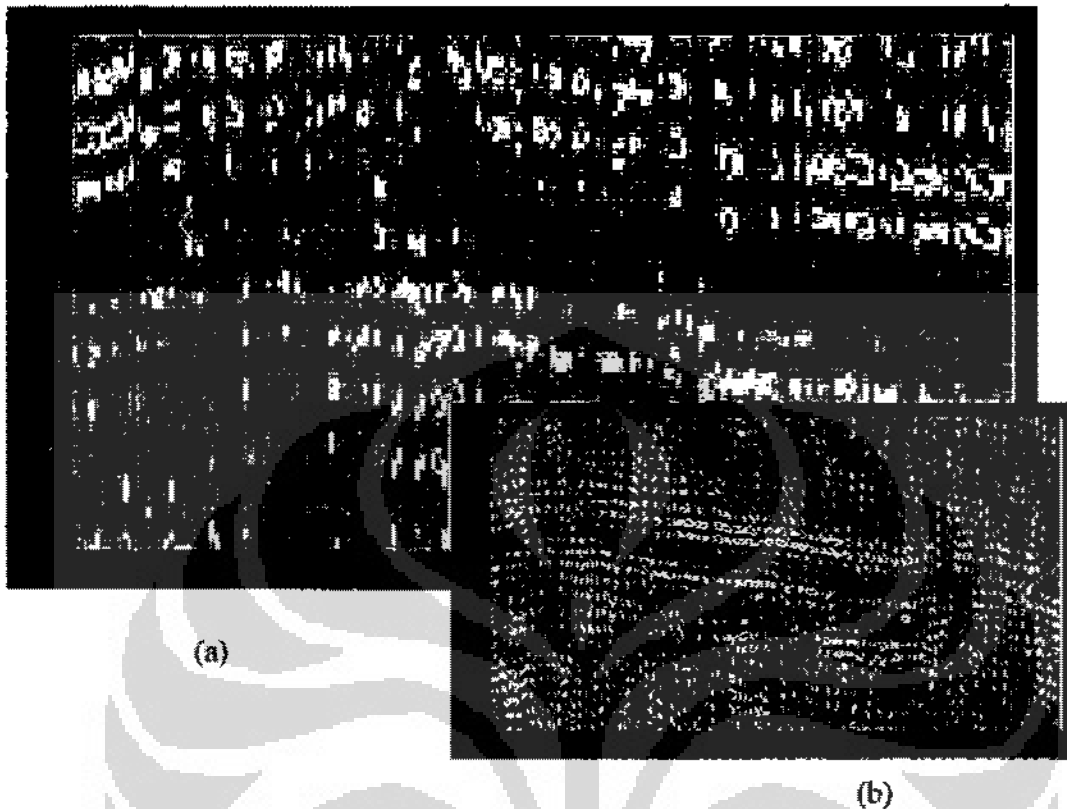
Gambar 4.24. (a) Perbesar dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Complex Gaussian-4 dan frekuensi 80 Hz

IV.2.3. Variasi Frekuensi Data Real 2D Seismik Terhadap Wavelet Daubechies-5

Pada data real 2D seismik line A, setelah dilakukan *well to tie seismic* dan setelah mendapatkan area target, yaitu pada kedalaman 1110 – 1122ms, lalu dilakukanlah proses aplikasi *Continous Wavelet Transform (CWT)* dengan menggunakan wavelet Daubechies-5 pada frekuensi 20 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak belum terlihat adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya (gambar 4.25). Hal ini disebabkan karena frekuensi yang dipakai masih terlalu rendah, sehingga kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) yang terjadi di target area juga masih rendah, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan yang selaras. Semakin rendah frekuensi maka resolusi yang dicapai juga semakin rendah, begitu juga sebaliknya, semakin tinggi frekuensi, maka resolusi yang dicapai juga semakin tinggi.

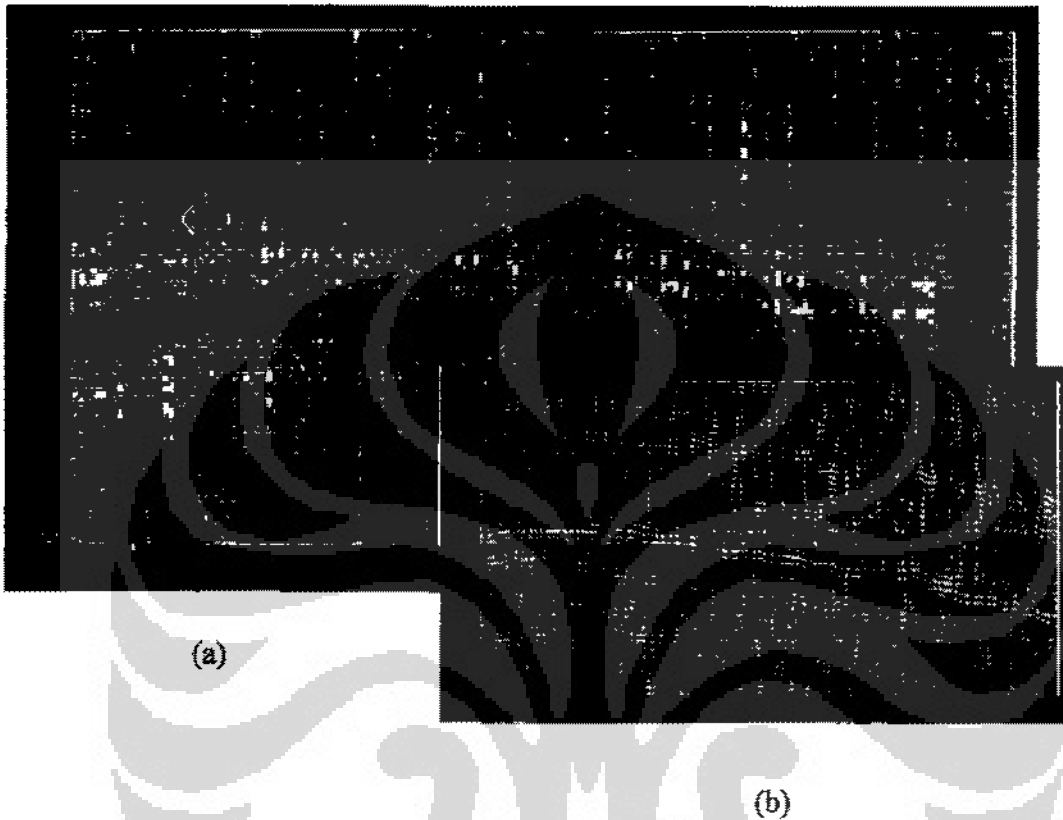
Well A-1



Gambar 4.25. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Daubechies-5 dan frekuensi 20 Hz

Pada data real 2D seismik line A, setelah dilakukan *well to tie seismic* dan setelah mendapatkan area target, yaitu pada kedalaman 1110 – 1122ms, lalu dilakukanlah proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Morlet pada frekuensi 40 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms sudah mulai nampak terpisah antara horizon atas dengan horizon bawah, namun belum terlihat jelas (gambar 4.26).



Gambar 4.26. (a) Perbesaran dari gambar (b)
 (b) Data real 2D dengan wavelet Daubechies-5 dan frekuensi 40 Hz

Pada data real 2D seismik line A, lalu dilakukan aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Daubechies-5 pada frekuensi 60 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak sudah terlihat adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya, namun pemisahan tersebut masih belum begitu kontras (gambar 4.27). akan tetapi kemampuan untuk dapat melakukan resolusi dengan menggunakan

frekuensi 60 Hz, sudah dapat dikatakan lebih tinggi (lebih bagus) dibandingkan dengan kemampuan resolusi pada data real 2D dengan frekuensi 40 Hz.

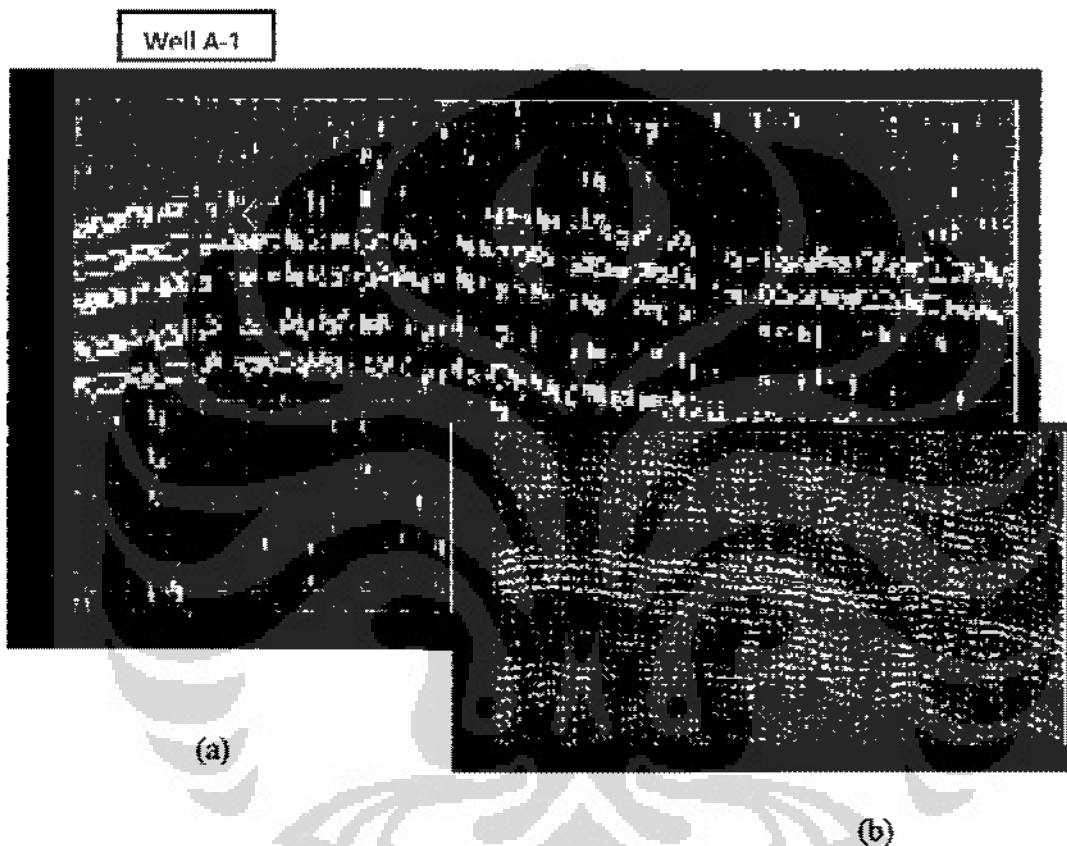
Well A-1



Gambar 4.27. Data real 2D dengan wavelet Daubechies-5 dan frekuensi 60 Hz

Pada data real 2D seismik line A, kemudian dilakukan aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Daubechies-5 pada frekuensi 80 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak sudah terlihat jelas adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya (gambar 4.27). Horizon yang terlihat mempunyai gambaran amplitudo yang kuat di bagian atas diasumsikan sebagai horizon batubara bagian atas target area dan horizon yang terlihat mempunyai gambaran amplitudo yang kuat di bagian bawah diasumsikan sebagai horizon batubara bagian bawah target area. Pemisahan yang sudah nampak terlihat jelas, disebabkan karena frekuensi yang dipakai sudah semakin tinggi, sehingga resolusi yang terjadi di target area juga semakin tinggi, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi

seismik mempunyai hubungan terbalik. Semakin rendah frekuensi maka kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) resolusi yang dicapai juga semakin tinggi.



Gambar 4.28. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Daubechies-5 dan frekuensi 80 Hz

IV.2.4. Variasi Frekuensi Data Real 2D Seismik Terhadap Wavelet Coiflet-3

Pada data real 2D seismik line A, setelah dilakukan *well to tie seismic* dan setelah mendapatkan area target, yaitu pada kedalaman 1110 – 1122ms, lalu dilakukannya proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dengan menggunakan wavelet Coiflet-3 pada frekuensi 20 Hz. Hasil aplikasi CWT di area

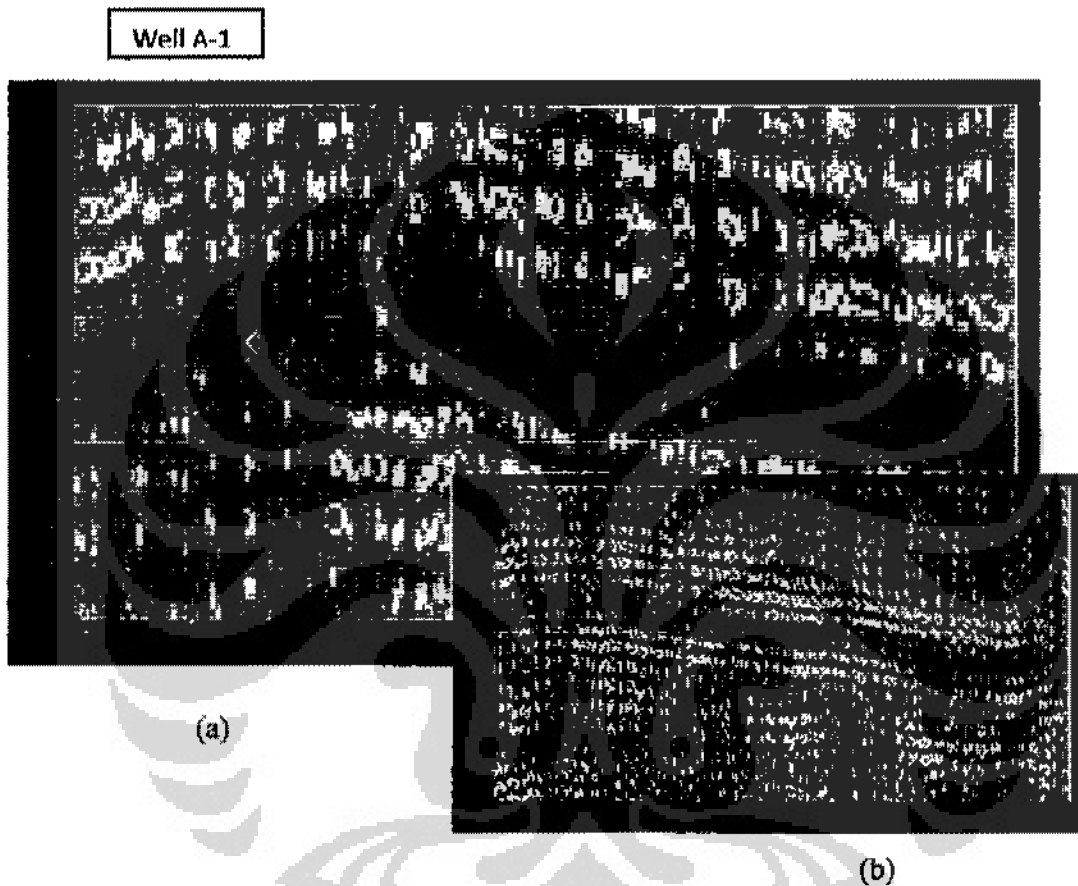
yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak belum terlihat adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya (gambar 4.29). Hal ini disebabkan karena frekuensi yang dipakai masih terlalu rendah, sehingga kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) yang terjadi di target area juga masih rendah, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan yang selaras. Semakin rendah frekuensi maka resolusi yang dicapai juga semakin rendah, begitu juga sebaliknya, semakin tinggi frekuensi, maka resolusi yang dicapai juga semakin tinggi.



Gambar 4.29. Data real 2D dengan wavelet Coiflet-3 dan frekuensi 20 Hz

Pada data real 2D seismik line A, setelah dilakukan *well to tie seismic* dan setelah mendapatkan area target, yaitu pada kedalaman 1110 – 1122ms, lalu dilakukanlah proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dengan menggunakan wavelet Coiflet-3 pada frekuensi 40 Hz. Hasil aplikasi CWT di area

yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms sudah mulai nampak terpisah antara horizon atas dengan horizon bawah, namun belum terlihat jelas (gambar 4.30).

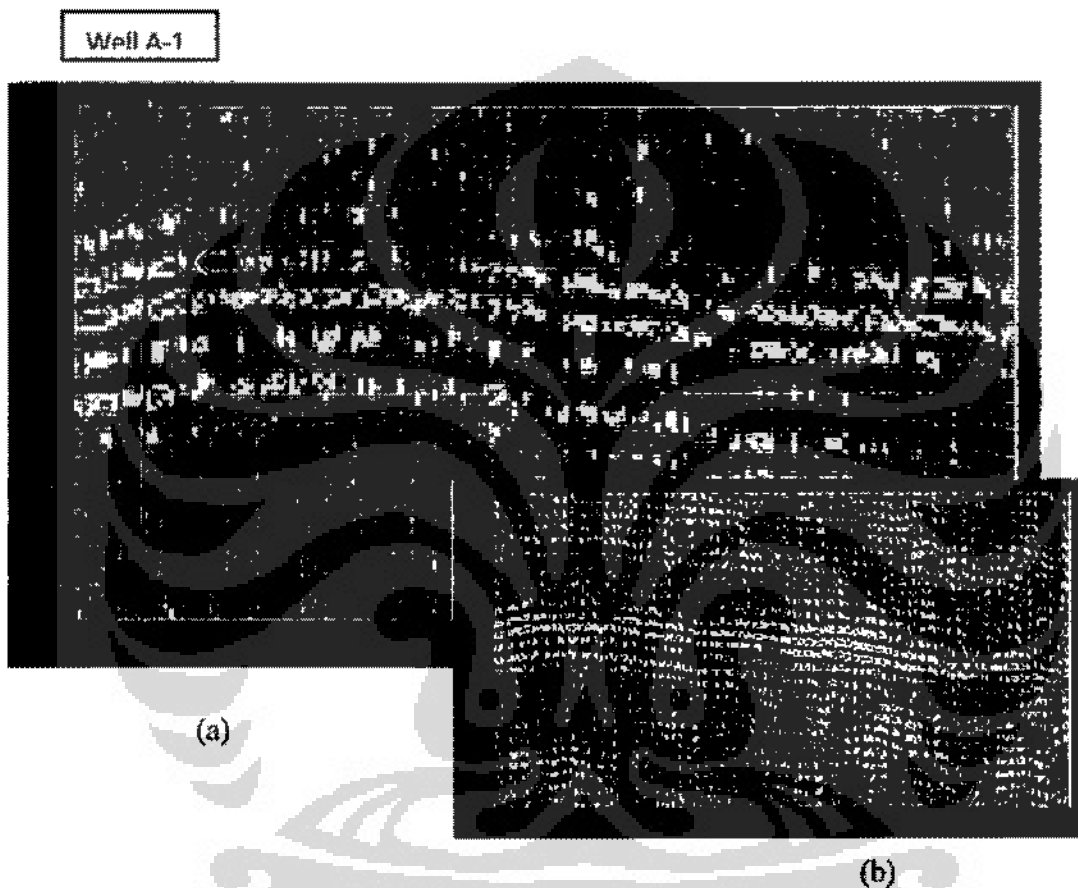


Gambar 4.30. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Coiflet-3 dan frekuensi 40 Hz

Pada data real 2D seismik line A, lalu dilakukan aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Coiflet-3 pada frekuensi 60 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak sudah terlihat adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya, namun pemisahan tersebut masih belum begitu kontras (gambar 4.31).

akan tetapi kemampuan untuk dapat melakukan resolusi dengan menggunakan frekuensi 60 Hz, sudah dapat dikatakan lebih tinggi (lebih bagus) dibandingkan dengan kemampuan resolusi pada data real 2D dengan frekuensi 40 Hz.

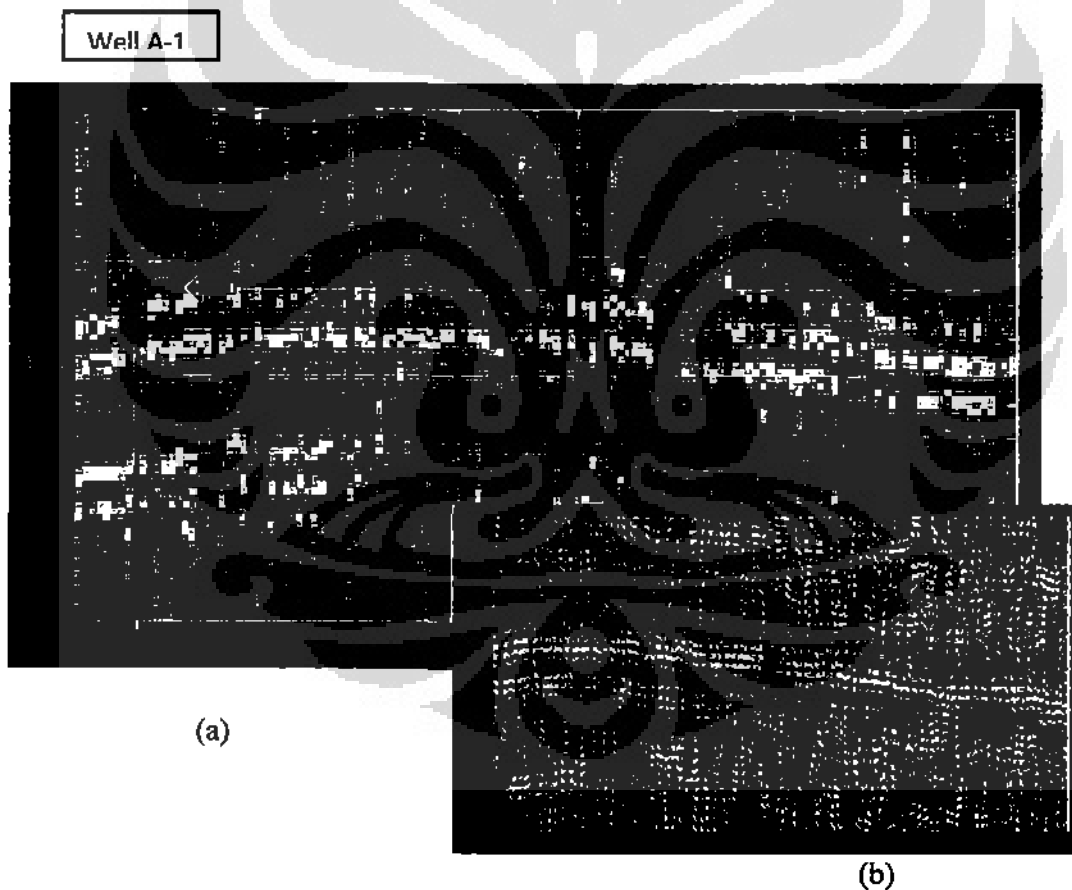


Gambar 4.31. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Coiflet-3 dan frekuensi 60 Hz

Pada data real 2D seismik line A, kemudian dilakukan aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Coiflet-3 pada frekuensi 80 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak sudah terlihat jelas

adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya (gambar 4.32). Horizon yang terlihat mempunyai gambaran amplitudo yang kuat di bagian atas diasumsikan sebagai horizon batubara bagian atas target area dan horizon yang terlihat mempunyai gambaran amplitudo yang kuat di bagian bawah diasumsikan sebagai horizon batubara bagian bawah target area. Pemisahan yang sudah nampak terlihat jelas, disebabkan karena frekuensi yang dipakai sudah semakin tinggi, sehingga resolusi yang terjadi di target area juga semakin tinggi, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan terbalik. Semakin rendah frekuensi maka kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) resolusi yang dicapai juga semakin tinggi.

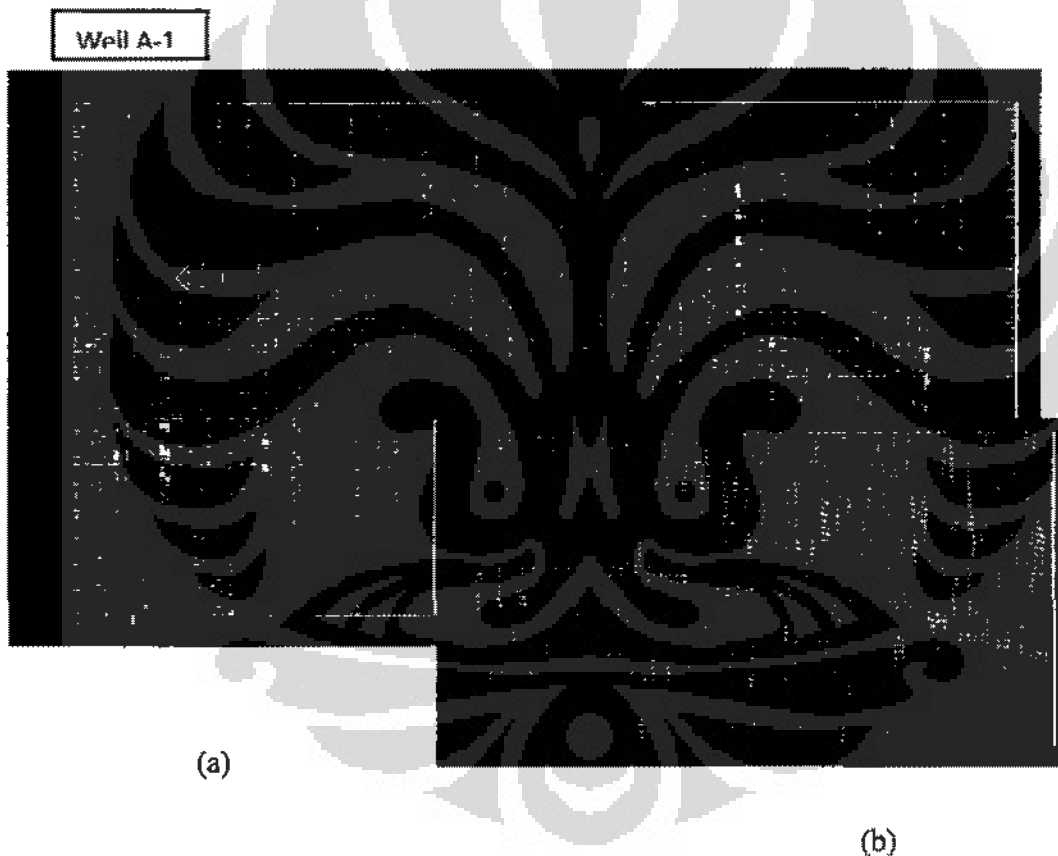


Gambar 4.32. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Coiflet-3 dan frekuensi 80 Hz

IV.2.5. Variasi Frekuensi Data Real 2D Seismik Terhadap Wavelet Coiflet-4

Pada data real 2D seismik line A, setelah dilakukan *well to tie seismic* dan setelah mendapatkan area target, yaitu pada kedalaman 1110 – 1122ms, lalu dilakukanlah proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Coiflet-4 pada frekuensi 40 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms sudah mulai nampak terpisah antara horizon atas dengan horizon bawah, namun belum terlihat jelas (gambar 4.33).

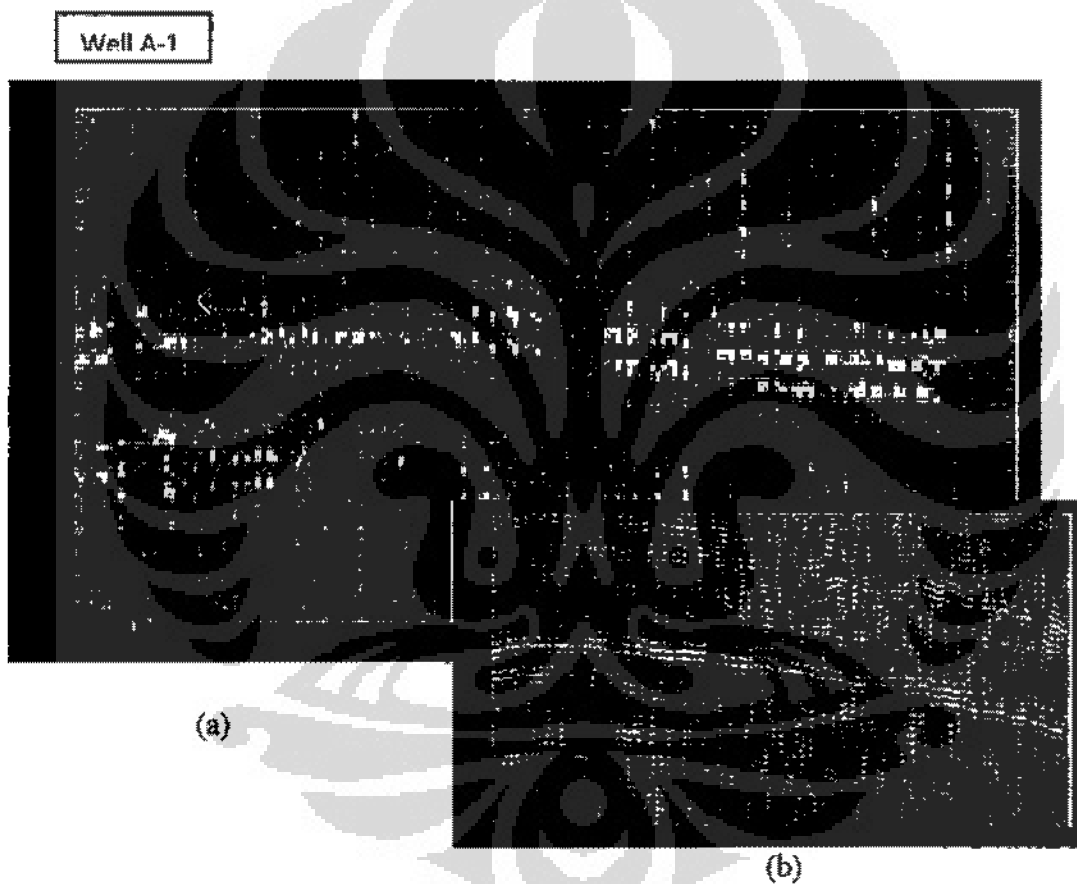


Gambar 4.33. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Coiflet-4 dan frekuensi 40 Hz

Pada data real 2D seismik line A, lalu dilakukan aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Coiflet-4 pada frekuensi 60 Hz.

Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak sudah terlihat adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya, namun pemisahan tersebut masih belum begitu kontras (gambar 4.33). akan tetapi kemampuan untuk dapat melakukan resolusi dengan menggunakan frekuensi 60 Hz, sudah dapat dikatakan lebih tinggi (lebih bagus) dibandingkan dengan kemampuan resolusi pada data real 2D dengan frekuensi 40 Hz.

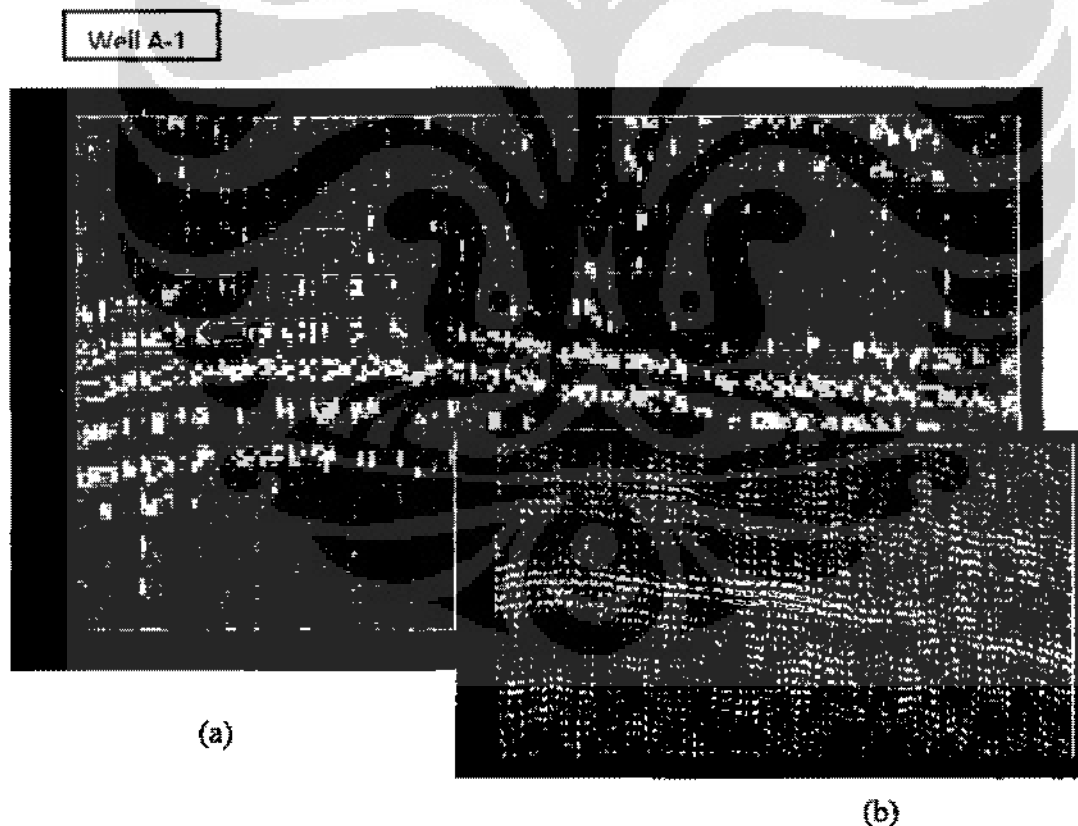


Gambar 4.34. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Coiflet-4 dan frekuensi 60 Hz

Pada data real 2D seismik line A, kemudian dilakukan aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Coiflet-4 pada frekuensi 80

Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak sudah terlihat jelas adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya (gambar 4.35). Horizon yang terlihat mempunyai gambaran amplitudo yang kuat di bagian atas diasumsikan sebagai horizon batubara bagian atas target area dan horizon yang terlihat mempunyai gambaran amplitudo yang kuat di bagian bawah diasumsikan sebagai horizon batubara bagian bawah target area. Pemisahan yang sudah nampak terlihat jelas, disebabkan karena frekuensi yang dipakai sudah semakin tinggi, sehingga resolusi yang terjadi di target area juga semakin tinggi, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan terbalik. Semakin rendah frekuensi maka kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) resolusi yang dicapai juga semakin tinggi.

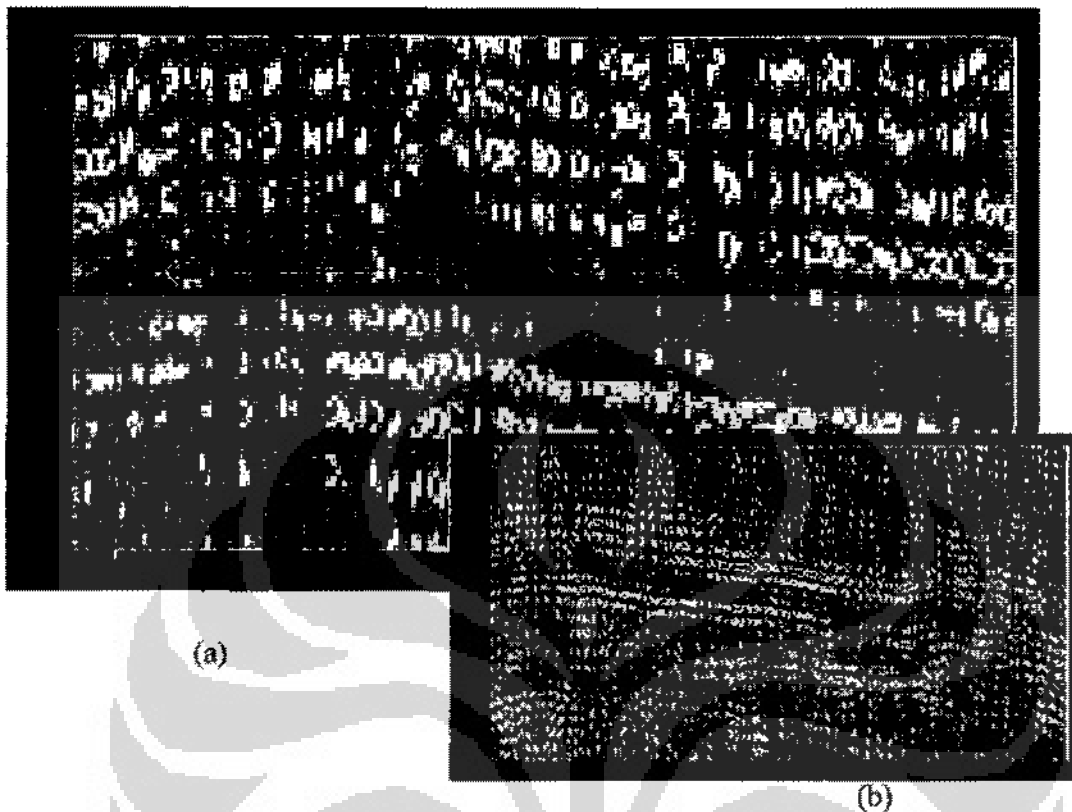


Gambar 4.35. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Coiflet-4 dan frekuensi 80 Hz

IV.2.6. Variasi Frekuensi Data Real 2D Seismik Terhadap Wavelet Symlet-2

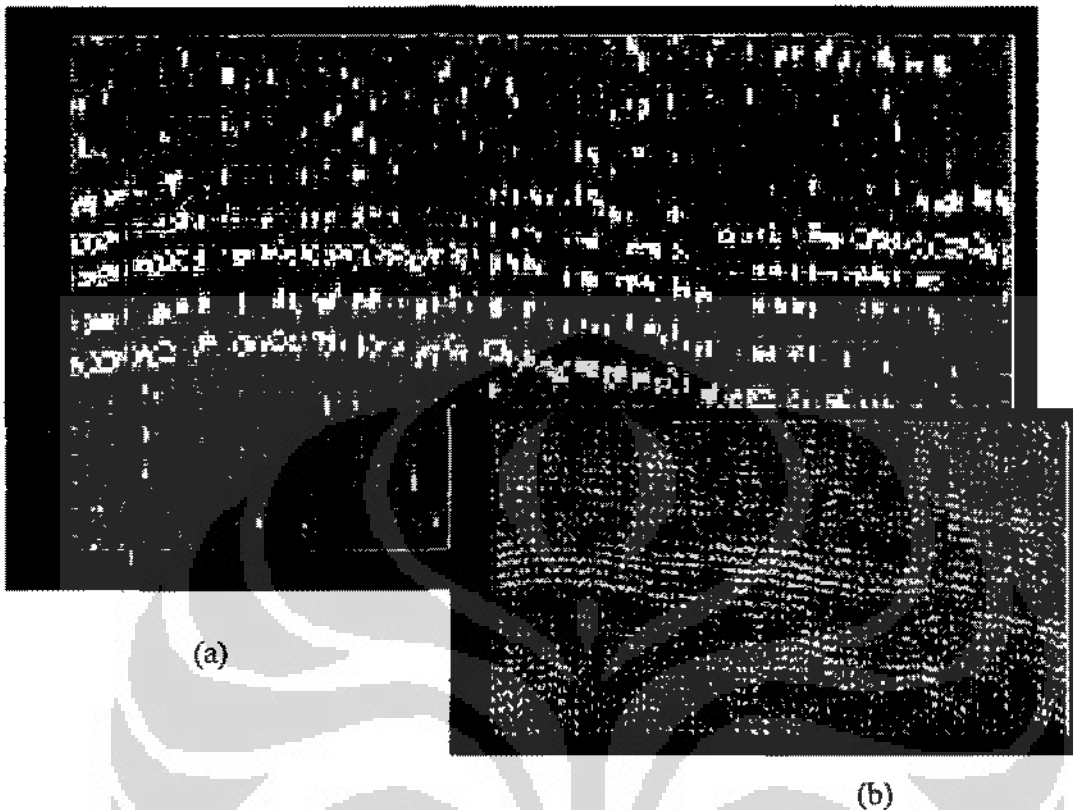
Pada data real 2D seismik line A, setelah dilakukan *well to tie seismic* dan setelah mendapatkan area target, yaitu pada kedalaman 1110 – 1122ms, lalu dilakukanlah proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Symlet-2 pada frekuensi 20 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak belum terlihat adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya (gambar 4.36). Hal ini disebabkan karena frekuensi yang dipakai masih terlalu rendah, sehingga kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) yang terjadi di target area juga masih rendah, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan yang selaras. Semakin rendah frekuensi maka resolusi yang dicapai juga semakin rendah, begitu juga sebaliknya, semakin tinggi frekuensi, maka resolusi yang dicapai juga semakin tinggi.



Gambar 4.36. (a) Perbesar dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Symlet-2 dan frekuensi 20 Hz

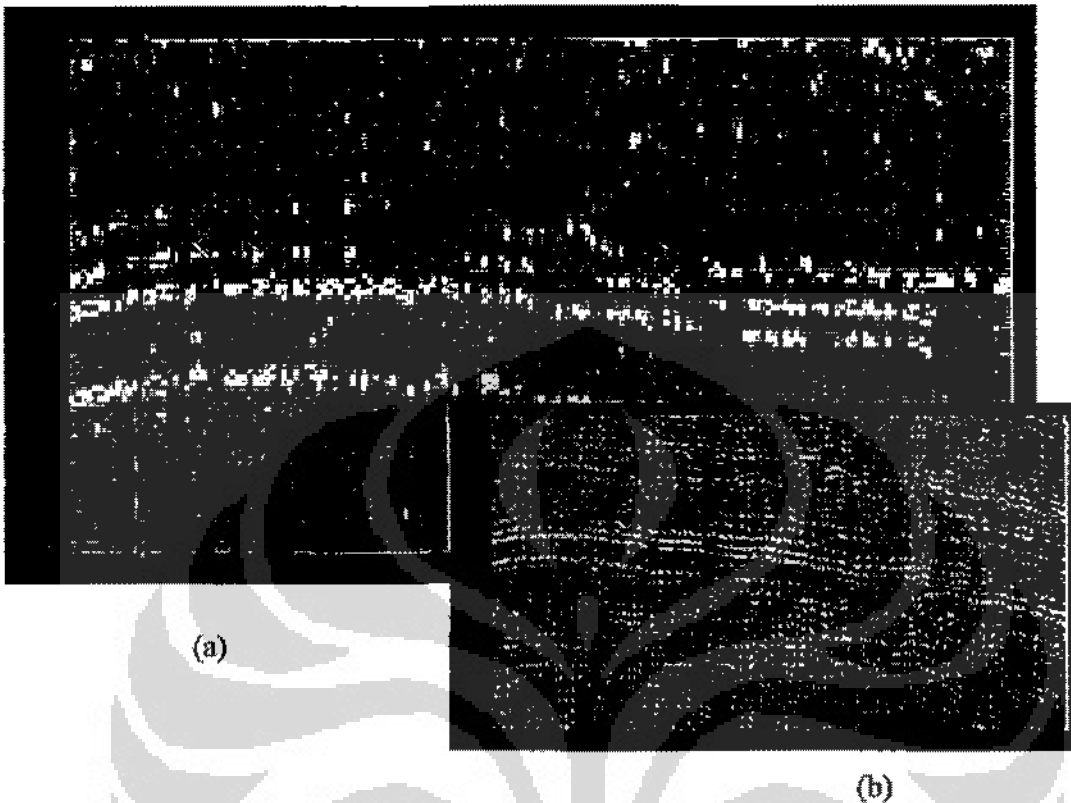
Pada data real 2D seismik line A, setelah dilakukan *well to tie seismic* dan setelah mendapatkan area target, yaitu pada kedalaman 1110 – 1122ms, lalu dilakukanlah proses aplikasi *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dengan menggunakan wavelet Symlet-2 pada frekuensi 40 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms sudah mulai nampak terpisah antara horizon atas dengan horizon bawah, namun belum terlihat jelas (gambar 4.37).



Gambar 4.37. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Symlet-2 dan frekuensi 40 Hz

Pada data real 2D seismik line A, lalu dilakukan aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Symlet-2 pada frekuensi 60 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak sudah terlihat adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya, namun pemisahan tersebut masih belum begitu kontras (gambar 4.38). akan tetapi kemampuan untuk dapat melakukan resolusi dengan menggunakan frekuensi 60 Hz, sudah dapat dikatakan lebih tinggi (lebih bagus) dibandingkan dengan kemampuan resolusi pada data real 2D dengan frekuensi 40 Hz.

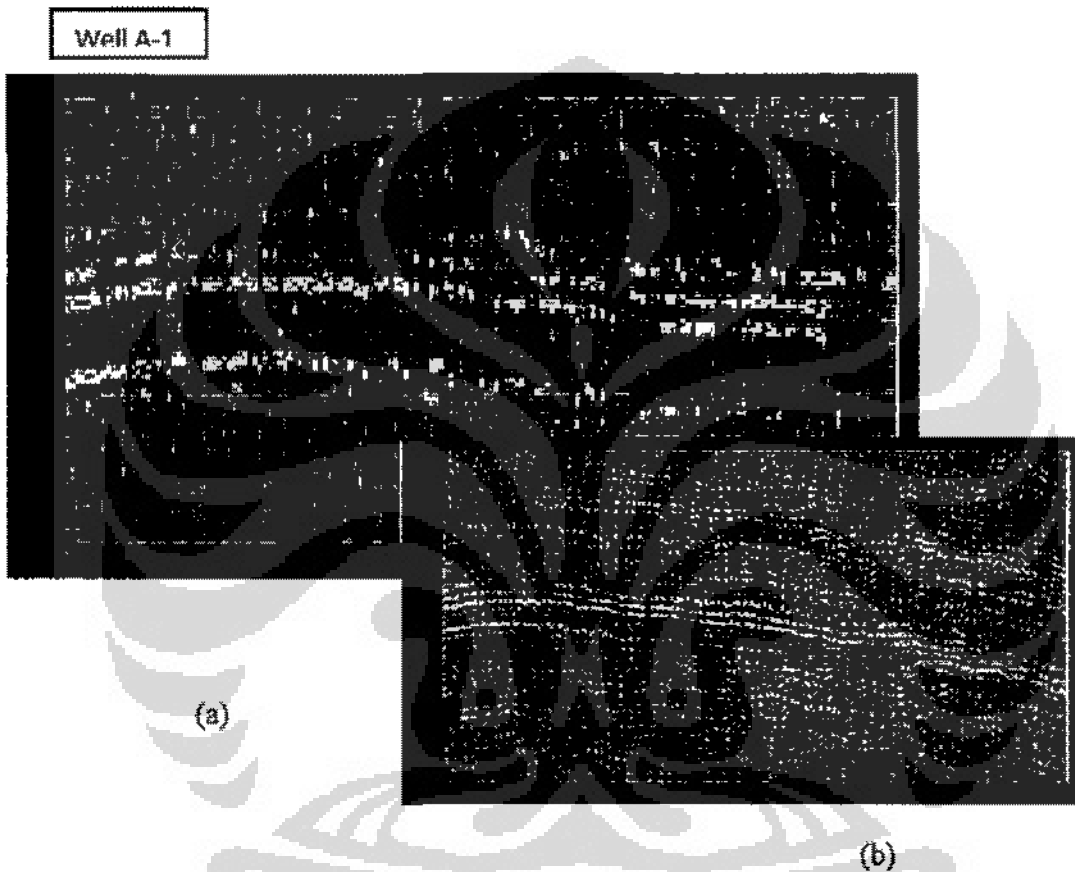


Gambar 4.38. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Symlet-2 dan frekuensi 60 Hz

Pada data real 2D seismik line A, kemudian dilakukan aplikasi *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan wavelet Symlet-2 pada frekuensi 80 Hz. Hasil aplikasi CWT di area yang dilewati oleh well A-1, memperlihatkan bahwa horizon yang terdapat pada kedalaman 1110-1122 ms nampak sudah terlihat jelas adanya pemisahan antara horizon yang berada diatas dengan horizon yang berada dibawahnya (gambar 4.39). Horizon yang terlihat mempunyai gambaran amplitudo yang kuat di bagian atas diasumsikan sebagai horizon batubara bagian atas target area dan horizon yang terlihat mempunyai gambaran amplitudo yang kuat di bagian bawah diasumsikan sebagai horizon batubara bagian bawah target area. Pemisahan yang sudah nampak terlihat jelas, disebabkan karena frekuensi yang dipakai sudah semakin tinggi, sehingga resolusi yang terjadi di target area juga

semakin tinggi, sebagaimana diketahui bahwa hubungan antara frekuensi dan resolusi seismik mempunyai hubungan terbalik. Semakin rendah frekuensi maka kemampuan untuk dapat memisahkan lapisan tipis (resolusi) resolusi yang dicapai juga semakin tinggi.



Gambar 4.39. (a) Perbesaran dari gambar (b)

(b) Data real 2D dengan wavelet Symlet-2 dan frekuensi 80 Hz

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

1. Continues Wavelet Transform adalah salah satu metode Dekomposisi Spektral yang menggunakan wavelet sebagai *window* dalam skala waktu. Korelasi antara wavelet pada CWT dengan data real seismik dinyatakan dalam *cross correlation* yang besar.
2. Dari hasil aplikasi CWT baik pada data sintetik maupun data real 2D seismik didapatkan bahwa :
 - Pada wavelet Symlet-2, resolusi yang dihasilkan adalah sangat jelek
 - Pada wavelet Complex Gaussian-4, Daubechies-5 dan Coiflet-3, resolusi yang dihasilkan adalah lebih baik dibandingkan dengan wavelet Symlet-2
 - Sedangkan pada wavelet Morlet, resolusi yang dihasilkan adalah paling baik dibandingkan wavelet Symlet-2, Complex Gaussian-4, Daubechies-5 dan Coiflet-3, hal ini disebabkan karena wavelet Morlet mempunyai lebar pita yang paling besar. Lebar pita berhubungan langsung dengan resolusi, semakin tinggi lebar pita semakin besar pula resolusinya.
3. Pada tiap penggunaan wavelet Symlet-2, Complex Gaussian-4, Daubechies-5 dan Coiflet-3, frekuensi yang paling baik adalah dengan menggunakan frekuensi yang tinggi, hal ini disebabkan karena frekuensi dan resolusi mempunyai hubungan yang selaras sehingga semakin tinggi frekuensi yang digunakan maka semakin tinggi pula resolusi yang dihasilkan.

DAFTAR ACUAN

Castagna, J.P. and S. Sun,. *Comparison of Spectral Decomposition Methods*. EAGE, 24, 2006. 75-79.

Castagna, J.P., Sun, S., and Siegfried, R.W. *Instantaneous Spectral Analysis: Detection of Low-Frequency Shadows Associated With Hydrocarbons*. The Leading Edge, 22, 2003. 129-137.

De Voog, N. and den Rooijen H, 1983, *Thin Layer response and spectral bandwidth: Geophysics* Vol. 48, p 12 – 18

Hall, M., Trouillot, E. 2004. *Predicting Stratigraphy With Spectral Decomposition*. Landmark Graphics.

Kishore, Mahendra, et.al, 2006, *An Approach to Net Thickness Estimation Using Spectral Decomposition*, Geohorizon, p 58 – 61.

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.

Mallat, S., and Zhang, Z. 1993. *Matching Pursuit With Time-Frequency Dictionaries*. IEEE Transactions on Signal Processing, 41, 2297-3415.

Marfurt, K.J., and Kirlin, R.L. 2001. *Narrow-Band Spectral Analysis and Thin-Bed Tuning*. Geophysics, 66, 1274-1283.

Munadi, Suprajitno, 2000, *Apek Fisis Seismologi Eksplorasi*, Buku Ajar, FMIPA-UI.

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

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

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

Sinha, S., Routh, P.S., Anno, P.D., and Castagna, J.P. *Spectral Decomposition of Seismic Data with Continuous-Wavelet Transforms*. Geophysics, 70, 2005. 19-25.

