



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KOMPARASI KOHERENSI MODEL DATA SEISMIK 3D  
MENGUNAKAN METODE *SEMBLANCE* DAN STRUKTUR-  
*EIGEN* UNTUK MENDETEKSI SESAR**

**SKRIPSI**

**IMAM SADZALI**

**0706262432**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**DEPOK**

**DESEMBER 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KOMPARASI KOHERENSI MODEL DATA SEISMIK 3D  
MENGUNAKAN METODE *SEMBLANCE* DAN STRUKTUR-  
*EIGEN* UNTUK MENDETEKSI SESAR**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains**

**IMAM SADZALI**

**0706262432**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**DEPOK**

**DESEMBER 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Imam Sadzali**

**NPM : 0706262432**

**Tanda tangan :**



**Tanggal : 12 Desember 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Imam Sadzali  
NPM : 0706262432  
Program Studi : Fisika S-1 Reguler  
Judul Skripsi : Komparasi Koherensi Model Data Seismik  
3D Menggunakan Metode *Semblance* dan  
Struktur-*Eigen* untuk Mendeteksi Sesar

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr.rer.nat. Abd. Haris (.....)

Penguji I : Dr. Eng. Supriyanto (.....)

Penguji II : Ir. Anggoro M.T (.....)

Ditetapkan di : Universitas Indonesia, Depok

Tanggal : 12 Desember 2011

## KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT atas limpahan hidayah, taufik, dan keberkahan ilmu kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul: **“Komparasi Koherensi Model Data Seismik 3D Menggunakan Metode *Semblance* dan Struktur-*Eigen* Untuk Mendeteksi Sesar”** dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa terlimpah kepada Baginda Muhammad SAW, beserta segenap keluarga, sahabat dan pengikut setia beliau hingga hari kemudian.

Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar kesarjanaan di Departemen Fisika, Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sulitlah kiranya bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. rer. nat. Abdul Haris selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Supriyanto M.Si selaku Penguji I yang telah memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Anggoro Dradjat M.T selaku Penguji II yang telah berkenan menyediakan waktu dan kesempatan untuk berdiskusi dengan penulis terkait penulisan skripsi ini.
4. Orang tua, adik dan saudara-saudara ku atas doa dan dukungannya selama penulis mengerjakan Tugas Akhir ini.
5. Pejuang-pejuang Puri M17 (Aldi, Angga, JB, Deni, Afar, AI dan Meli, Aliyyus, Gigis, Gemmy) serta penghuni Puri M17 (Erlangga, Bei, Aryo dan Amar) atas informasi dan diskusi yang berharga kepada penulis.
6. Sahabat-sahabat dekat penulis (Syahril, Oji, Saipudin Mamen, Rian dan Ferdi) serta teman-teman S1 reguler 2007 yang selalu memberikan dukungan moril dan spiritual.

7. Kawan-kawan Workshop (WS) yang telah menjadikan workshop sebagai basis perjuangan dalam menyelesaikan skripsi di kampus.
8. Jajaran karyawan Departemen Fisika UI (Mba Ratna, Pak Mardi, Pak Dwi, Mas Heri dan Teja), atas bantuan teknis yang penulis peroleh selama menjadi mahasiswa Fisika UI.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih banyak atas dukungannya.

Semoga Allah membalas jasa semua pihak tersebut diatas dengan sebaik-baiknya balasan. Penulis juga menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu perlulah kiranya saran dan kritik yang membangun demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Depok, Desember 2011

Penulis

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

---

Sebagai civitas akademik universitas indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Imam Sadzali  
NPM : 0706262432  
Program Studi : S1 Fisika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis Karya : Skripsi

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 :

### **KOMPARASI KOHERENSI MODEL DATA SEISMIK 3D MENGUNAKAN METODE *SEMBLANCE* DAN STRUKTUR-*EIGEN* UNTUK MENDETEKSI SESAR**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Bulan : Desember 2011

Yang menyatakan



( Imam Sadzali )

## ABSTRAK

Nama : Imam Sadzali  
Program Studi : S1 Fisika  
Judul Skripsi : Komparasi Koherensi Model Data Seismik 3D Menggunakan Metode *Semblance* Dan Struktur-*Eigen* untuk Mendeteksi Sesar

Dalam seismik interpretasi, penentuan sesar merupakan proses yang penting. Sesar bisa menjadi *trap* dalam *petroleum system* dan menjadi jalur migrasi hidrokarbon. Penentuan sesar dengan metode konvensional sarat dengan bias interpretasi sehingga sulit menentukan posisi dan kemenerusan sesar secara lebih tepat. Oleh karena itu perlu suatu metode yang bisa mengidentifikasi adanya sesar pada data seismik dengan memanfaatkan informasi yang terkandung dalam data tersebut. Salah satu cara yang bisa dilakukan adalah dengan menggunakan attribute koherensi. Dalam studi ini metode yang digunakan untuk melakukan koherensi adalah metode *semblance* dan struktur-*eigen*. Kedua metode ini mengekstrak informasi dari amplitudo data seismik dengan membandingkan besar amplitudo suatu tras dengan tras tetangganya. Dengan melakukan perhitungan untuk semua tras maka akan didapatkan jendela koherensi dari data yang dimasukkan. Untuk mendapatkan jendela koherensi yang mudah untuk diinterpretasi maka ditentukan parameter waktu dan tras yang terlibat dalam satu kali perhitungan. Dari penelitian ini didapatkan bahwa metode *semblance* dan struktur-*eigen* berhasil memetakan struktur bawah permukaan bumi dan menghindari bias interpretasi pada data seismik 3D. Dari hasil perbandingan diketahui bahwa metode struktur-*eigen* mampu memberikan hasil yang lebih baik. Dari hasil identifikasi sesar diketahui bahwa ada tiga sesar utama pada daerah penelitian dengan besar strike dan dip diperkirakan sebesar  $N30^{\circ}E/70^{\circ}$ ,  $N80^{\circ}E/65^{\circ}$  dan  $N210^{\circ}E/70^{\circ}$ .

Kata kunci : aperture spasial, aperture temporal, seismik 3D , sesar, struktur-*eigen*, *semblance*

xiii+67 halaman : 44 gambar

Daftar Pustaka : 16 (1971-2008)

## ABSTRACT

Name : Imam Sadzali  
Program Study : Bachelor Degree of Physics  
Title : Comparison of Coherence Model 3D Seismic Data  
Using Semblance and Eigenstructure Methode for the  
Fault Detection

In seismic interpretation, fault identification is an important process. Fault could be a trap in the petroleum system and hydrocarbon migration pathways. The fault identification by the conventional method is overload with biased interpretation that it is difficult to determine the position and fault continuity more precisely. Therefore it's needed a method that can identify the presence of faults in seismic data by utilizing the information contained in the data. One way to do this is by using the attribute of coherence. In this study, the methods used to perform coherence are semblance and eigenstructure method. Both of these methods is used to extract information from seismic data by comparing the amplitude of the trace by the trace neighbors amplitude. By doing the calculations for all the trace it will get a window coherence of the data entered. For windows were assigned the coherence that is easy for the interpretation of the parameters specified time and trace are involved in a single calculation. From this study, we found that the method of eigenstructure and semblance successfully mapped the subsurface structure and to avoid bias in the interpretation of 3D seismic data. From the results of the comparison note that the method of eigen-structure capable of delivering better results. From the results of fault identification is known that there are three major faults in the area of research with a strike and dip of  $N30^{\circ}E/70^{\circ}$ ,  $N80^{\circ}E/65^{\circ}$  and  $N210^{\circ}E/70^{\circ}$ .

Keywords : fault, temporal aperture, spasioal aperture, eigenstructure, semblance, seismic 3D

xiii+67 pages : 44 pictures  
Bibliography : 16 (1971-2008)

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Metodologi Penelitian.....	3
1.5. Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB 2 TEORI DASAR</b> .....	6
2.1. Seismik Refleksi.....	6
2.2. Trace Seismik.....	8
2.3. Resolusi Seismik .....	9
2.3.1. Resolusi Seismik Vertikal .....	9
2.3.2. Resolusi Seismik Horizontal .....	12
2.4. Interpretasi Seimik 3D .....	12
2.5. Polaritas.....	14
2.6. Wavelet .....	14
2.7. Atribut Seismik.....	15
2.8. Kovarian, <i>Semblance</i> dan Koherensi.....	17
2.9. <i>Spectral Decomposition</i> .....	19
2.10. Algoritma Struktur- <i>Eigen</i> dan <i>Semblance</i> .....	20
2.10.1. Algoritma Koherensi Struktur <i>Eigen</i> .....	20

2.10.2. Hubungan antara <i>Semblance</i> dan Koherensi Struktur <i>Eigen</i> .....	24
2.11. Sesar (Fault) .....	30
2.12. Aperture Seismik .....	31
2.12.1. Aperture Temporal.....	31
2.12.2. Aperture Spasial.....	32
<b>BAB 3 PENGOLAHAN DATA .....</b>	<b>33</b>
3.1. Pengolahan Data Sintetik.....	33
3.1.1. Perhitungan Struktur- <i>Eigen</i> .....	34
3.1.2. Perhitungan <i>Semblance</i> .....	34
3.2. Pengolahan Data Real .....	36
3.2.1. Perhitungan Struktur- <i>Eigen</i> .....	39
3.2.2. Perhitungan <i>Semblance</i> .....	39
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>43</b>
4.1. Hasil dan Pembahasan Pengolahan Data Sintetik .....	43
4.1.1. Metode Koherensi <i>Semblance</i> .....	44
4.1.2. Metode Struktur- <i>Eigen</i> .....	46
4.2. Hasil dan Pembahasan Pengolahan Data Seismik Real 3D .....	47
4.2.1. Perbandingan Parameter <i>Cube</i> -Koherensi.....	49
4.2.2. Perbandingan Koherensi Metode <i>Semblance</i> dan Struktur- <i>Eigen</i> .....	58
4.2.3. Identifikasi Sesar.....	61
<b>BAB 5 KESIMPULAN dan SARAN.....</b>	<b>65</b>
5.1. Kesimpulan .....	65
5.2. Saran .....	65
<b>DAFTAR ACUAN .....</b>	<b>66</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Diagram Alir Penelitian .....	4
Gambar 2.1.	Proses Seismik Refleksi .....	7
Gambar 2.2.	Pemantulan dan pembiasan pada bidang batas dua medium..	7
Gambar 2.3.	Efek interferensi yang berhubungan dengan lapisan tipis .....	10
Gambar 2.4.	Respon seismik dari lapisan dengan ketebalan berbeda .....	11
Gambar 2.5.	Zona Fresnel .....	12
Gambar 2.6.	Tiga set slice orthogonal dari sebuah data volume yang merupakan Sasar utama untuk interpretasi seismik 3D .....	13
Gambar 2.7.	Jenis-jenis wavelet (a) Zero Phase Wavelet; (b) Maximum Phase Wavelet; (c) Minimum Phase Wavelet; (d) Mixed Phase Wavelet .....	15
Gambar 2.8.	Klasifikasi atribut seismik.....	16
Gambar 2.9.	Perbandingan kohrensi. a) Sesar kurang terlihat pada peta amplitude, b) peta koherensi mempertajam sesar, (c) overlay.....	18
Gambar 2.10.	Metode perhitungan atribut semblance .....	19
Gambar 2.11.	Tatanan struktur sesar .....	30
Gambar 2.12.	Aperture seismik, X merupakan pemilihan aperture spasial (lateral) dan Y merupakan pemilihan aperture temporal (vertikal) .....	32
Gambar 3.1.	Seismogram Sintetik pada Model Sesar Inline 70.....	35
Gambar 3.2.	Seismogram Sintetik Model 3 Dimensi .....	36
Gambar 3.3.	Data seismik keseluruhan pada inline1680, daerah pada kotak biru merupakan daerah yang diteliti.....	37
Gambar 3.4.	Data slice seismik real pada inline 68 crossline 85 dan time 2600.....	38
Gambar 3.5.	Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	40
Gambar 3.6.	Algoritma program koherensi Struktur- <i>eigen</i> .....	41
Gambar 3.7.	Algoritma program koherensi <i>Semblance</i> .....	42

Gambar 4.1.	Seismogram Sintetik pada Model Patahan Inline 70.....	43
Gambar 4.2.	Seismogram sintetik dengan menggunakan imagesc pada inline 70.....	44
Gambar 4.3.	Hasil Koherensi Metode <i>Semblance</i> .....	45
Gambar 4.4.	Hasil Koherensi Metode Struktur- <i>Eigen</i> .....	46
Gambar 4.5.	Data real <i>interest zone</i> dengan menggunakan software Petrel.	48
Gambar 4.6.	Data real <i>interest zone</i> dengan menggunakan software MATLAB.....	48
Gambar 4.7.	Data real <i>interest zone</i> dengan menggunakan software MATLAB tampilan plotseis.....	49
Gambar 4.8.	Koherensi <i>Cube Semblance</i> pada inline 1698 dengan aperture spasial =1 dan a) <i>Aperture</i> temporal =1, b) <i>Aperture</i> temporal =3, c) <i>Aperture</i> temporal =5 dan d) <i>Aperture</i> temporal =9.....	50
Gambar 4.9.	Koherensi <i>Cube Struktur-Eigen</i> pada inline 1698 dengan aperture spasial =1 dan a) <i>Aperture</i> temporal =1, b) <i>Aperture</i> temporal =3, c) <i>Aperture</i> temporal =5 dan d) <i>Aperture</i> temporal =9.....	51
Gambar 4.10.	Koherensi <i>Cube Struktur-Eigen</i> pada inline 1698 dengan aperture spasial =3 dan a) <i>Aperture</i> temporal =3, b) <i>Aperture</i> temporal =5, c) <i>Aperture</i> temporal =9 dan d) <i>Aperture</i> temporal =11.....	52
Gambar 4.11.	Koherensi <i>Cube Struktur-Eigen</i> pada inline 1698 dengan aperture spasial =5 dan a) <i>Aperture</i> temporal =3, b) <i>Aperture</i> temporal =5, c) <i>Aperture</i> temporal =9 dan d) <i>Aperture</i> temporal =11.....	53
Gambar 4.12.	Koherensi <i>Cube Struktur-Eigen</i> pada inline 1698 dengan aperture temporal =15 dan a) <i>Aperture</i> spasial =3, b) <i>Aperture</i> spasial =5, c) <i>Aperture</i> spasial =7 dan d) <i>Aperture</i> spasial =9.....	54

Gambar 4.13.	Koherensi <i>Cube Semblance</i> pada inline 1698 dengan aperture spasial =3 dan a) <i>Aperture</i> temporal =3, b) <i>Aperture</i> temporal =5, c) <i>Aperture</i> temporal =9 dan d) <i>Aperture</i> temporal =11.....	55
Gambar 4.14.	Koherensi <i>Cube Semblance</i> pada inline 1698 dengan aperture spasial =5 dan a) <i>Aperture</i> temporal =3, b) <i>Aperture</i> temporal =5, c) <i>Aperture</i> temporal =9 dan d) <i>Aperture</i> temporal =11.....	56
Gambar 4.15.	Koherensi <i>Cube Semblance</i> pada inline 1698 dengan aperture temporal =15 dan a) <i>Aperture</i> spasial =3, b) <i>Aperture</i> spasial =5, c) <i>Aperture</i> spasial =7 dan d) <i>Aperture</i> spasial =9.....	57
Gambar 4.16.	Seismik 3D metode <i>Semblance</i> slice pada <i>inline</i> 1698, <i>crossline</i> 474 dan <i>time</i> 200.....	58
Gambar 4.17.	Seismik 3D metode Struktur- <i>Eigen</i> slice pada <i>inline</i> 1698, <i>crossline</i> 474 dan <i>time</i> 200 .....	58
Gambar 4.18.	Tampilan koherensi pada <i>inline</i> 1698 pada a) Metode <i>Semblance</i> b) Metode Struktur- <i>Eigen</i> .....	59
Gambar 4.19.	Tampilan koherensi pada <i>inline</i> 1668 pada a) Metode <i>Semblance</i> b) Metode Struktur- <i>Eigen</i> .....	59
Gambar 4.20.	Tampilan koherensi pada <i>inline</i> 1618 pada a) Metode <i>Semblance</i> b) Metode Struktur- <i>Eigen</i> .....	60
Gambar 4.21.	Tampilan koherensi pada <i>time</i> 210 pada a) Metode <i>Semblance</i> b) Metode Struktur- <i>Eigen</i> .....	60
Gambar 4.22.	Tampilan koherensi pada <i>crossline</i> 210 pada a) Metode <i>Semblance</i> b) Metode Struktur- <i>Eigen</i> .....	61
Gambar 4.23.	Sesar pada <i>Inline</i> 1698 .....	62
Gambar 4.24.	Time slice metode struktur- <i>eigen</i> dengan interval 20ms .....	63
Gambar 4.25.	Sesar pada <i>Inline</i> 1668 .....	64
Gambar 4.26.	Sesar pada <i>Inline</i> a) 1638 b) 1618 .....	64
Gambar 4.27.	Slice amplitude pada <i>Inline</i> 1668 .....	64

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kehidupan manusia di atas permukaan bumi tidak lepas dari kebutuhan energi. Sumber energi yang paling mudah untuk digunakan salah satunya adalah hidrokarbon. Sumber energi ini melimpah di bawah permukaan bumi, namun perlu usaha yang ekstra keras untuk mengambil sumber energi ini karena keberadaannya yang semakin dalam dari permukaan bumi. Usaha manusia dalam mengeksplorasi dan memanfaatkan sumber daya alam tersebut melahirkan disiplin ilmu geofisika dan metode seismik yang umum dilakukan untuk eksplorasi hidrokarbon.

Hal yang cukup besar menjadi perhatian dalam dunia eksplorasi hidrokarbon adalah menentukan posisi reservoir hidrokarbon tersebut di bawah lapisan bumi. Hidrokarbon yang telah terbentuk di dalam batuan induk (*source rock*) akan bermigrasi ke lapisan batuan penyimpan (*reservoir*) yang terbentuk dari adanya jebakan (*trap*), yaitu suatu geometri lapisan bumi yang mampu menahan migrasi hidrokarbon sehingga dapat terkumpul. Terdapat beberapa jenis jebakan (*traps*), dan salah satu yang terpenting adalah jebakan struktural yang disebabkan oleh patahan (*fault*) pada lapisan batuan.

Penentuan sesar dari data seismik biasa dilakukan dengan menarik interpretasi langsung pada data tersebut, karena sesar-sesar mayor biasanya sudah langsung dapat terlihat pada *cross section* vertikal. Namun penentuan sesar dengan metode ini pada umumnya tidak terlepas dari bias dan kurang dapat mengevaluasi sesar secara lebih detail. Sehingga diperlukan metode seismik yang dapat mendeteksi adanya lapisan dan struktru dengan lebih akurat (Bahoric dan Farmer, 1995).

Penggunaan sejumlah atribut seismik untuk memprediksi karakter reservoir diperkenalkan pertama kali oleh Schultz, Ronen, Hattori dan Corbett pada artikel

berseri yang diterbitkan di majalah *The Leading Edge* pada bulan Mei, Juni, dan Juli 1994 (Hampson, Schuelke dan Quirein, 2001).

Salah satu metode seismik yang telah lama berkembang adalah atribut seismik domain waktu (Sukmono, 2001). Koherensi merupakan metode dari attribute *time post stack* (Brown, 1999) yang digunakan untuk mendeteksi sesar dari ketidak kontinuan data seismik karena pada umumnya penentuan sesar dengan metode konvensional sering bias dan kurang dapat mengevaluasi keberadaan sesar secara lebih detail (Chopra, Picford dan Alberta, 2001)

Untuk mendeteksi sesar dari ketidak kontinyuannya pada data seismik tersebut digunakan metode koherensi struktur-*eigen* dan *semblance*. Kedua metode ini melakukan perhitungan dari matriks amplitudo data seismik. Dalam satu kali perhitungan, ditentukan skala, yaitu berapa *time* dan *trace* yang dilibatkan. Selanjutnya perhitungan tersebut digilir hingga meliputi keseluruhan data seismik. Karena hasilnya dapat memberikan tampilan profil ketidak kontinyuan data seismic langsung dari perhitungan data itu sendiri, maka hasil tersebut dapat terhindar dari bias interpretative. Sesar pada hakikatnya merupakan objek geologi tiga dimensi, maka untuk mendapatkan gambaran yang lebih mendekati kondisi aslinya, dilakukan proses analisis penampang 3-D.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mempelajari dan memahami prinsip koherensi dengan metode *semblance* dan struktur-*eigen* untuk menganalisis patahan pada data seismik,
- b. Mengaplikasikan koherensi dengan metode *semblance* dan struktur-*eigen* pada data seismic,
- c. Mempelajari pengaruh parameter koherensi pada metode *semblance* dan struktur-*eigen* dan
- d. Mengetahui gambaran bawah permukaan yang mendekati kondisi patahan yang sebenarnya.

### 1.3 Batasan Masalah

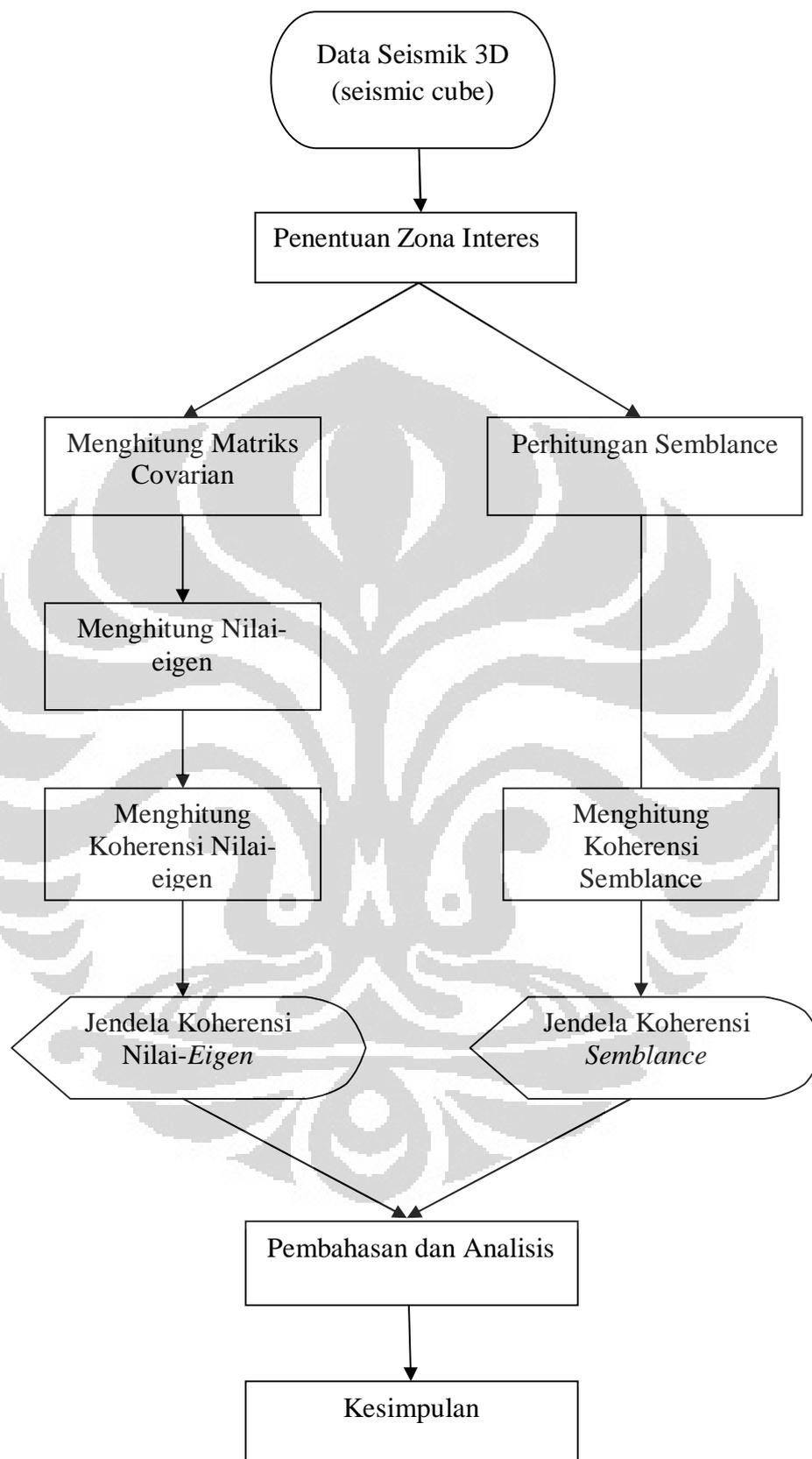
Untuk lebih memfokuskan pembahasan pada tugas akhir ini, maka kajian dibatasi pada beberapa hal :

1. Mendapatkan gambaran bawah permukaan bumi yang mendekati kondisi sesungguhnya serta melakukan komparasi hasil antara metode koherensi struktur-*eigen* dan *semblance* dengan metode konvensional
2. Data yang digunakan adalah data sintetis dan data real *post-stack time migration* 3D
3. *Software* yang digunakan adalah Matlab dengan modul seislab dan crewes untuk melakukan perhitungan komputasi metode struktur-*eigen* dan *semblance*.

### 1.4 Metodologi Penelitian

Tahapan metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah

1. Memperlajari teori dan algoritma yang berkaitan dengan koherensi dengan metode struktur-*eigen* dan *semblance* pada data seismik 3D, serta mempelajari struktur sesar dari data seismik
2. Membuat *source code* koherensi berbasis struktur *eigen* dan *semblance* serta menerapkannya pada model sintetis
3. Menggunakan data real 3D sebagai inputnya serta memperlajari dan mengkorelasinya dengan metode konvensional pada struktur patahan
4. Mendapatkan hasil dan melakukan analisis
5. Membuat laporan akhir



Gambar 1.1 Diagram alir penelitian

### 1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab, dan dijelaskan secara singkat sebagai berikut. BAB I, dalam bab ini membahas hal-hal yang melatarbelakangi dilakukannya studi ini, tujuan studi analisis, pembatasan masalah, metode yang telah dilakukan pada studi serta sistematika penulisan tugas akhir ini.

Dalam BAB II berisi tinjauan pustaka, pada bab ini penulis akan membahas mengenai teori-teori yang mendasari penelitian dan algoritma yang digunakan dalam penelitian. Selanjutnya, pada BAB III akan mencakup metodologi penelitian yang dilakukan, meliputi desain penelitian, jenis data, metode pemrosesan data sintetik dan data seismik real 3 dimensi (3D).

Pada BAB IV berisi hasil dan pembahasan. Dalam bab ini, penulis menganalisis dan membahas hasil penelitian secara komprehensif dengan menganalisa hasil koherensi *semblance* dan struktur-*eigen* yang didapatkan. Akhirnya, pada BAB V penulis akan memamparkan kesimpulan dari analisa dan saran untuk penelitian selanjutnya.

## BAB 2

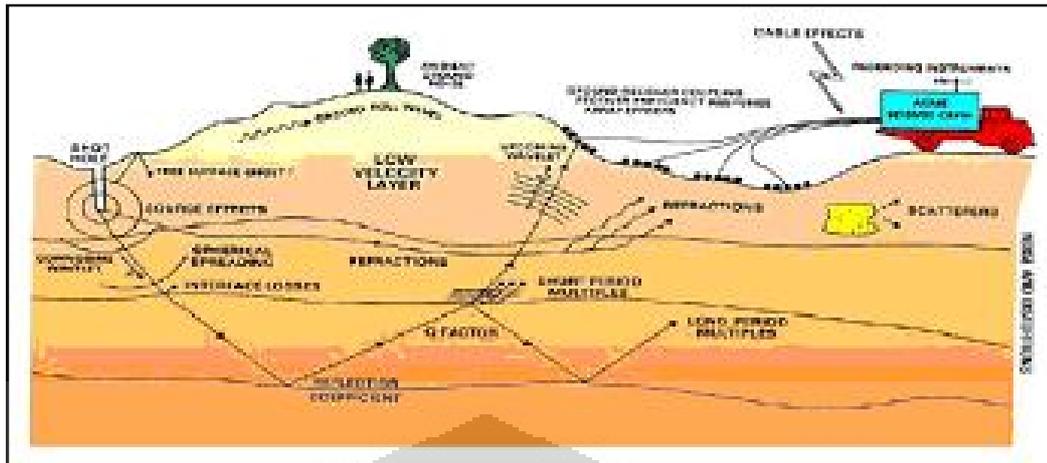
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Seismik Refleksi

Metode seismik refleksi merupakan metode yang paling sering digunakan untuk seismik eksplorasi. Konsep dasar metode ini adalah dengan mengirimkan sinyal pendek gelombang seismik ke dalam bumi dan merekam gelombang pantulnya. Gelombang pantul ini terbentuk dari batas antara dua lapisan yang biasanya disebut reflektor. Sumber gelombang seismik batuan yaitu dinamit, vibroseis, *air gun* dan *water gun*. Sedangkan alat perekam gelombang yang kembali ke permukaan bumi adalah geofon (untuk survei di darat) atau hidrofons (untuk survei laut).

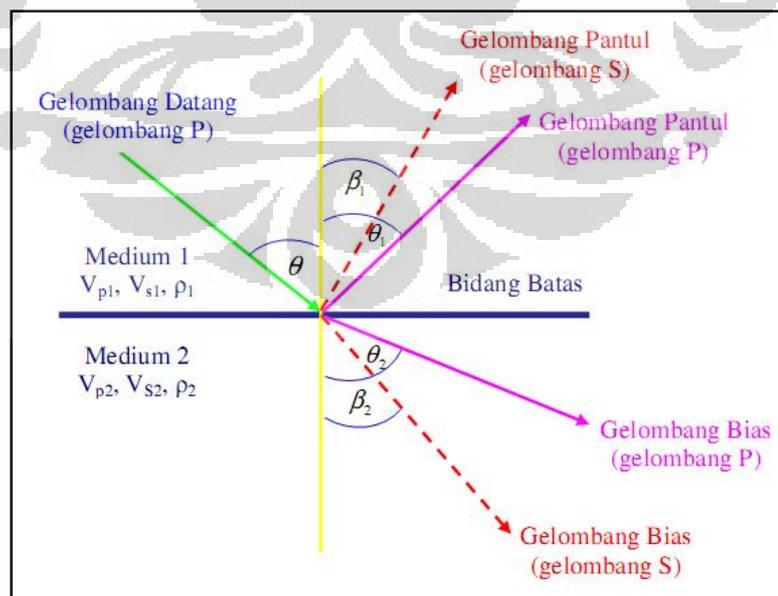
Gelombang seismik merambat melalui batuan sebagai gelombang elastik, yang mengubah energi menjadi gerakan partikel batuan. Ketika suatu gelombang menemui bidang batas antar medium, maka pada gelombang tersebut dapat terjadi refleksi, refraksi, dispersi dan difraksi. Gelombang yang ditangkap oleh receiver di permukaan bumi merupakan informasi mengenai lithologi bawah permukaan dari perbedaan waktu datang (*travel time*), amplitudo, frekuensi dan fasa gelombang. Ketika gelombang seismik melalui lapisan batuan dengan impedansi akustik yang berbeda dari lapisan batuan yang dilalui sebelumnya, muka gelombang akan terbagi. Sebagian akan terefleksikan kembali ke permukaan dan sebagian diteruskan ke bawah lapisan bumi (Suprajitno, 1998).

Bumi sebagai medium gelombang terdiri dari beberapa lapisan yang mempunyai sifat fisis berbeda. Perbedaan sifat fisis serta kondisi geologi di bawah permukaan bumi menyebabkan gelombang seismik dalam penjarannya mengalami perubahan seperti amplitudo, kecepatan, fasa dan energi.



Gambar 2.1 Proses Seismik Refleksi (Brown, 1999)

Hukum Snellius (Persamaan 2.1) merupakan persamaan yang dapat merepresentasikan penjalaran gelombang dibawah permukaan bumi. Hukum ini menyatakan bahwa sudut pantul dan sudut bias merupakan fungsi dari sudut datang dan kecepatan gelombang. Jika gelombang melewati dua batas lapisan, sebagian energi akan dipantulkan dalam medium yang sama dengan energi aslinya dan sebagian lain dibiaskan dalam medium lain, serta terjadi perubahan sudut penjalaran gelombang yang terjadi pada bidang batas seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.2 Pemantulan dan pembiasan pada bidang batas dua medium (Sheriff dan Geldart, 1995)

Dari gambar 2.2 dapat dibuat persamaan Snellius,

$$\frac{\sin \theta}{V_P} = \frac{\sin \theta_1}{V_{P_1}} = \frac{\sin \theta_2}{V_{P_2}} = \frac{\sin \beta_1}{V_{S_1}} = \frac{\sin \beta_2}{V_{S_1}} = P \quad (2.1)$$

Jika sudut datangnya memenuhi sudut kritis ( $\theta_C$ ),

$$\sin \theta_C = \frac{V_{P_1}}{V_{P_2}} \quad (2.2)$$

dimana  $\theta$  = sudut datang gelombang P

$\theta_1$  = sudut pantul gelombang P

$\theta_2$  = sudut bias gelombang P

$\beta_1$  = sudut pantul gelombang S

$\beta_2$  = sudut bias gelombang

$P$  = Parameter gelombang

$V_{P_1}$  = kecepatan gelombang longitudinal pada medium 1

$V_{S_1}$  = kecepatan gelombang transversal pada medium 1

$V_{P_2}$  = kecepatan gelombang longitudinal pada medium 2

$V_{S_2}$  = kecepatan gelombang transversal pada medium 2

## 2.2 Tras Seismik

Model dasar dan yang sering digunakan dalam model satu dimensi untuk tras seismik yaitu mengacu pada model konvolusi yang menyatakan bahwa setiap tras merupakan hasil konvolusi sederhana dari reflektivitas bumi dengan fungsi sumber seismik ditambah dengan noise (Russel, 1996). Dalam bentuk persamaan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S(t) = W(t) * r(t) + n(t) \quad (2.3)$$

dimana  $S(t)$  = tras seismik

$W(t)$  = wavelet seimik

$r(t)$  = reflektivitas bumi, dan

$n(t)$  = noise.

Konvolusi dapat dinyatakan sebagai "penggantian" setiap koefisien refleksi dalam skala wavelet kemudian menjumlahkan hasilnya (Russel, 1996).

### 2.3 Resolusi Seismik

Resolusi adalah jarak minimum antara dua objek yang dapat di pisahkan oleh gelombang seismik (Sukmono,1999). Resolusi menggambarkan jarak minimum antara dua reflektor yang dalam hal ini berupa batas perlapisan yang dapat dibedakan oleh gelombang seismik. Dalam interpretasi seismik resolusi terbagi menjadi dua arah resolusi yaitu resolusi vertikal dan resolusi horizontal. Resolusi horizontal memegang peranan penting dalam menentukan hasil interpretasi khususnya dalam hal identifikasi lapisan-lapisan batuan yang cukup tipis. Lapisan-lapisan tipis tersebut hanya dapat diamati secara akurat dengan resolusi seismik yang tinggi

#### 2.3.1 Resolusi Seismik Vertikal

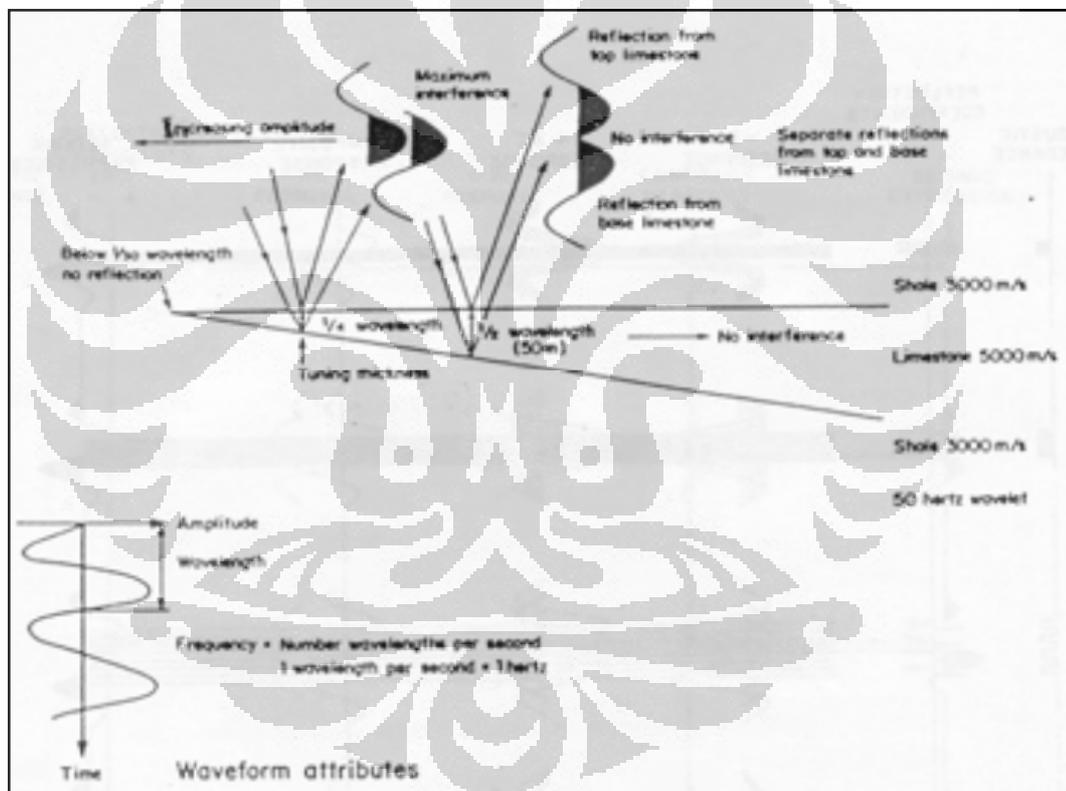
Ketebalan tuning adalah suatu ketebalan tertentu dari suatu batuan yang disyaratkan agar dapat dibedakan pada penampang seismik refleksi bidang batas atas dan batas bawahnya atau dengan kata lain resolusi seismik vertikal adalah kemampuan dari gelombang seismik untuk dapat membedakan dua buah lapisan secara vertikal.

Ketika wavelet berinterferensi, efek tuning akan muncul, yang merupakan fenomena interferensi konstruktif atau destruktif dari gelombang dari event yang berjarak dekat atau refleksinya (Schlumberger glossary). Resolusi vertikal dari

suatu lapisan setara dengan  $\lambda/4$  yang dikenal dengan ketebalan *tuning*, sehingga resolusi vertikal adalah

$$R_{ver} = \frac{v}{4f}, \quad (2.4)$$

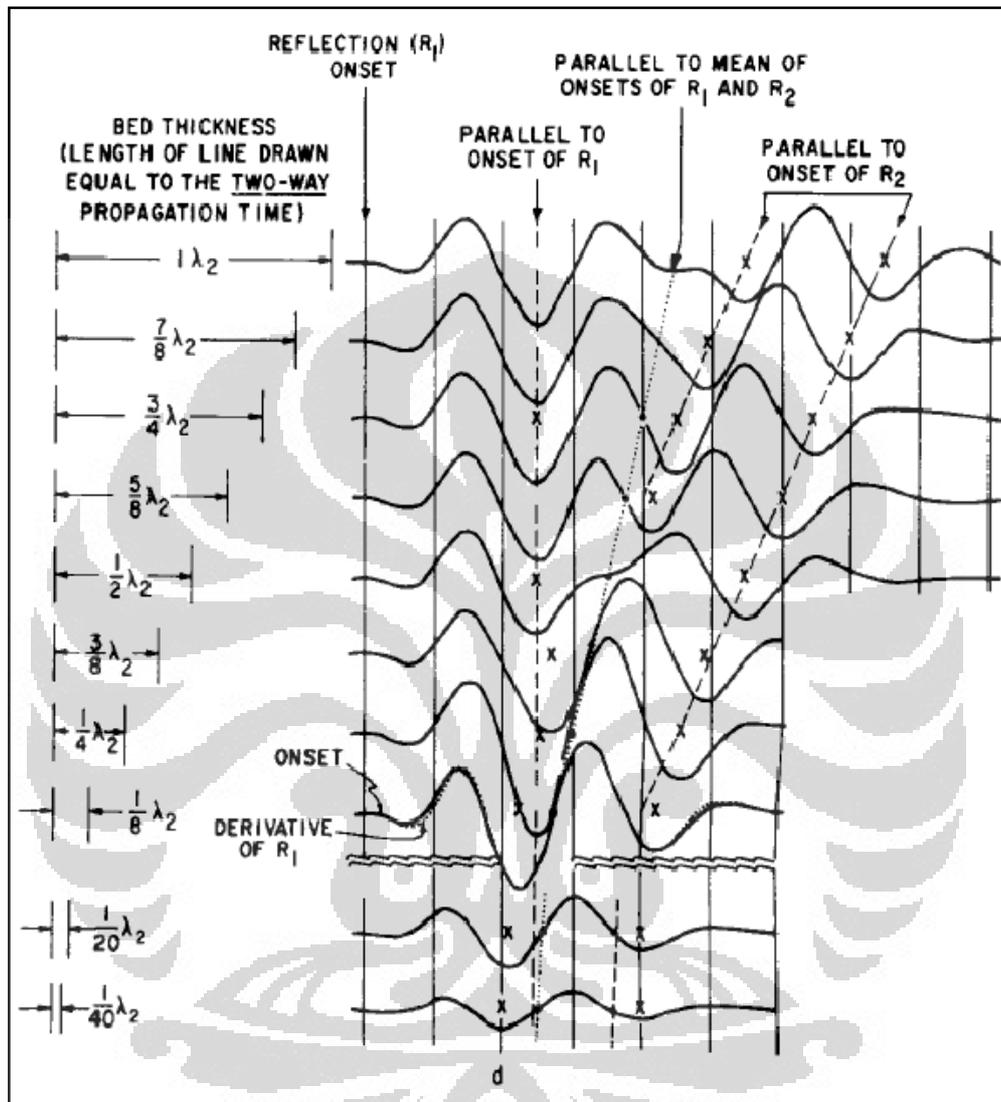
dimana Resolusi vertikal ( $R_{ver}$ ), frekuensi ( $f$ ), kecepatan ( $v$ ) dan panjang gelombang ( $\lambda$ ). Sehingga dari persamaan tersebut diketahui bahwa dengan bertambahnya kedalaman, dimana kecepatan bertambah tinggi dan frekuensi mengecil maka ketebalan *tuning* juga bertambah besar.



Gambar 2.3 Efek interferensi yang berhubungan dengan lapisan tipis (Badley, 1984)

Menurut Widess (1973), *Seismic resolution power* didefinisikan sebesar  $\lambda/8$ . Ketika lapisan cukup tebal, refleksi dari top dan base dapat dibedakan dalam domain waktu, tetapi ketika ketebalan mengecil, refleksi yang terekam merupakan gabungan antara refleksi top dan base. Hal ini akan berlanjut sampai ketebalan lapisan mencapai  $\lambda/8$ , dan ketika lapisan lebih tipis lagi, tidak ada informasi lagi

dari setiap interface yang terpisani. Resolving power tidak bergantung hanya pada frekuensi domain tapi juga *signal to noise ratio*.



Gambar 2.4 Respon seismik dari lapisan dengan ketebalan yang berbeda (Widess, 1973)

### 2.3.2 Resolusi Seismik Horizontal

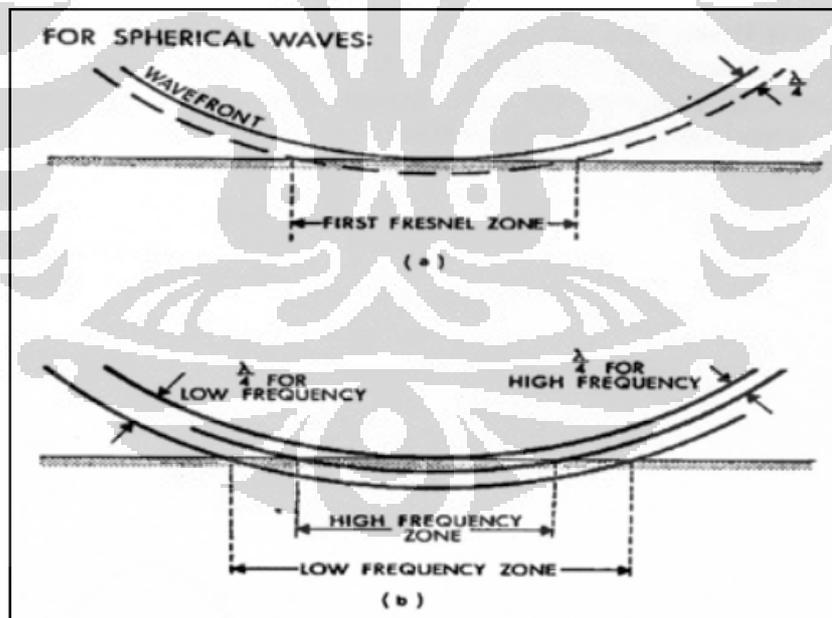
Resolusi horizontal dikenal juga dengan zona Fresnel yaitu bagian dari reflektor dimana energi dipantulkan ke *reciver* setelah terjadinya refleksi pertama. Zona Fresnel juga menunjukkan dimensi lateral suatu benda yang dapat dibedakan oleh gelombang seismik. Titik refleksi secara normal berbeda pada daerah dimana

terjadi interaksi antara muka gelombang dengan muka reflektor. Besarnya resolusi lateral dapat diperkirakan dari

$$R_{lat} = \frac{V}{2} \sqrt{\frac{t}{f}}, \quad (2.5)$$

dengan Resolusi lateral atau radius zona fresnel ( $R_{lat}$ ), kecepatan rata-rata ( $V$ ), TWT ( $t$ ), frekuensi dominan ( $f$ ). Dari persamaan tersebut diketahui bahwa resolusi horisontal akan berkurang dengan bertambahnya kecepatan dan berkurangnya frakuensi.

Dari persamaan (2.5) diketahui bahwa resolusi horisontal akan berkurang dengan bertambahnya kedalaman, bertambahnya kecepatan dan berkurangnya frekuensi (Gambar 2.4)



Gambar 2.5 Zona Fresnel (Sherrif, 1995)

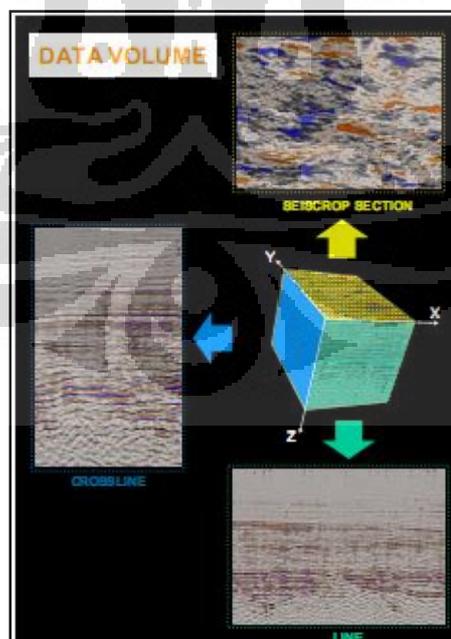
## 2.4 Interpretasi Seismik 3D

Menurut Sheriff (1995), interpretasi mengandung pengertian determinasi atau penerjemahan makna geologi yang diturunkan dari seismik. Pada awalnya

interpretasi seismik 3D berbasis pada prinsip interpretasi *line-by line*. Namun pada perkembangan selanjutnya, teknik interpretasi ini berkembang dan berbasis pada visualisasi volume dan berbagai manipulasi amplitudo yang kemudian ditampilkan dalam bentuk volume, sehingga dapat membantu meningkatkan interpretasi komponen-komponen struktur dan stratigrafi pada daerah interest (Yilmaz, 2001).

Metode seismik 3D merupakan metode yang akurat untuk memetakan kondisi bawah permukaan secara detail, karena pada prinsipnya objek geologi berbentuk tiga dimensi sehingga metode ini dapat mencakup seluruh bagian dari objek tersebut. Konsep dari metode ini adalah pengumpulan data seismik serta pemrosesan data interpretasi volume data yang sangat rapat.

Data seismik 3D berbentuk seperti kubus (*cube*) (Gambar 2.6). Potongan vertikal pada arah pergerakan kabel, dalam akuisisi data disebut sebagai *inline*. Sedangkan potongan vertikal yang tegak lurus dengan lintasa tersebut didefinisikan sebagai *crossline* atau *xline*. Untuk potongan horizontal disebut sebagai *time slice*.



Gambar 2.6. Tiga set slice orthogonal dari sebuah data volume yang merupakan dasar utama untuk interpretasi seismik 3D (After Brown, 2002)

## 2.5 Polaritas

Meskipun penggunaan kata polaritas hanya mengacu pada perekaman dan konvensi tampilan dan tidak mempunyai makna khusus tersendiri, dalam rekaman seismik, penentuan polaritas sangat penting. Society of Exploration Geophysicists (SEG) mendefinisikan polaritas normal sebagai berikut :

1. Sinyal seismik positif akan menghasilkan tekanan akustik positif pada hidropom di air atau pergerakan awal ke atas pada geofon di darat.
2. Sinyal seismik yang positif akan terekam sebagai nilai negatif pada tape, defleksi negatif pada monitor dan trough pada penampang seismik.

Menggunakan konvensi ini, dalam sebuah penampang seismik dengan tampilan polaritas normal SEG kita akan mengharapkan :

1. Batas refleksi berupa trough pada penampang seismik, jika  $IA_2 > IA_1$
2. Batas refleksi berupa peak pada penampang seismik, jika  $IA_2 < IA_1$

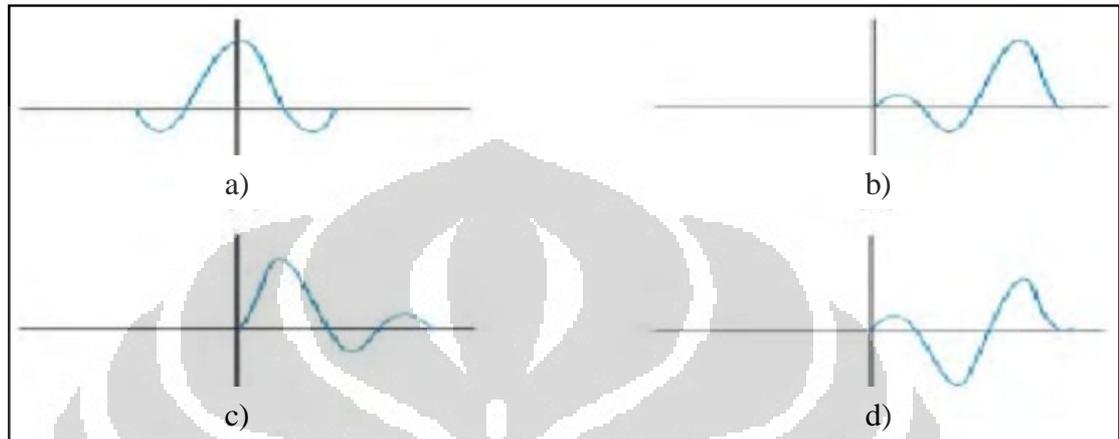
## 2.6 Wavelet

Wavelet adalah sinyal transien yang mempunyai interval waktu dan amplitudo yang terbatas. Saat menjalar wavelet terus berubah dari waktu ke waktu. Hal ini dikarenakan gelombang seismik terus berinteraksi dengan batuan sehingga frekuensi dan fasanya terus berubah dari satu tempat ke tempat lainnya.

Secara matematis wavelet dapat dinyatakan sebagai superposisi dari banyak gelombang sinusoidal yang amplitudonya sama tetapi dengan frekuensi yang bervariasi dalam satu *band* frekuensi tertentu. Semakin lebar *band* frekuensi maka bentuk wavelet semakin *spike*.

Ada empat jenis wavelet yang umum diketahui, yaitu zero phase, minimum phase, maximum phase, dan mixed phase. Pembagian ini berdasarkan pada waktu yang dibutuhkan sebuah wavelet untuk mencapai maksimum energinya. *Zero phase wavelet* adalah wavelet yang energi maksimumnya berhimpit pada waktu nol. *Minimum phase wavelet* adalah wavelet yang memerlukan waktu yang

paling singkat untuk mencapai maksimum energinya. *Maximum phase wavelet* merupakan wavelet yang membutuhkan waktu paling besar untuk mencapai maksimum energinya. *Mixture phase wavelet* adalah wavelet campuran dari maximum dan minimum phase wavelet (Gambar 2.7).



Gambar 2.7. Jenis-jenis wavelet (a) Zero Phase Wavelet; (b) Maximum Phase Wavelet; (c) Minimum Phase Wavelet; (d) Mixed Phase Wavelet (Sukmono, 1999)

## 2.7 Atribut Seismik

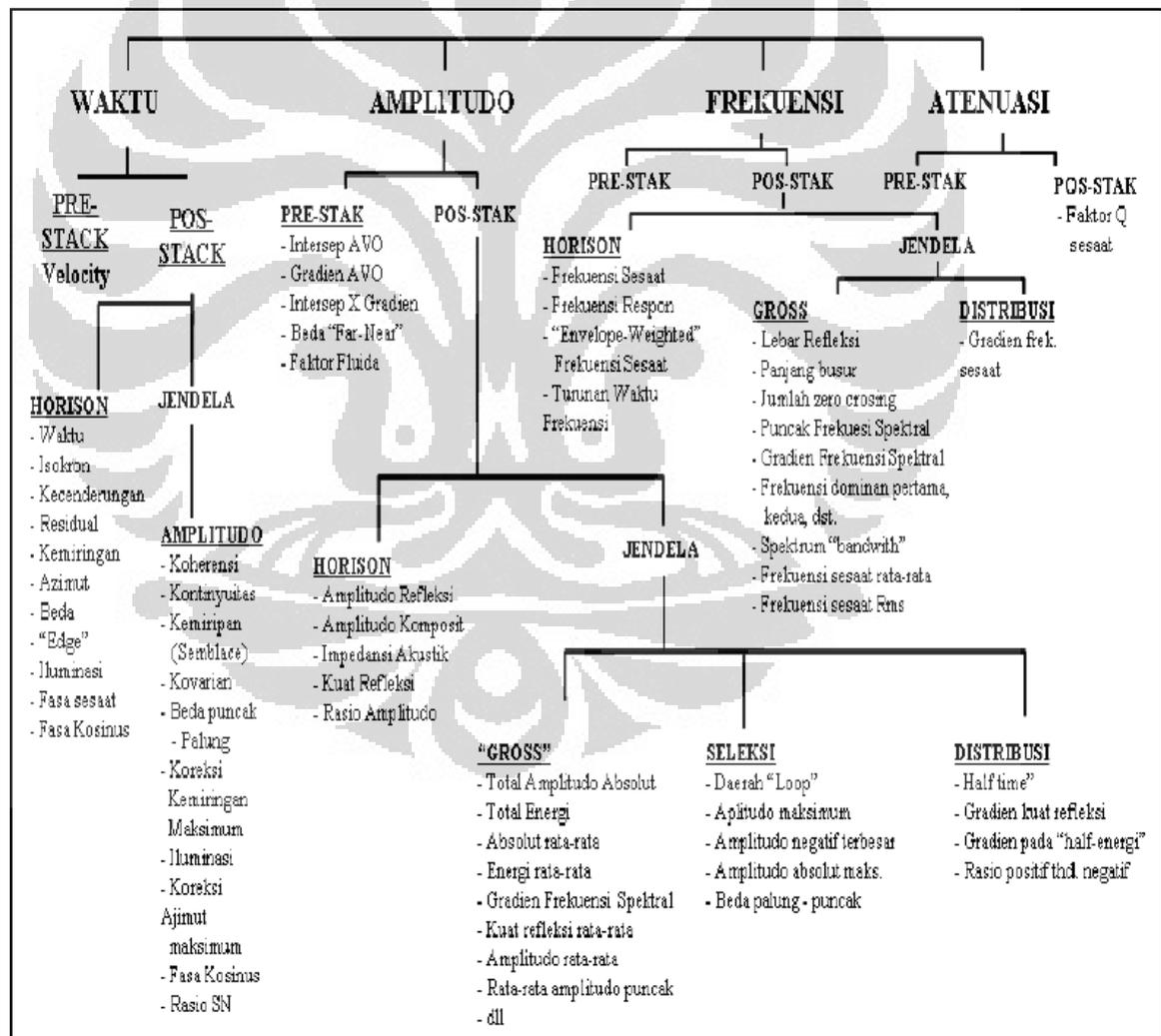
Atribut Seismik merupakan ukuran kuantitatif dari karakteristik seismik. Sukmono (2007), mendefinisikan Seismik atribut sebagai karakterisasi secara kuantitatif dan deskriptif dari data seismik yang secara langsung dapat ditampilkan dalam skala yang sama dengan data awal.

Terdapat banyak upaya untuk mengklasifikasi atribut seismik ke dalam kelompok-kelompok untuk pemahaman yang lebih baik. Taner, et al., (1994), mengelompokkan atribut ke dalam tipe geometri dan fisik. Atribut geometri digunakan untuk meningkatkan karakteristik geometri dari data seismik, sedangkan atribut fisik untuk menentukan parameter fisik dari bawah permukaan.

Pada jurnal Geophysics, Brown mengklasifikasikan atribut berdasarkan informasi yang kita miliki : waktu, amplitudo, frekuensi, dan atenuasi. Tiap klasifikasi tersebut selanjutnya dibagi menjadi kategori pre-stack dan post-stack. Atribut

Post-stack kemudian di kelompokkan berdasarkan window horizon dan waktu. Atribut waktu digunakan untuk menentukan struktur dan amplitudo untuk sifat reservoir dan stratigrafi.

Terdapat lebih dari 50 atribut yang berbeda yang berasal dari data seismik untuk membantu interpretasi dari struktur geologi, stratigrafi dan sifat batuan/cairan. Atribut seismik yang baik ialah sensitif pada fitur geologi atau sifat reservoir, atau memungkinkan kita untuk memetakan lingkungan struktur atau pengendapan yang berguna untuk menduga beberapa fitur atau sifat dari area yang penting. (Chopra, et al., 2005).



Gambar 2.8. Klasifikasi atribut seismik (Brown, 1999)

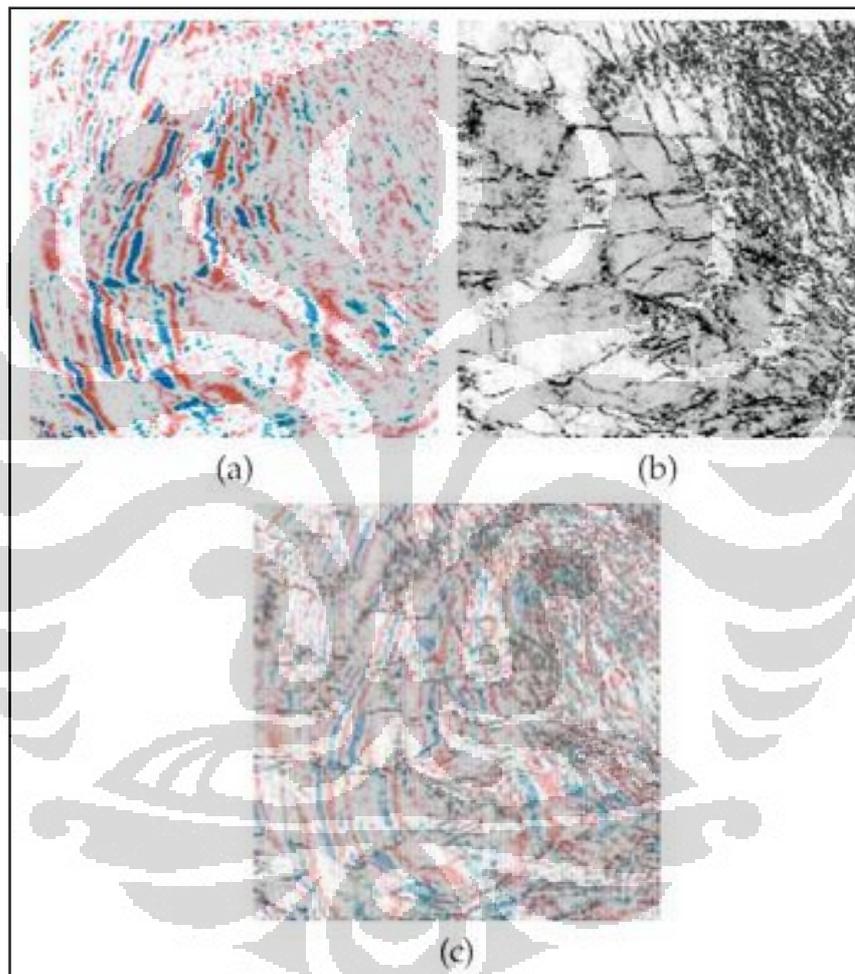
Berdasarkan Liner, et al., (2004), atribut dikelompokkan menjadi kategori general dan spesifik. Atribut yang memiliki dasar fisika dan matematika yang kuat, yang memberikan perilaku yang sama untuk setiap cekungan, dikelompokkan ke dalam kategori yang umum, seperti : horizon peak amplitude, time structure, complex amplitude and frequency, generalized hilbert attributes, horizon dip and azimuth, illumination, edge preserved smoothing, edge detection, AVO, coherence, dan dekomposisi spektral. Atribut spesial tidak berlaku secara umum, tetapi hanya dalam kasus khusus. Ini bergantung pada statistik korelasi sumur di lapangan sehingga metode ini tidak dapat digunakan di lapangan lain. Atribut spesial ini menarik perhatian karena geosains membutuhkan dasar informasi yang baru tentang bawah permukaan.

## **2. 8 Kovarian, *Semblance* dan Koherensi**

Atribut koherensi, continuity dan kovarian merupakan atribut yang hampir sama. Kesemuanya bertujuan untuk mengkonversi dari volume berbasis kontinyu (refleksi normal) menjadi volume berbasis diskontinyu (sesar dan berbagai bidang batas yang lain). Atribut ini dioperasikan dalam suatu window temporal dan menggunakan berbagai algoritma pendekatan matematis yang mirip dengan perhitungan korelasi. Karena atribut ini dihitung langsung dari data seismik yang diproses, maka hasilnya dapat terhindar dari bias interpretasi yang biasa terjadi jika dilakukan langsung pada interpretasi manual (Brown, 1999).

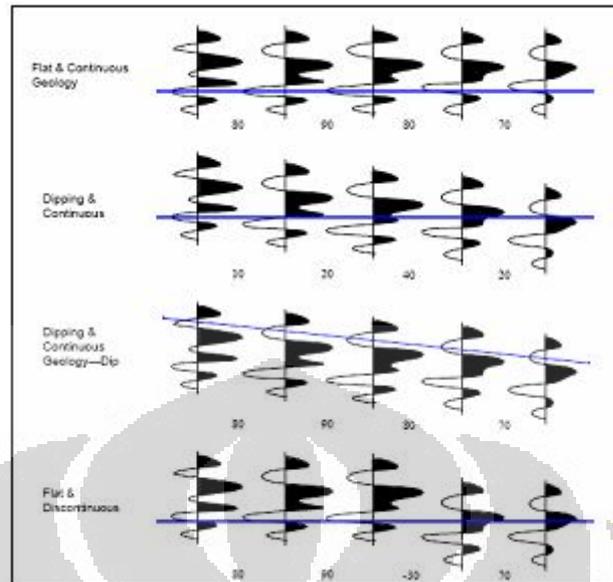
Koherensi adalah salah satu atribut seismik yang menampilkan kemiripan satu tras seismik dengan tras yang lainnya. Tras-tras seismik yang mirip akan dipetakan dengan koefisien koherensi yang tinggi sedangkan ketidakmenerusan akan terpetakan dengan koefisien coherence yang rendah. Sebuah zona yang tersesarkan akan menghasilkan ketidakmenerusan yang tajam dengan demikian akan menghasilkan koefisien coherence yang rendah disepanjang bidang sesar tersebut.

Dalam seismik eksplorasi, atribut coherence digunakan untuk mempertajam kehadiran struktur sesar, perangkap stratigrafi, delta, channel, reef dll (Gambar 2.9). Atribut coherence diestimasi berdasarkan kros korelasi tras-tras seismik yang selanjutnya sembalance dan algoritma dekomposisi *eigen structure* diterapkan. Dalam praktiknya, atribut coherence sering kali ditampilkan bersamaan (overlay) dengan atribut yang lain (amplitudo, akustik impedance, dll.)



Gambar 2.9. Perbandingan kohrensi. a) Sesar kurang terlihat pada peta amplitude, b) peta koherensi mempertajam sesar, (c) overlay (Cupra, 2003)

Semblance merupakan sebuah atribut turunan waktu yang dimanfaatkan untuk mengukur similaritas antar tras seismik yang dapat dimanfaatkan untuk menonjolkan perubahan lateral seismik akibat adanya perbedaan kondisi geologi. Arti fisis dari semblance adalah “semblance merupakan representasi dari energi gelombang seismik”



Gambar 2.10 Metode perhitungan atribut semblance (after Landmark, 1999).

## 2.9. Spectral Decomposition

Spectral decomposition merupakan metode untuk menggambarkan dan memetakan ketebalan temporal lapisan dan ketidak-kontinyuan geologi pada survei seismik 3D, dengan memanfaatkan data seismik dan transformasi Fourier diskrit (TFD) (Partyka and Gridley, 1997). Pada metode ini, data seismik ditransformasi ke dalam domain frekuensi dengan TFD sehingga bisa didapatkan tampilan spektrum amplitude dan/atau spektrum fasa.

Konsep dasar dari spectral decomposition ini sendiri adalah bahwa refleksi dari suatu lapisan tipis memiliki karakteristik ekspresi di dalam domain frekuensi yang merupakan indikasi dari ketebalan lapisan temporal. Pada respon frekuensi tersebut, terdapat perbedaan yang signifikan jika ukuran window data yang digunakan lebar dengan penggunaan window yang pendek. Hasil transformasi dari tras seismik yang panjang (window lebar) kira-kira sebagaimana spektrum wavelet.

## 2.10 Algoritma Struktur-*Eigen* dan *Semblance*

Pada penelitian ini digunakan asumsi dari kubus-analisis dalam bentuk matriks yang melingkupi  $J$  buah *trace* dan  $N$  buah *sample* sebagai deskripsi matematis dari kubus-analisis yang dinyatakan dengan matriks  $\mathbf{D}$ ,

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1J} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{N1} & d_{N2} & \dots & d_{NJ} \end{bmatrix}. \quad (2.6)$$

Matriks  $\mathbf{D}$  pada persamaan (2.6) merepresentasikan data *multichannel* seri waktu. Dalam hal ini kolom tunggal  $\mathbf{D}$  merepresentasikan  $N$  sample dari suatu *trace* tunggal  $j$ , sementara itu suatu baris tunggal dari  $\mathbf{D}$  memberikan suatu sample waktu  $n$  yang sama untuk semua *trace*  $J$ . Sedangkan suatu entri tunggal  $d_{nj}$  adalah amplitudo pada sample ke- $n$  pada *trace* ke- $j$ .

Jumlah sample per *trace* pada kubus-analisis biasanya ditentukan oleh fitur geologi yang menarik bagi interpreter. Fitur geologi vertikal yang kecil dianalisis dengan jendela vertikal yang lebih pendek, sedangkan fitur geologi yang memiliki durasi vertikal yang panjang dianalisis dengan jendela vertikal yang lebih panjang. Sebagai contoh, misalnya fitur geologi struktur seperti patahan, dikarakterisasi oleh reflektor yang membutuhkan jendela yang panjang. Sedangkan fitur stratigrafi seperti *channel* dikarakterisasi oleh bentuk gelombang *tuning* yang lebih baik diselesaikan dengan jendela yang pendek.

### 2.10.1 Algoritma Koherensi Struktur *Eigen*

Dari matriks  $\mathbf{D}$  pada persamaan (2.6) selanjutnya ditentukan matriks kovariannya dari salah satu komponen barisnya. Baris ke- $n$  dari matriks  $\mathbf{D}$  adalah

$$\mathbf{d}_n = [d_{n1} \quad d_{n2} \quad \dots \quad d_{nJ}], \quad (2.7)$$

dan merepresentasikan nilai dari sample ke- $n$  dari setiap *trace* seismik dalam kubus analisis. Dengan mengasumsikan *trace* setiap jendela mempunyai rata-rata nol, kovarian matriks dari *sample*  $n$  menjadi

$$\begin{aligned} \mathbf{d}_n^T \mathbf{d}_n &= \begin{bmatrix} d_{n1} \\ d_{n2} \\ \vdots \\ d_{nJ} \end{bmatrix} [d_{n1} \quad d_{n2} \quad \dots \quad d_{nJ}] \\ &= \begin{bmatrix} d_{n1}^2 & d_{n1}d_{n2} & \dots & d_{n1}d_{nJ} \\ d_{n1}d_{n2} & d_{n2}^2 & \dots & d_{n1}d_{nJ} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1}d_{nJ} & d_{n2}d_{nJ} & \dots & d_{nJ}^2 \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (2.8)$$

Jika vektor  $\mathbf{d}_n$  bukan merupakan vektor nol, maka matriks kovarian dari masing-masing sampel baris sebagaimana pada persamaan (2.8) di atas merupakan matriks simetrik positif semidefinit rank-satu. Dari kondisi ini, matriks tersebut memiliki nilai-eigen positif tidak-nol tunggal. Maka didapat untuk matriks kovarian dari matriks  $\mathbf{D}$  secara keseluruhan adalah jumlah dari matriks kovarian dari masing-masing barisnya

$$\begin{aligned} \mathbf{C} &= \mathbf{D}^T \mathbf{D} = \sum_{n=1}^N \mathbf{d}_n^T \mathbf{d}_n \\ &= \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^N d_{n1}^2 & \sum_{n=1}^N d_{n1}d_{n2} & \dots & \sum_{n=1}^N d_{n1}d_{nJ} \\ \sum_{n=1}^N d_{n1}d_{n2} & \sum_{n=1}^N d_{n2}^2 & \dots & \sum_{n=1}^N d_{n1}d_{nJ} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{n=1}^N d_{n1}d_{nJ} & \sum_{n=1}^N d_{n2}d_{nJ} & \dots & \sum_{n=1}^N d_{nJ}^2 \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Pada persamaan (2.9), matriks  $\mathbf{C}$  adalah hasil penjumlahan dari  $N$  buah matriks rank satu dari persamaan (2.8). Namun pada persamaan (2.9) tidak memiliki nilai-eigen positif tidak-nol tunggal. Maka matriks  $\mathbf{C}$  tidak lagi merupakan matriks rank-satu, artinya memiliki beberapa nilai *eigen* positif yang tidak-nol.

Jumlah dan ukuran relatif nilai-*eigen* dari kovarian matriks  $\mathbf{C}$  menentukan banyaknya derajat kebebasan yang ada pada data seismik data kubus-analisis. Nilai-*eigen* memberikan indikator kuantitatif variabilitas yang ada pada data seismik. Jika komponen seluruh *trace* pada baris pertaman matriks  $\mathbf{D}$ :

$$\mathbf{d}_1 = [a \ a \ \dots \ a], \text{dimana } a \neq 0$$

maka komponen baris ke- $n$  adalah:

$$\mathbf{d}_n = \sigma_n [a \ a \ \dots \ a] = \sigma_n \mathbf{d}_1$$

dimana  $\sigma_n$  adalah besaran skalar yang merupakan rasio antara nilai-nilai amplitudo pada baris pertama dan ke- $n$ , sebagai komponenskalaan.

Sehingga untuk kasus ini, persamaan matriks  $\mathbf{C}$  pada persamaan (2.9) dapat kembali disederhanakan menjadi matriks rank-satu, yaitu dinyatakan dalam matriks seperti persamaan (2.8):

$$\mathbf{d}_n^T \mathbf{d}_n = (\sigma_n \mathbf{d}_1^T)(\sigma_n \mathbf{d}_1) = \sigma_n^2 \mathbf{d}_1^T \mathbf{d}_1, \quad (2.10)$$

maka untuk masing-masing sample/baris:

$$\begin{aligned} \mathbf{d}_1^T \mathbf{d}_1 &= \mathbf{d}_1^T \mathbf{d}_1 \\ \mathbf{d}_2^T \mathbf{d}_2 &= \sigma_2^2 \mathbf{d}_1^T \mathbf{d}_1, \\ &\vdots \\ \mathbf{d}_N^T \mathbf{d}_N &= \sigma_N^2 \mathbf{d}_1^T \mathbf{d}_1 \end{aligned} \quad (2.11)$$

Dengan menjumlahkan  $N$  orde satu, hasil dari matriks pada persamaan (2.11) menghasilkan kovarian matriks  $\mathbf{C}$ :

$$\mathbf{C} = \mathbf{D}^T \mathbf{D} = \sum_{n=1}^N \mathbf{d}_n^T \mathbf{d}_n = (1 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_N^2) \mathbf{d}_1^T \mathbf{d}_1. \quad (2.12)$$

dimana matriks  $\mathbf{C}$  pada persamaan (2.12) hanya memiliki nilai-*eigen* positif tidak-nol tunggal.

Kovarian matriks  $\mathbf{C} = \mathbf{D}^T \mathbf{D}$  pada persamaan (2.9) berbentuk matriks simetrik positif setengah-tertentu dengan semua nilai-*eigen* lebih besar atau sama dengan

nol. Didefinisikan estimasi koherensi berdasarkan *struktur-eigen*, digunakan *trace* matriks (yaitu, jumlah seluruh elemen pada diagonal utama) dari matriks kovarian ( $\mathbf{C}$ ), yang dilambangkan dengan  $\text{Tr}(\mathbf{C})$ , dimana *trace* matriks ini dapat diungkapkan dalam komponen matriks  $\mathbf{D}$ , matriks  $\mathbf{C}$ , atau dalam komponen nilai-*eigen* dari  $\mathbf{C}$ :

$$\text{Tr}(\mathbf{C}) = \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N d_{nj}^2 = \sum_{j=1}^J c_{jj} = \sum_{j=1}^J \lambda_j, \quad (2.13)$$

dan estimasi koherensi berdasarkan struktur-eigen ( $E_c$ )nya adalah

$$E_c = \frac{\lambda_1}{\text{Tr}(\mathbf{C})} = \frac{\lambda_1}{\sum_{j=1}^J c_{jj}} = \frac{\lambda_1}{\sum_{j=1}^J \lambda_j}, \quad (2.14)$$

dengan  $\lambda_1$  nilai-*eigen* terbesar dari matriks kovarian  $\mathbf{C}$ .

Secara fisis, persamaan (2.14) menunjukkan bahwa energi total dari data seismik yang terlibat adalah lebih besar dan sama dengan nol ( $\geq 0$ ). Dimana sebagaimana kita ketahui bahwa pada perambatan gelombang, kuadrat amplitudo berbanding lurus dengan energi gelombang.

Pada kasus dengan kondisi yang memberikan nilai koherensi tertinggi (koherensi total), semua *trace* seismik identik, dimana nilai amplitudo  $a$  pada suatu sampel baris tertentu memiliki nilai yang sama untuk semua *trace* seismik (kolom matriksnya). Sehingga nilai-nilai amplitudo dalam suatu sampel (baris) tertentu dapat diskalakan dari suatu baris yang lain yang dijadikan acuan.

Dari persamaan (2.14) diketahui bahwa koherensi adalah kesatuan ketika kovarians matriks  $\mathbf{C}$  adalah matriks orde-satu seperti pada persamaan (2.12). Karena matriks  $\mathbf{C}$  memiliki nilai-*eigen* tidak nol tunggal  $\lambda_1$ , sehingga  $E_c$  dapat disederhanakan

$$E_c = \frac{\lambda_1}{\sum_{j=1}^J \lambda_j} = \frac{\lambda_1}{\lambda_1} = 1. \quad (2.15)$$

Seiring dengan menurunnya tingkat koherensi dari data seismik, maka rank matriks kovarian akan semakin bertambah dan nilai positifnya tidak lagi tunggal. Sehingga penyebut pada persamaan (2.15) akan semakin besar, maka nilai estimasi koherensinya ( $E_c$ ) akan semakin kecil, yaitu lebih kecil dari satu. Secara fisis, ini berarti energi yang terlibat dalam perhitungan terdistribusi diantara nilai-eigen yang lain

### 2.10.2 Hubungan antara *Semblance* dan Koherensi Struktur-*Eigen*

Koefisien semblance didefinisikan sebagai normalisasi rasio energi output/input, dimana *trace* output merupakan penjumlahan sederhana dari *trace* input (Neidell dan Taner, 1971). Untuk membandingkan antara estimasi koherensi berbasis *semblance* dan struktur-*eigen*, maka data kovarian pada persamaan (2.9) dinyatakan dalam decomposisi-*eigen*-nya:

$$\mathbf{C} = \mathbf{V} \mathbf{\Lambda} \mathbf{V}^T, \quad (2.16)$$

dimana  $\mathbf{\Lambda}$  adalah matriks terdiri atas nilai-nilai eigen dari matriks  $\mathbf{C}$  yang disusun dengan urutan menurun.

$$\mathbf{V} = [\mathbf{v}_1 \quad \mathbf{v}_2 \quad \dots \quad \mathbf{v}_i],$$

$\mathbf{V}$  adalah matriks ( $J \times J$ ) yang kolomnya terdiri atas vektor-vektor *eigen* dari matriks  $\mathbf{C}$ . Dengan konstruksi, vektor eigen dari  $\mathbf{C}$  membentuk himpunan ortonormal (Golub dan Van Loan, 1989). Maka estimasi koherensi struktur-*eigen* dapat diekspresikan sebagai:

$$E_c = \frac{\lambda_1}{Tr(\mathbf{C})} = \frac{\mathbf{v}_1^T \mathbf{C} \mathbf{v}_1}{Tr(\mathbf{C})}. \quad (2.17)$$

Ekuivalensi dari pembilang untuk  $E_c$ , pada persamaan (2.17) dibentuk dengan menggunakan *decomposition-eigen* dari matriks  $\mathbf{C}$  dari persamaan (2.16). Untuk mengekstraksi nilai-eigen yang dominan ( $\lambda_1$ ), vektor-eigen yang berasosiasi  $\mathbf{v}_1$  terlebih dahulu didistribusikan pada vektor-eigen yang lain. Selanjutnya dengan mengaplikasikan parameter orthonormal dari vektor-eigen, didapatkan bentuk (Golub dan Van Loan, 1989):

$$\mathbf{v}_1^T \mathbf{C} \mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_1^T \mathbf{V} \mathbf{\Lambda} \mathbf{V}^T \mathbf{v}_1 = \lambda_1, \quad (2.18)$$

karena  $\mathbf{v}_1^T \mathbf{C} \mathbf{v}_1$  sama dengan  $\lambda_1$ , maka  $E_c$  pada persamaan (2.17) terbukti.

Untuk menjembatani persamaan antara *semblance* dan *struktur-eigen*, persamaan dari *semblance* harus mirip dengan kovarian matriks  $\mathbf{C}$ . Sheriff, 1984, mendefinisikan *semblance* ( $S_c$ ) dalam komponen matriks  $\mathbf{D}$  sebagaimana persamaan berikut:

$$\frac{\sum_{n=1}^N \left[ \sum_{j=1}^J d_{nj} \right]^2}{J \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J (d_{nj})^2}. \quad (2.19)$$

Sehingga ekspresi alternatif dalam matriks  $\mathbf{C} = \mathbf{D}^T \mathbf{D}$  yang sama dengan  $S_c$ ,

$$S_c = \frac{\mathbf{u}^T \mathbf{C} \mathbf{u}}{\text{Tr}(\mathbf{C})}, \quad (2.20)$$

normalisasi vektor  $\mathbf{u}$  (contohnya,  $\|\mathbf{u}\|_2 = 1$ ) pada persamaan (2.17) berfungsi untuk menjumlahkan semua komponen dalam matriks  $\mathbf{C}$  yang didefinisikan dengan :

$$\mathbf{u} = \frac{1}{\sqrt{J}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}. \quad (2.21)$$

Dari persamaan (2.17) dan (2.21) telah didapat perbandingan persamaan estimasi koherensi berbasis struktur-*eigen* dan *semblance*, dimana  $E_c$  diekspresikan sebagai fungsi dari vektor-*eigen*  $\mathbf{v}_1$ , sedangkan  $S_c$  dinyatakan dengan menggunakan vektor yang ternormalisasi  $\mathbf{u}$ . Maka, untuk menemukan hubungan antara  $S_c$  dan  $E_c$  normalisasi vektor  $\mathbf{u}$  terlebih dahulu dinyatakan dalam vektor-*eigen* dari matriks  $\mathbf{C}$ . Hal ini mungkin dilakukan karena vektor-*eigen* orthonormal  $J$ , yaitu  $\mathbf{V} = [\mathbf{v}_1 \ \mathbf{v}_2 \ \dots \ \mathbf{v}_J]$  adalah independen/bebas linear serta menjangkau ruang dimensi  $J$ , yaitu  $\mathbf{R}^J$ . Masing-masing vektor-*eigen*,  $\mathbf{v}_j \in \mathbf{R}^J$  ( $1, 2, \dots, J$ ), menjangkau subruang  $\mathbf{R}^J$ . Vektor  $\mathbf{u} \in \mathbf{R}^J$  yang digunakan dalam komputasi  $S_c$  adalah vektor berdimensi  $J$ , sehingga dapat dilakukan rekonstruksi dengan kombinasi linear dari vektor-*eigen* matriks  $\mathbf{C}$ :

$$\mathbf{u} = \beta_1 \mathbf{v}_1 + \beta_2 \mathbf{v}_2 + \dots + \beta_J \mathbf{v}_J. \quad (2.22)$$

Karena  $\mathbf{u}$  dan  $\mathbf{v}_j$  ternormalisasi, maka  $\beta_j$  bisa menjadi:

$$\beta_j = \mathbf{u}^T \mathbf{v}_j = \|\mathbf{u}\|_2 \|\mathbf{v}_j\|_2 \cos \theta_j = \cos \theta_j. \quad (2.23)$$

Persamaan (2.23) menunjukkan besarnya nilai vektor ternormalisasi  $\mathbf{u}$  yang dioperasikan pada setiap vektor-*eigen*  $\mathbf{v}_j$  ( $j = 1, 2, \dots, J$ ), yang bergantung pada sudut diantara kedua vektor tersebut. Berdasarkan persamaan (2.23), maka vektor  $\mathbf{u}$  dapat diekspresikan dalam kombinasi linier dari vektor-*eigen* sebagai berikut:

$$\mathbf{u} = \mathbf{v}_1 \cos \theta_1 + \mathbf{v}_2 \cos \theta_2 + \dots + \mathbf{v}_J \cos \theta_J. \quad (2.24)$$

Dari persamaan (2.22), mulai terlihat jelas perbedaan antara  $S_c$  dan  $E_c$ . Dimana  $S_c$  menggunakan vektor  $\mathbf{u}$ , yang merupakan kombinasi linear dari semua vektor-*eigen*, sedangkan  $E_c$  hanya menggunakan  $\mathbf{v}_1$ , yaitu vektor-*eigen* yang

berasosiasi dengan nilai-*eigen* terbesar. Dengan kata lain,  $S_c$  dan  $E_c$  menggunakan sub-ruang yang berbeda dalam perhitungan komputasi koherensinya.

Persamaan (2.24) selanjutnya disubstitusikan ke dalam persamaan koherensi *semblance* (2.20), sehingga menjadi:

$$\begin{aligned} S_c &= \frac{\mathbf{u}^T \mathbf{C} \mathbf{u}}{\text{Tr}(\mathbf{C})} \\ &= \frac{(\beta_1 \mathbf{v}_1 + \beta_2 \mathbf{v}_2 + \dots + \beta_J \mathbf{v}_J)^T \mathbf{C} (\beta_1 \mathbf{v}_1 + \beta_2 \mathbf{v}_2 + \dots + \beta_J \mathbf{v}_J)}{\text{Tr}(\mathbf{C})}. \end{aligned} \quad (2.25)$$

Dengan melakukan perkalian serta dengan memperhatikan penggunaan dari parameter orthonormal dari vektor-*eigen* didapat:

$$S_c = \frac{\beta_1^T \mathbf{v}_1^T \mathbf{C} \mathbf{v}_1 + \beta_2^T \mathbf{v}_2^T \mathbf{C} \mathbf{v}_2 + \dots + \beta_J^T \mathbf{v}_J^T \mathbf{C} \mathbf{v}_J}{\text{Tr}(\mathbf{C})}. \quad (2.26)$$

Selanjutnya persamaan (2.17) dan (2.23) disubstitusikan ke dalam persamaan (2.19) di atas, dan didapat:

$$S_c = \frac{\lambda_1 \cos^2 \theta_1 + \lambda_2 \cos^2 \theta_2 + \dots + \lambda_J \cos^2 \theta_J}{\text{Tr}(\mathbf{C})}. \quad (2.27)$$

Dari persamaan (2.27) terlihat jelas bahwa masing-masing bobot dari pembilangnya bergantung pada sudut antara sub-ruang yang terlingkupi oleh vektor  $\mathbf{u}$  dan sub-ruang yang dilingkupi dari masing-masing vektor-*eigen*  $\mathbf{v}_j$ . Masing-masing bobot tersebut dengan demikian yang menentukan kontribusi dari nilai-*eigen* yang berkorespondensi. Pada kasus khusus dimana  $\mathbf{u} = \mathbf{v}_1$ , maka sudut pada persamaan (2.27) menjadi

$$\theta_1 = 0, \theta_2 = \theta_3 = \dots = \theta_J = \frac{\pi}{2}. \quad (2.28)$$

Hubungan bobot  $\beta_j = \cos \theta_j$  berasosiasi dengan masing-masing sudut menjadi

$$\cos \theta_1 = 1, \cos \theta_2 = \cos \theta_3 = \dots = \theta_j = 0. \quad (2.29)$$

Namun, secara umum vektor  $\mathbf{u}$  tidak sama dengan vektor-eigen  $\mathbf{v}_1$ . Dimana seiring dengan sampel kubus-analisis yang terus berubah (digilir) dalam suatu volume data seismik yang lebih besar, matriks kovarian  $\mathbf{C}$  dan vektor-eigen  $\mathbf{v}_1$  yang berhubungan, yang merupakan kuantitas dinamis, juga akan menyesuaikan dan mengalami perubahan pada setiap lokasi yang berbeda. Sedangkan vektor  $\mathbf{u}$  bersifat statis dan tidak mengalami perubahan selama terjadi pergiliran kubus-analisis tersebut.

Batasan untuk *semblance* dan koherensi struktur-eigen diberikan oleh Rayleigh *quotient* yang menyatakan bahwa untuk suatu vektor  $\mathbf{u}$  yang ternormalisasi dan suatu matriks  $\mathbf{C}$   $J \times J$  positif semidefinit, yang kemudian didefinisikan dalam  $\mathbf{u}^T \mathbf{C} \mathbf{u}$ , maka akan memenuhi pertidaksamaan:

$$\lambda_1 \geq \mathbf{u}^T \mathbf{C} \mathbf{u} \geq \lambda_j, \quad (2.30)$$

dimana  $\lambda_1$  dan  $\lambda_j$  pada persamaan (2.30) adalah nilai-eigen terbesar dan terkecil dari  $\mathbf{C}$ . Dengan membagi seluruh ruas pada persamaan (2.30) dengan  $Tr(\mathbf{C})$ , maka didapat hubungan *semblance* dan estimasi koherensi berdasarkan struktur-eigen:

$$\frac{\lambda_1}{Tr(\mathbf{C})} \geq \frac{\mathbf{u}^T \mathbf{C} \mathbf{u}}{Tr(\mathbf{C})} \geq \frac{\lambda_j}{Tr(\mathbf{C})}. \quad (2.31)$$

Bersarkan persamaan (2.17) dan (2.21), maka persamaan (2.31) dapat diubah menjadi:

$$E_c \geq S_c \geq \frac{\lambda_j}{Tr(\mathbf{C})}. \quad (2.32)$$

Dengan menulis secara lengkap ketidak samaan pada persamaan (2.32), akan terlihat interaksi dari nilai-*eigen* untuk estimasi koherensi yang berbeda:

$$\frac{\lambda_1}{Tr(\mathbf{C})} \geq \frac{\lambda_1 \cos^2 \theta_1 + \lambda_2 \cos^2 \theta_2 + \dots + \lambda_j \cos^2 \theta_j}{Tr(\mathbf{C})} \geq \frac{\lambda_j}{Tr(\mathbf{C})}. \quad (2.33)$$

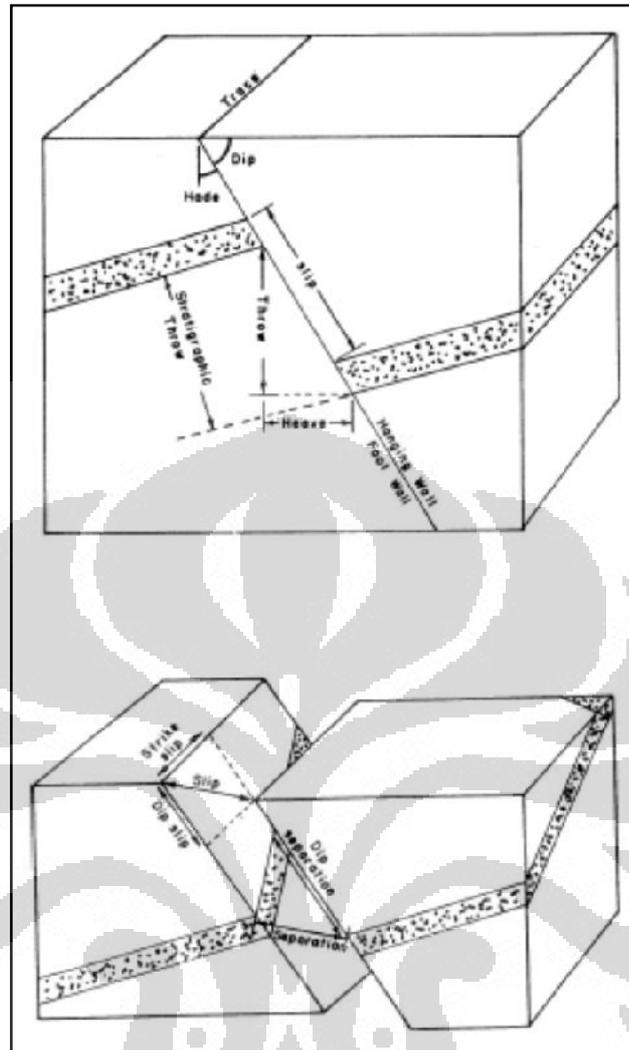
Pada persamaan (2.33), perbandingan antara  $S_c$  dan  $E_c$  sudah selesai. Masing-masing nilai-*eigen* digunakan berdasarkan proyeksi dari vektor  $\mathbf{u}$  dinormalisasi ke vektor-*eigen* yang terkait. Perlu digaris bawahi bahwa sering kali ukuran nilai-*eigen* relatif kecil sehingga tidak berkontribusi banyak untuk estimasi koherensi berbasis *semblance*.

## 2.11 Sesar (Fault)

Sesar atau *fault* adalah suatu rekahan pada batuan, dimana bagian-bagian yang dipisahkan oleh rekahan itu bergerak satu terhadap lainnya. Arah pergerakan bagian-bagian tersebut akan sejajar dengan bidang permukaan rekahan. Sesar mempunyai ukuran dari milimeter hingga ratusan kilometer (Moehadi, 2005)

Jurus atau *strike* sesar adalah arah dari suatu garis yang dibentuk oleh bisang sesar dengan bidang horizontal. Jurus sesar dikenal juga dengan nama *faultline*, *fault trace* dan *fault outcrop*. Kemiringan atau *dip* adalah sudut yang dibentuk oleh bidang sesar dengan bidang horizontal, diukur pada bidang vertikal yang arahnya tegak lurus jurus sesar.

Hade adalah sudut antara bidang sesar dengan bidang vertikal yang arahnya sejajar sesar. *Hanging wall* adalah bagian yang terletak diatas sesar, sedangkan *foot wall* adalah bagian yang terletak dibawah bidang sesar. *Throw* adalah komponen vertikal pada separasi sesar.



Gambar 2.11 Tatanan struktur sesar (Sheriff, 2002)

Sesar terjadi akibat tekanan pada suatu lapisan batuan. Jika suatu lapisan batuan ditekan maka batuan tersebut akan mengalami deformasi. Jika tekanan yang diberikan melebihi ambang batas kekuatan elastisitasnya, maka batuan tersebut akan mengalami patahan.

Untuk mengetahui adanya struktur sesar pada data seismik ada beberapa cara, yaitu

- a. putusnya *event*,
- b. perubahan *dip*,
- c. perubahan pola pada *event* yang dilewati sesar,
- d. terlihatnya refleksi bidang patahan dan
- e. difraksi

## 2.12 Aperatur Seismik

Aperture dalam dunia fotografi merupakan istilah yang mendefinisikan tentang lebar sempitnya bukaan lubang optik sehingga dapat mengatur besar kecilnya intensitas cahayanya yang masuk. Dalam dunia seismik istilah ini mencerminkan besaran bukaan yang digunakan agar jumlah energi yang dihitung cukup memadai

Penentuan besaran parameter aperture (dalam hal ini koherensi aperture) merupakan hal yang sangat penting. Jika aperture yang dipilih terlalu kecil maka data yang dihitung tidak akan menghasilkan tampilan yang diinginkan sehingga sulit untuk dilakukan analisis data. Pada koherensi seismik, parameter aperture terdiri dari dua jenis, yaitu temporal aperture dan spasial aperture.

### 2.12.1 Aperture Temporal

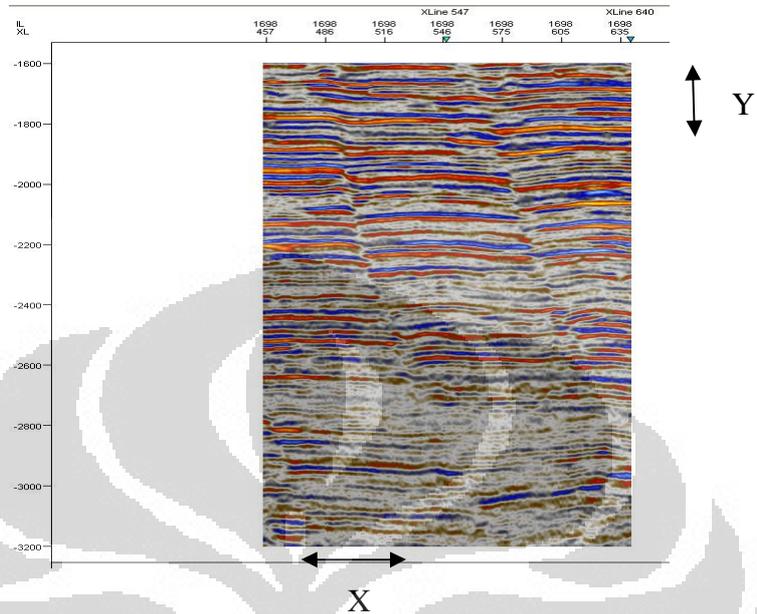
Aperture temporal atau aperture vertikal atau lebar window merupakan parameter penting. Secara umum, aperture yang lebih pendek digunakan ketika akan melihat komponen-komponen stratigrafi atau sesar dengan sudut yang sangat kecil. Sedangkan aperture yang lebih lebar digunakan untuk mendeteksi komponen struktur yang lebih nyata secara vertikal, seperti sesar dengan sudut yang besar

Aperture yang lebih lebar dapat dipakai untuk mengurangi efek noise pada hasil koherensi, namun dapat berefek pada tidak jelasnya suatu event-event yang pendek/kecil seperti channel. Pada metode koherensi, parameter ini merupakan pembobotan filter untuk menunjukkan *vertical smoothing* untuk memperjelas kemenerusan

### 2.12.2 Aperture Spasial

Aperture spasial atau aperture lateral menentukan banyaknya tras yang akan dilibatkan dalam satu kali perhitungan. Dalam prakteknya, jika dipilih  $n$  sebagai

nilai aperturennya, berarti tras ke n pada setiap sisi yang bersebelahan dengan tras yang akan dihitung akan dilibatkan dalam perhitungannya.



Gambar 2.12 Aperture seismik, X merupakan pemilihan aperture spasial (lateral) dan Y merupakan pemilihan aperture temporal (vertikal)

## BAB 3

### PENGOLAHAN DATA

#### 3.1. Pengolahan Data Sintetik

Dalam penelitian ini, dibuat model data sintetik 3 dimensi yang digunakan untuk menguji *coherence* dengan menggunakan metode *eigen* dan *samblance*. Pembuatan model ini diharapkan dapat menggambarkan dengan baik koherensi data seismik pada daerah sesar. Selain itu model ini juga diharapkan dapat dijadikan sebagai model hipotesis dari dari struktur.

Pemrosesan data sintetik ini bertujuan untuk mengetahui tampilan data tersebut saat dilakukan proses koherensi dengan metode *samblance* dan *eigen*. Dengan demikian kita dapat mengetahui hasil dari program yang telah dibuat apakah sesuai dengan teori yang telah dipelajari atau tidak. Sehingga bisa meningkatkan kepastian dari program yang telah dibuat. Kemudian dari hasil tampilan yang dihasilkan, kita bisa menentukan struktur sesar yang terjadi karena tampilan yang dihasilkan merupakan ekstraksi langsung dari data seismik.

Pembuatan model struktur sintetik ini dibuat dengan menentukan koefisien refleksi dari setiap elemen matriks. Koefisien refleksi yang digunakan yaitu sebesar -0.6 untuk lapisan pertama, 0.6 untuk lapisan kedua. Sedangkan koefisien refleksi yang digunakan pada zona sesar adalah sebesar -0.2 untuk lapisan pertama dan 0.2 untuk lapisan kedua. Model ini berbentuk 3 dimensi dan memiliki 122 sample vertikal dengan yang merupakan sample dari waktu, 80 inline dan 75 crossline. Kemudian model ini dikonvolusikan dengan ricker wavelet 20Hz dan sample interval 2ms.

Semua trace dari model tersebut kemudian dilakukan perhitungan sample dari setiap ukuran matriks tertentu dan didapatkan matriks **D**. Dalam menentukan matriks **D**, kita tentukan beberapa skala/parameter yang berbeda untuk kemudian

dilihat tingkat skala terbaik dalam memberikan tampilan koherensi dari data sintetik agar dapat dengan mudah diinterpretasi. Namun dalam penelitian data sintetik ini parameter yang digunakan adalah tetap dengan skala temporal dan spasial sebesar tiga.

Setelah menentukan matriks **D**, selanjutnya mencari matriks **C** dari persamaan:

$$\mathbf{C} = \mathbf{D}^T \mathbf{D}, \quad (3.1)$$

dimana matriks **C** adalah matriks kovarian dari matriks **D**. Dari hasil matriks **C** kemudian dilakukan dua jenis perhitungan yaitu mencari *samblance* dan mencari struktur-*eigen*.

### 3.1.1 Perhitungan Struktur-*Eigen*

Setelah didapatkan matriks kovarian **C**, selanjutnya mencari estimasi koherensi struktur-*eigen* berdasarkan persamaan:

$$E_c = \frac{\lambda_1}{\sum_{j=1}^J \lambda_j}, \quad (3.2)$$

dimana  $\lambda_1$  adalah nilai-*eigen* terbesar dari  $\lambda_j$ . Perhitungan nilai-*eigen* dilakukan dengan menggunakan fungsi *eig* (eigen matriks) pada MATLAB

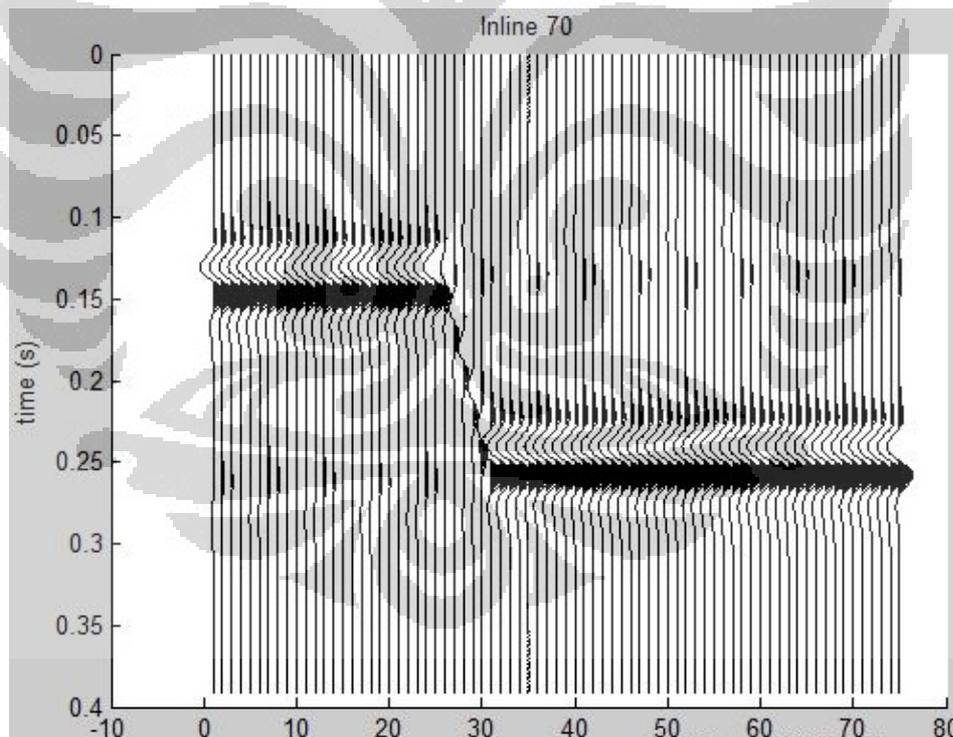
Jika didapatkan penjumlahan dari nilai-*eigen* mendekati nol, maka didapatkan estimasi koherensi struktur-*eigen* sama dengan nilai koherensi jika tidak, maka nilai koherensinya sama dengan satu.

### 3.1.2 Perhitungan *Semblance*

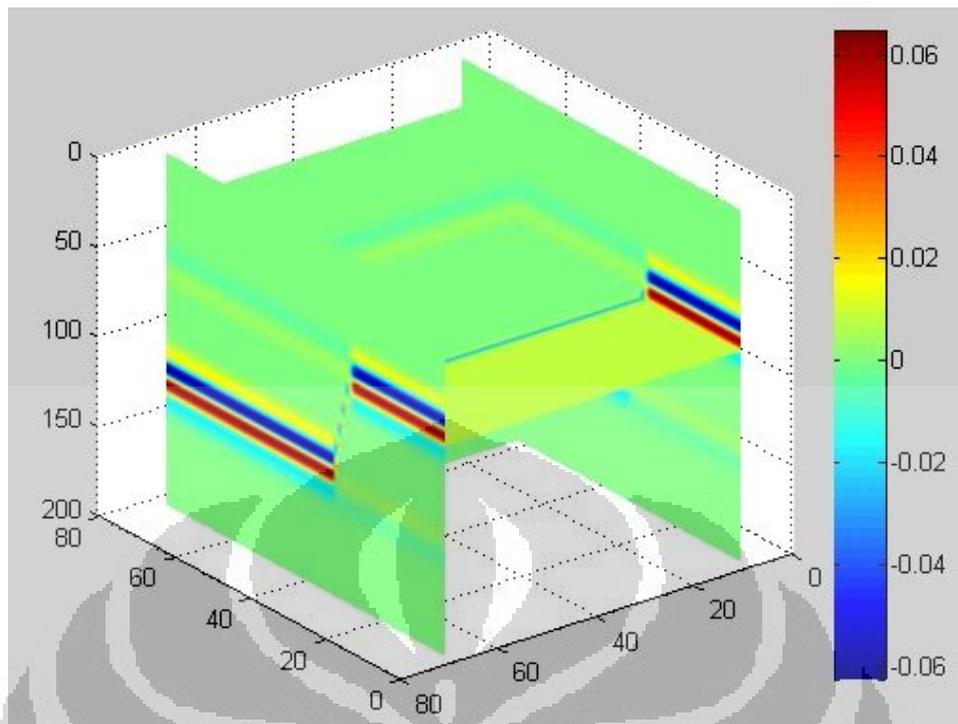
Perhitungan *semblance* dihitung berdasarkan matriks **D** seperti persamaan:

$$S_c = \frac{\sum_{n=1}^N \left[ \sum_{j=1}^J d_{nj} \right]^2}{J \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J d_{nj}^2} \quad (3.3)$$

Jika penyebut pada persamaan (3.3) mendekati nol maka estimasi koherensi *semblance* sama dengan koherensi. Jika tidak, maka nilai koherensinya sama dengan satu.



Gambar 3.1 Seismogram Sintetik pada Model Sesar Inline 70



Gambar 3.2 Seismogram Sintetik Model 3 Dimensi

### 3.2 Pengolahan Data Real

Setelah dilakukan penelitian untuk data sintetik kemudian penelitian selanjutnya dilakukan untuk data real. Data yang digunakan adalah data seismik 3 dimensi. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi metode koherensi untuk menganalisis struktur. Data yang digunakan berformat (\*.segy) yang kemudian diproses menggunakan MATLAB dengan tambahan paket *open source under* MATLAB untuk pemrograman data seismik, yaitu SEISLAB dan CREWES.

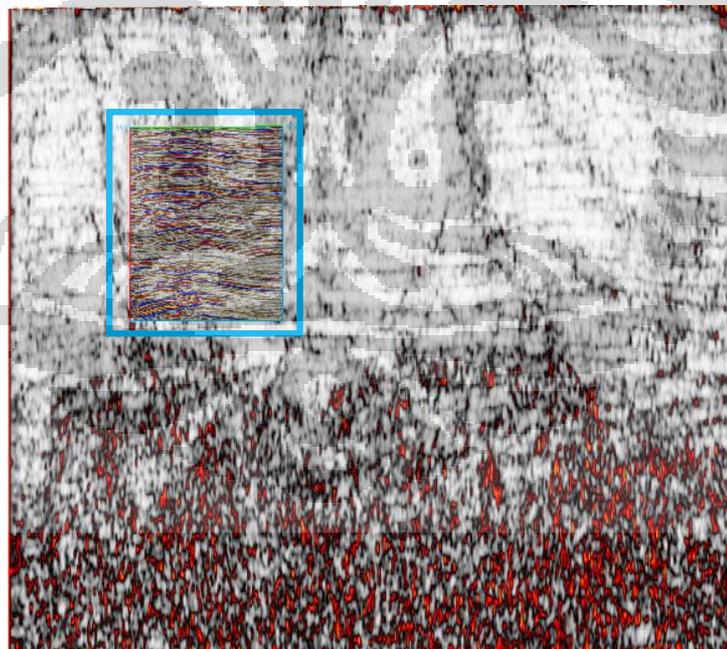
Data yang digunakan merupakan data dari Gulf Coast Field, Texas. Data ini merupakan data *post stack time migration* (PSTM) tiga dimensi (3D). Data tersebut dimulai dari *inline* 1433 sampai dengan 1791, *crossline* 290 sampai dengan 820 dan *time* 1000 ms sampai dengan 3500 ms. Tidak ada data sumur yang digunakan dalam penelitian ini.

Dalam penelitian ini, ditentukan zona yang diinginkan di mana fitur geologi tampak dan untuk mempercepat proses perhitungan data. Dengan penentuan zona

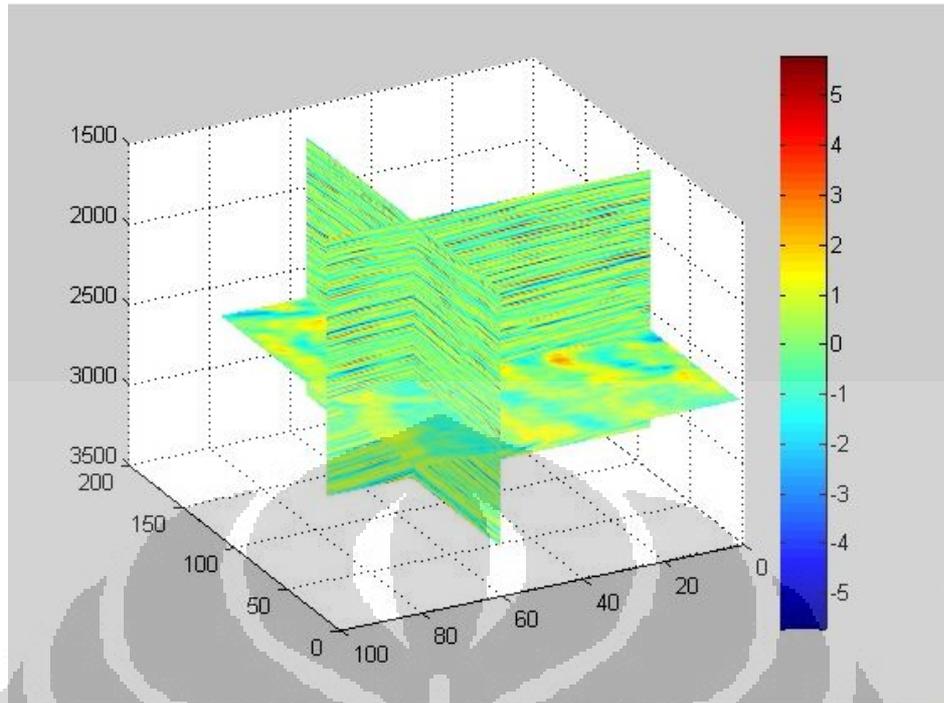
diharapkan dapat lebih memahami zona sesar yang akan diteliti. Daerah yang diteliti memiliki range time dari 1600ms sampai dengan 3200ms dengan sampling rate 2ms, range *inline* dari 1618 sampai dengan 1698 dan range *crossline* 455 sampai 640.

Sebelum dilakukan penelitian perbandingan metode, terlebih dahulu dilakukan penelitian parameter yang tepat. Parameter aperture temporal dan aperture spasial yang digunakan divariasikan dimana aperture spasial yang dipakai adalah 1,3 dan 5 sedangkan aperture temporal yang divariasikan adalah 3,5, 9 dan 11.

Pada software Petrel, untuk mendapatkan koherensi *cube* yaitu dengan menggunakan atribut *variance*, dimana *variance* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam perhitungan koherensi. Aperture spasial pada software Petrel disebut *inline range*, sedangkan aperture temporal disebut *vertical smooth*.



Gambar 3.3 Data seismik keseluruhan pada inline1680, daerah pada kotak biru merupakan daerah yang diteliti



Gambar 3.4 Data slice seismik real pada inline 68 crossline 85 dan time 2600

Kemudian, semua trace dari model tersebut dilakukan perhitungan sample dari setiap ukuran matriks tertentu dan didapatkan matriks **D**. Dalam menentukan matriks **D**, kita tentukan beberapa skala/parameter yang berbeda untuk kemudian dilihat aperture spasial dan temporal terbaik dalam memberikan tampilan koherensi terbaik agar dapat dengan mudah diinterpretasi.

Setelah menentukan matriks **D**, selanjutnya mencari matriks **C** dari persamaan:

$$\mathbf{C} = \mathbf{D}^T \mathbf{D}, \quad (3.4)$$

Matriks **C** adalah matriks kovarian dari matriks **D**. Dari hasil matriks **C** kemudian dilakukan dua jenis perhitungan yaitu mencari *sambance* dan mencari struktur-*eigen*.

### 3.2.1 Perhitungan Struktur-Eigen

Setelah didapatkan matriks kovarian **C**, selanjutnya mencari estimasi koherensi struktur-*eigen* berdasarkan persamaan:

$$E_c = \frac{\lambda_1}{\sum_{j=1}^J \lambda_j}, \quad (3.5)$$

dimana  $\lambda_1$  adalah nilai-*eigen* terbesar dari  $\lambda_j$ . Perhitungan nilai-*eigen* dilakukan dengan menggunakan fungsi *eig* (eigen matriks) pada MATLAB.

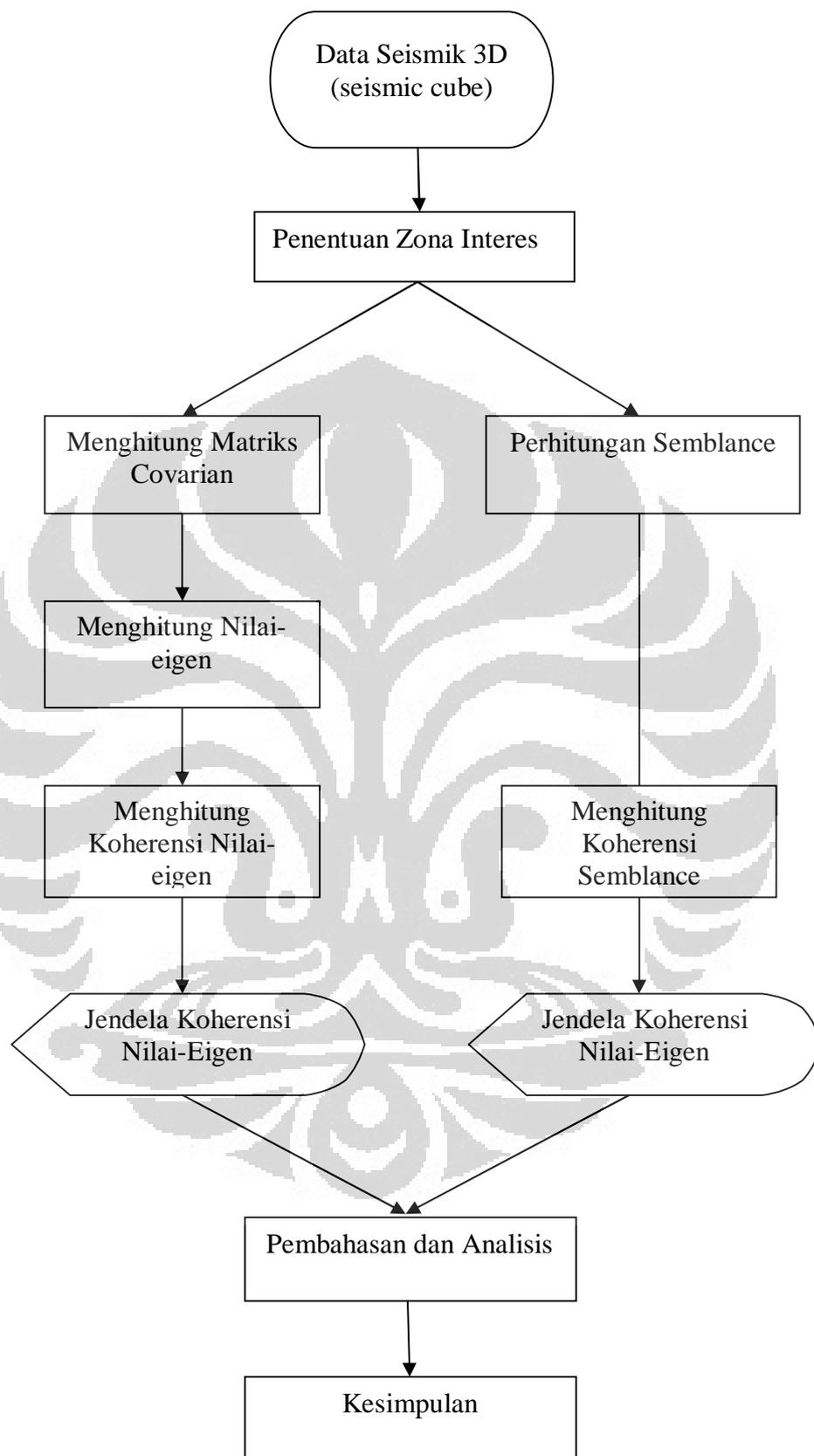
Jika didapatkan penjumlahan dari nilai-*eigen* mendekati nol, maka didapatkan estimasi koherensi struktur-eigen sama dengan nilai koherensi. Jika tidak, maka nilai koherensinya sama dengan satu. Hasil perhitungan ini akan dimasukkan menjadi matriks koherensi  $E_c$ .

### 3.2.2 Perhitungan *Semblance*

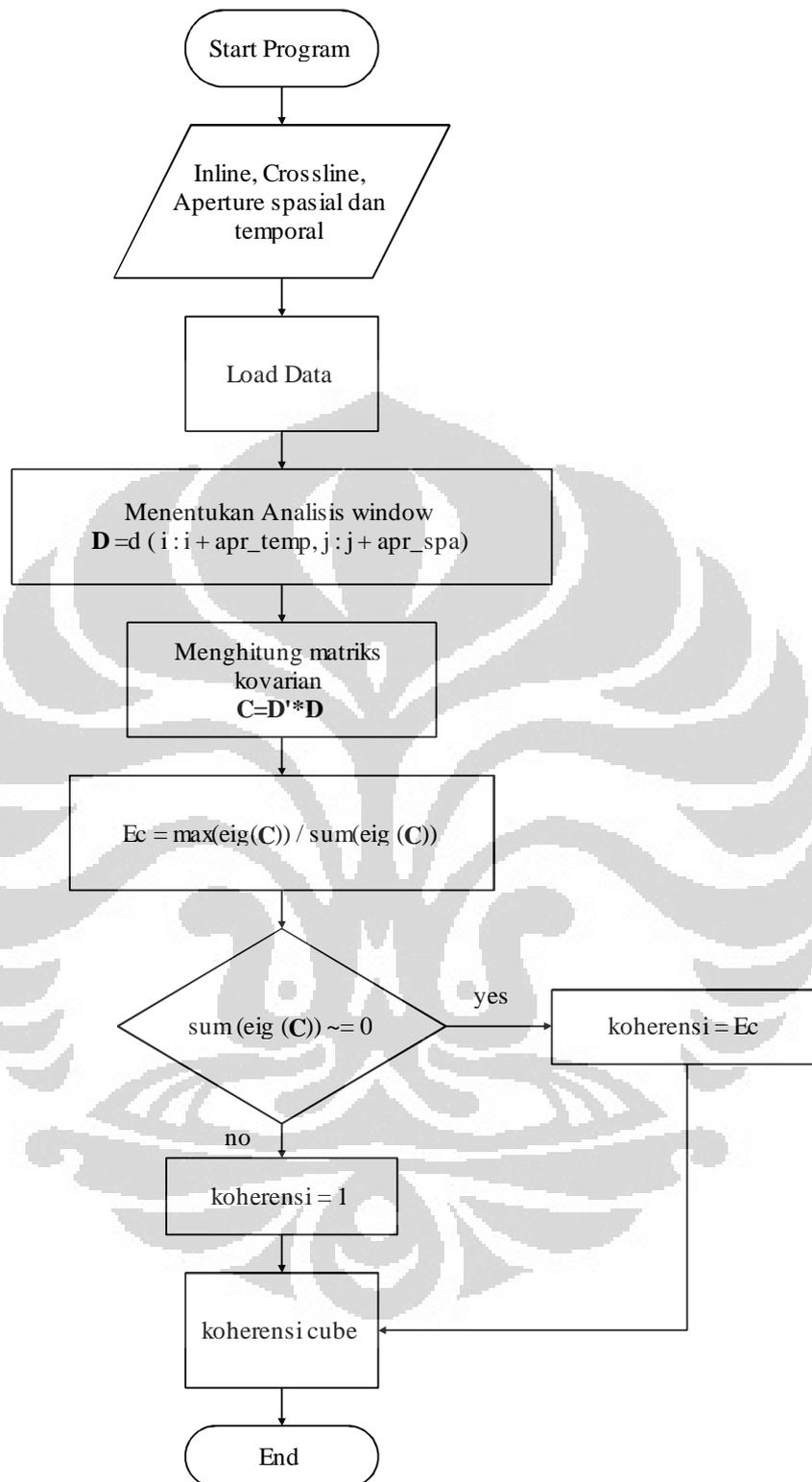
Perhitungan *semblance* dihitung berdasarkan matriks  $\mathbf{D}$  seperti persamaan:

$$S_c = \frac{\sum_{n=1}^N \left[ \sum_{j=1}^J d_{nj} \right]^2}{J \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J d_{nj}^2}. \quad (3.6)$$

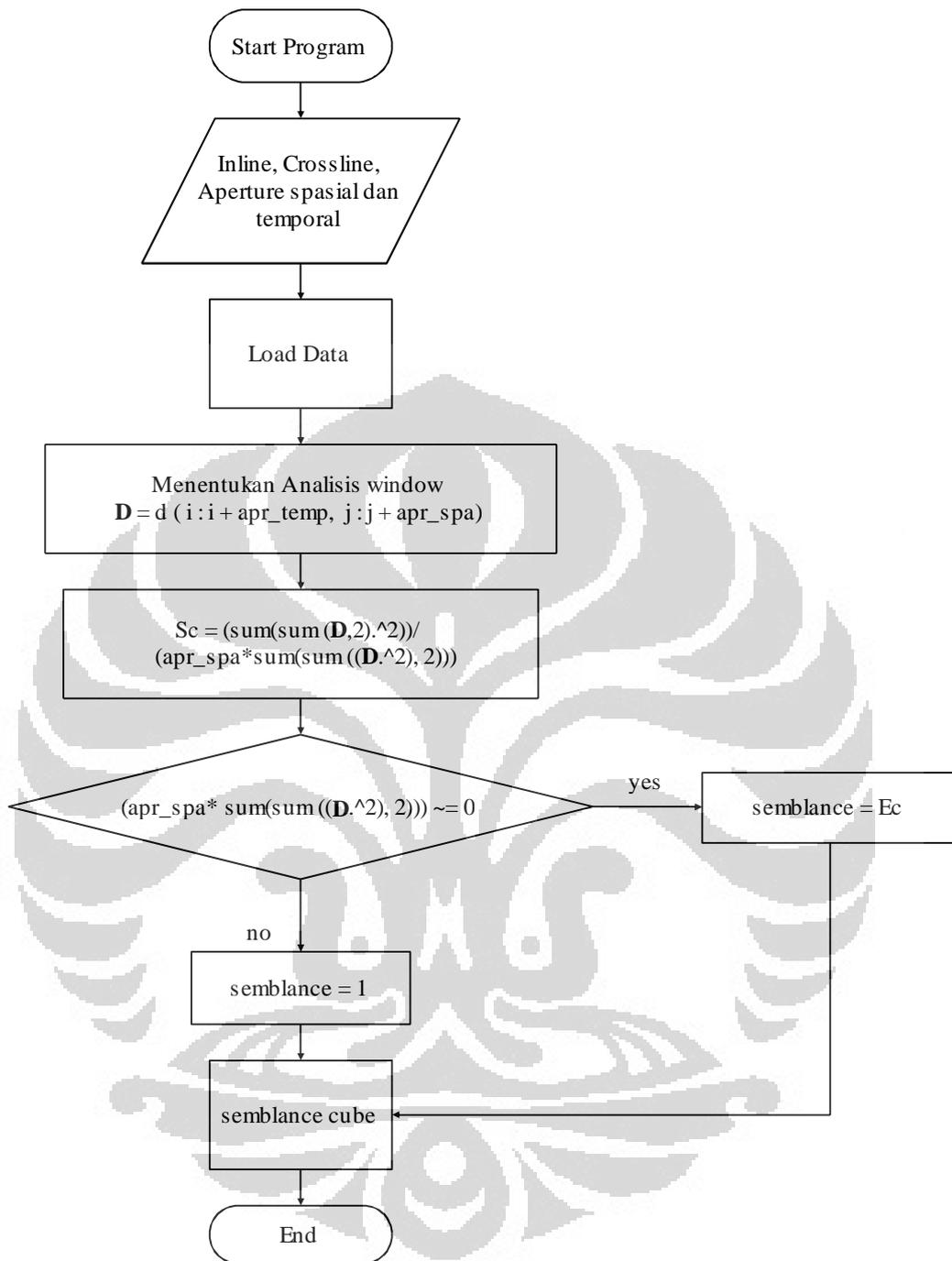
Jika penyebut pada persamaan (3.6) mendekati nol maka estimasi koherensi *semblance* sama dengan koherensi. Jika tidak, maka nilai koherensinya sama dengan satu. Hasil perhitungan ini kemudian dimasukkan dalam matriks koherensi  $S_c$ .



Gambar 3.5 Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 3.6 Algoritma program koherensi struktur-eigen

Gambar 3.7 Algoritma program koherensi *semblance*

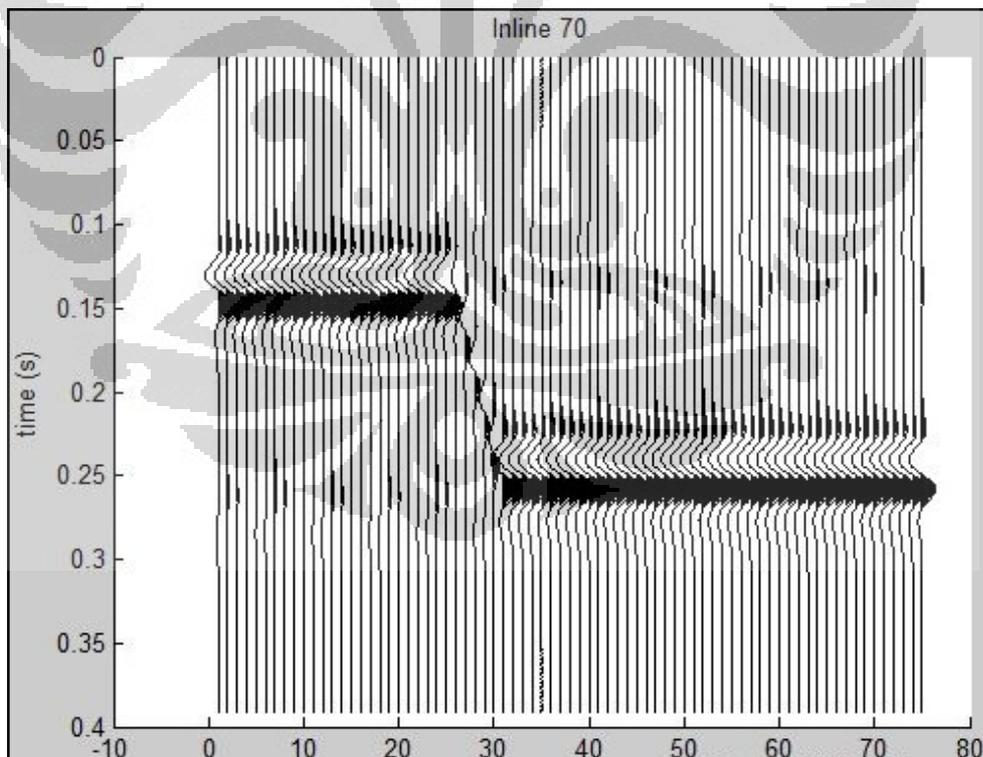
## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

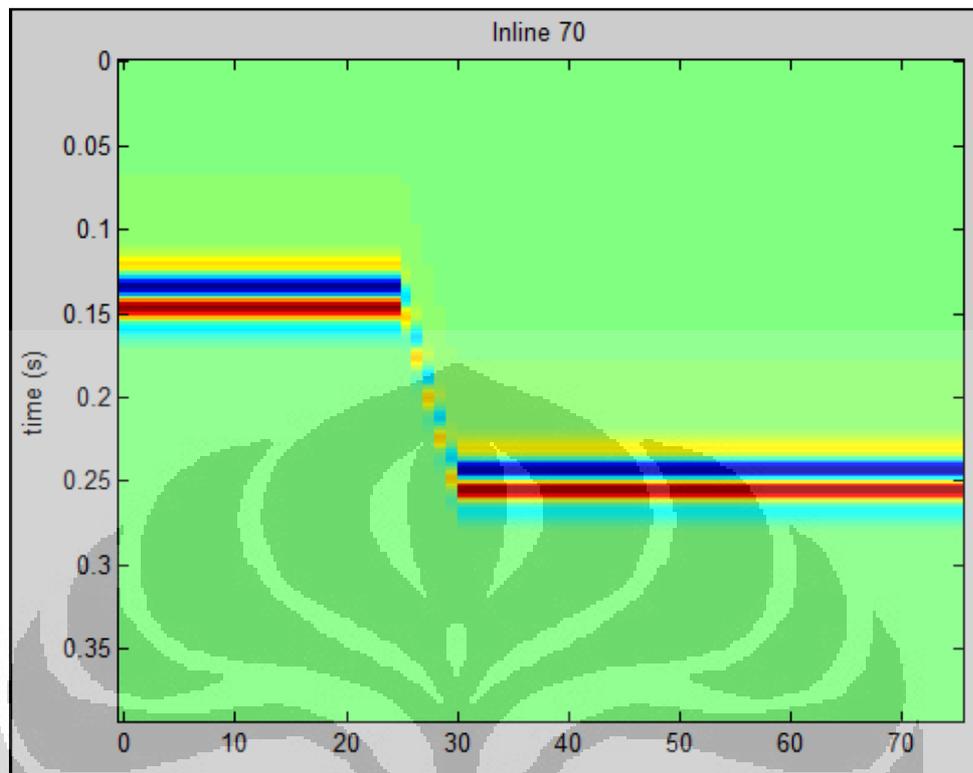
#### 4.1. Hasil dan Pembahasan Pengolahan Data Sintetik

Dari pengolahan *Coherence Cube* pada data sintetik tiga dimensi maka akan dihasilkan kubus tiga dimensi yang menampilkan nilai koherensi dari data tersebut. Tampilan data sintetik ini dapat dijadikan pedoman hasil pada pengolahan data asli.

Pewarnaan yang digunakan adalah *grayscale*, dimana nilai koherensi tertinggi diberi warna putih dan nilai koherensi terendah berwarna hitam. Nilai koherensi meningkat dengan saturasi warna hitam ke putih.



Gambar 4.1 Seismogram Sintetik pada Model Patahan Inline 70



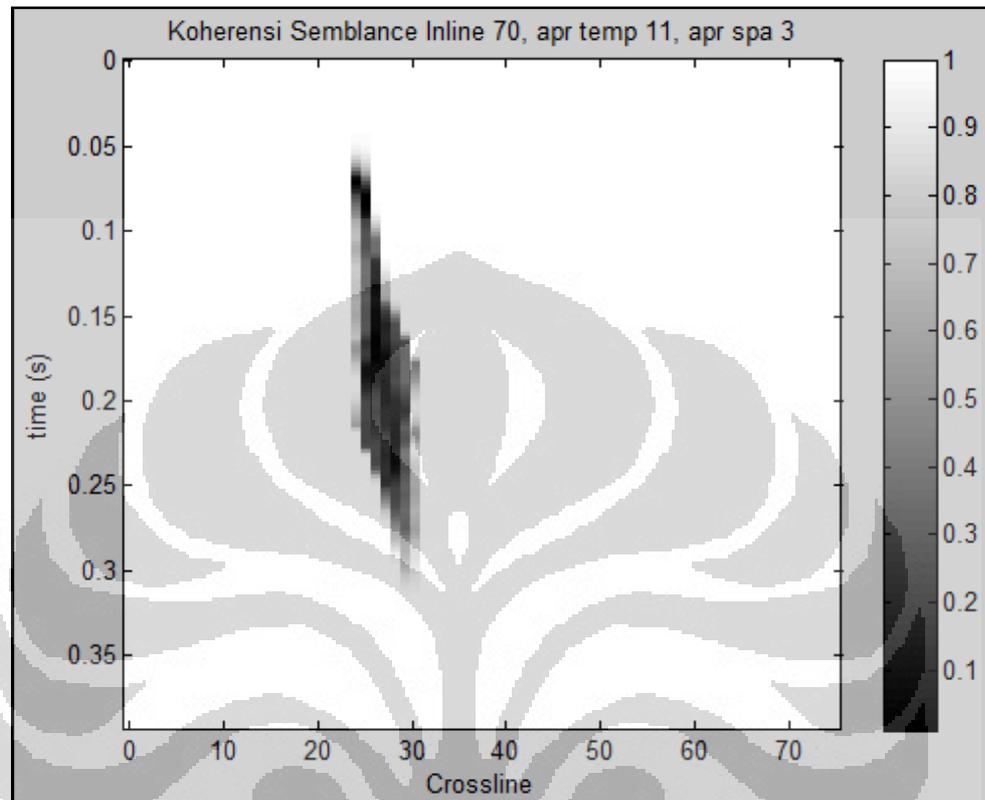
Gambar 4.2 Seismogram sintetik dengan menggunakan imagesc pada inline 70

#### 4.1.1 Metode Koherensi *Seimblance*

Gambar 4.3, memperlihatkan adanya pola struktur berupa sesar. Hasil ini merupakan nilai koherensi dari model sintetik pada gambar 4.1. Ketika tidak ada lagi kemenerusan trace seismik secara lateral maka akan terjadi perbedaan antara nilai trace tetangganya. Dengan melakukan perhitungan koherensi semblance maka nilai koherensi yang antara setiap trace semakin tinggi jika ada kemiripan antara setiap trace dalam time yang sama, jika tidak tidak ada kemiripan antara trace dalam time yang sama maka nilai koherensinya akan semakin kecil.

Pada gambar 4.3, terlihat adanya pola struktur patahan dari hasil koherensi dengan menggunakan model sintetik. Pola stuktur ini jika kita perhatikan akan sesuai dengan stuktur pada model sintetik. Pola ini menandakan tidak adanya kemenerusan trace seismik sehingga perhitungan yang dilakukan akan

memberikan respon bahwa koherensi datanya rendah. Dari adanya data-data dengan nilai koherensi yang rendah maka akan terbentuk pola struktur.



Gambar 4.3 Hasil Koherensi Metode *Semblance*

#### 4.1.2 Metode Struktur-*Eigen*

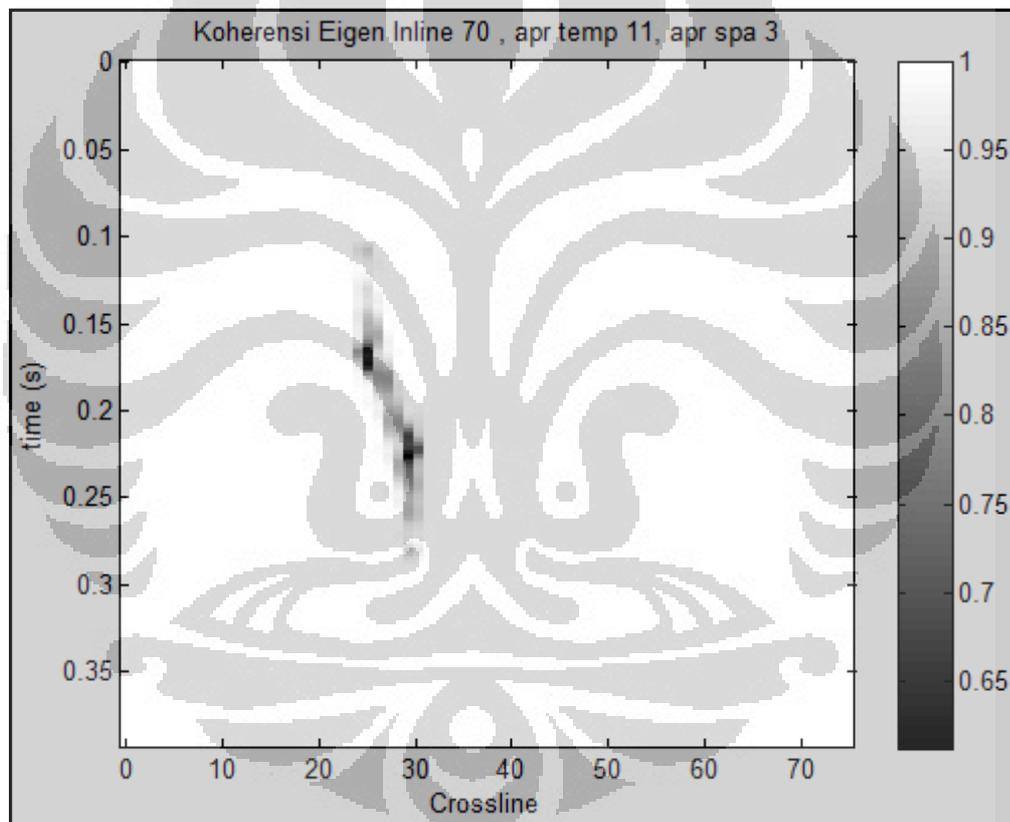
Dengan menggunakan data sintetik pada inline yang sama, kemudian dilakukan perhitungan koherensi metode *struktur-eigen* maka didapatkan jendela koherensi *struktur-eigen* (gambar 4.4).

Jika dibandingkan hasil koherensi *semblance* dan koherensi *struktur-eigen* akan terlihat jelas perbedaan antara keduanya. Pada koherensi *semblance* terlihat lebih jelas bentuk strukturnya namun *noise* yang dihasilkan juga terlihat cukup jelas, sehingga agak menyulitkan kita untuk menentukan struktur sesar yang ada.

Pada koherensi *struktur-eigen* pola yang dihasilkan kurang kontras sehingga agak sulit untuk menentukan strukturnya namun *noise* yang dihasilkan dari perhitungan

tidak terlalu terlihat. Kurang kontrasnya hasil yang ditampilkan pada koherensi struktur-*eigen* dikarenakan terlalu sedikitnya komponen pada data sintetik yang memiliki sinyal pada bidang sesar (gambar 4.2) sehingga seperti kurang terlihat kemenerusan koherensi data pada bidang sesar.

Dari kedua metode diatas, didapatkan bahwa kedua metode tersebut cukup baik dalam menentukan struktur sesar yang terjadi. Hal ini membuktikan bahwa metode tersebut seharusnya bisa diterapkan pada data real dalam menentukan struktur sesar.



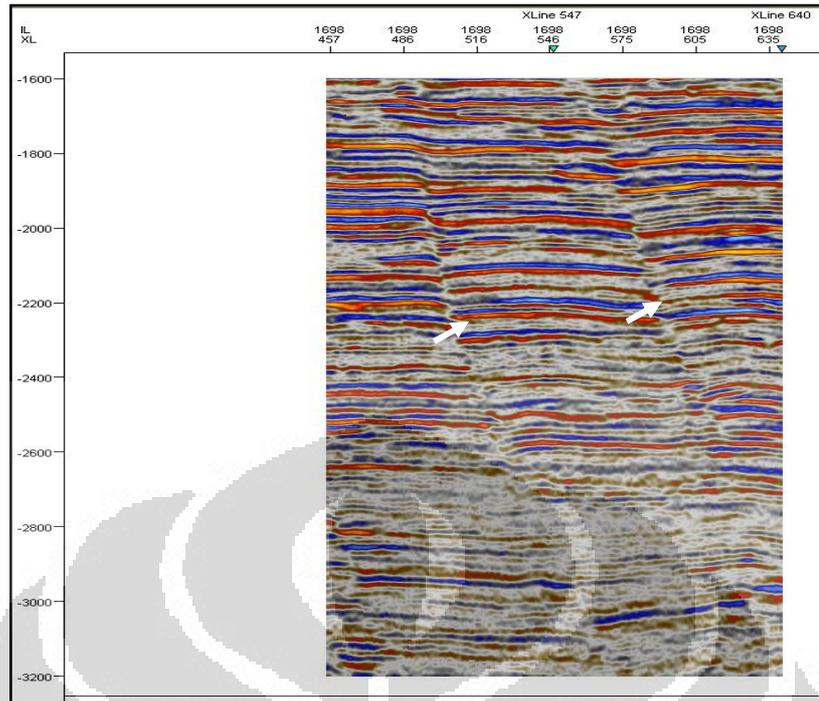
Gambar 4.4 Hasil Koherensi Metode Struktur-*Eigen*

## 4.2. Hasil dan Pembahasan Pengolahan Data Real

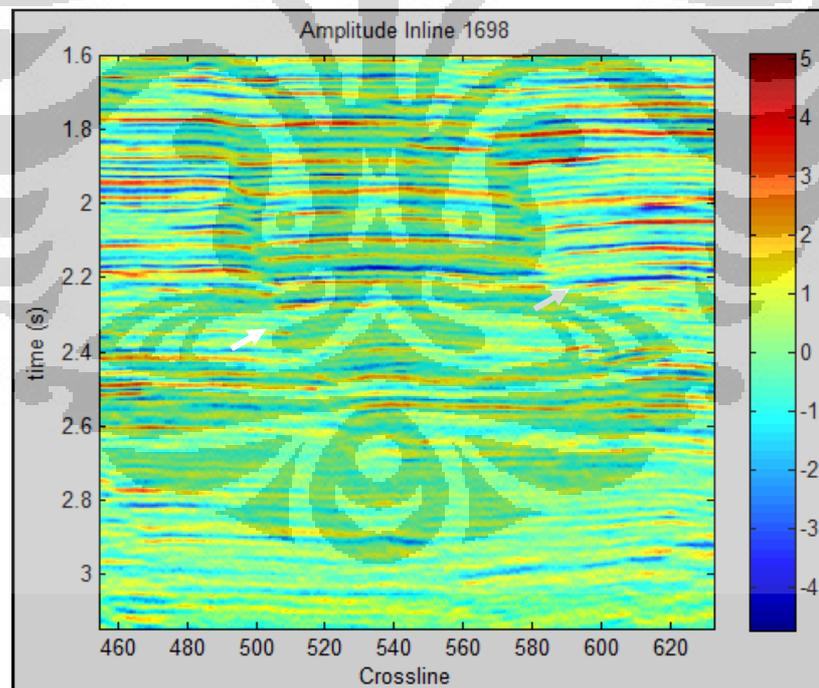
Setelah dilakukan percobaan pada data sintetik untuk mengetahui kemampuan dari metode koherensi *sembalnce* dan koherensi struktur-*eigen*, selanjutnya dilakukan penerapan metode tersebut pada data real.

Pada gambar 4.5 memperlihatkan data real seiamik *interest zone* pada inline 1698 dengan menggunakan software Petrel. Penggunaan software ini semata-mata hanya untuk membandingkan perhitungan yang akan dilakukan dengan menggunakan software Petrel dan MATLAB. Pada gambar 4.6 merupakan tampilan *interest zone* dengan menggunakan software MATLAB dengan penampilan gambar *imagesc*. Pada gambar 4.7 merupakan penampilan gambar *interest zone* dengan menggunakan software MATLAB dengan penampilan *plotseis*.

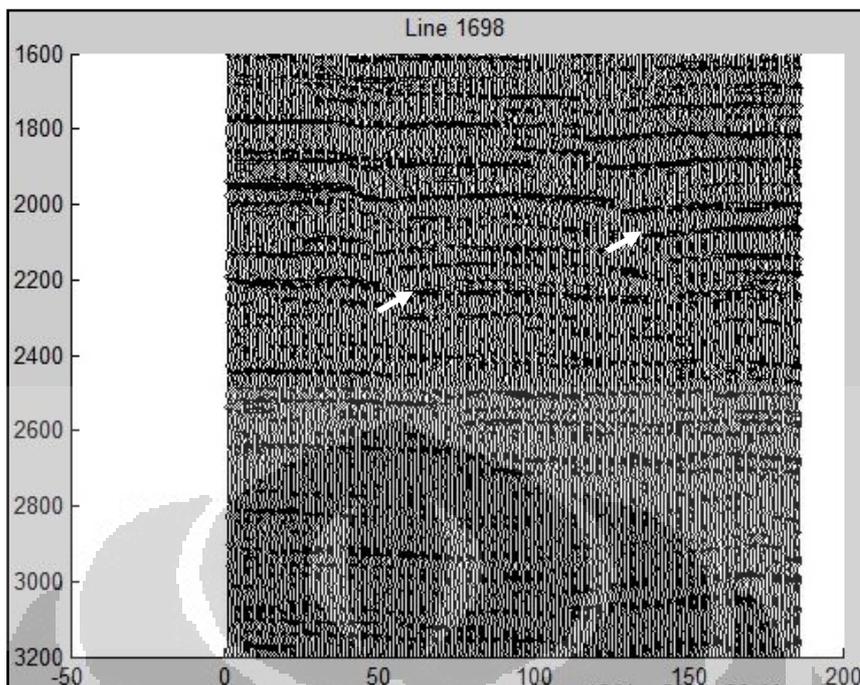
Disini kita bisa melihat adanya struktur sesar secara cukup jelas yang ditunjukkan dengan panah berwarna putih, namun pengelihat yang kita lihat hanya sebatas yang terlihat oleh mata (gambar 4.5, 4.6 dan 4.7). Terkadang untuk data tertentu yang tidak terlalu baik, mata kita tidak bisa membedakan adanya stuktur sesar secara langsung, sehingga diperlukan suatu metoda yang bisa membaca adanya perubahan secara temporal sehingga bisa mengidentifikasi adanya stuktur.



Gambar 4.5 Data real *interest zone* dengan menggunakan software Petrel



Gambar 4.6 Data real *interest zone* dengan menggunakan software MATLAB

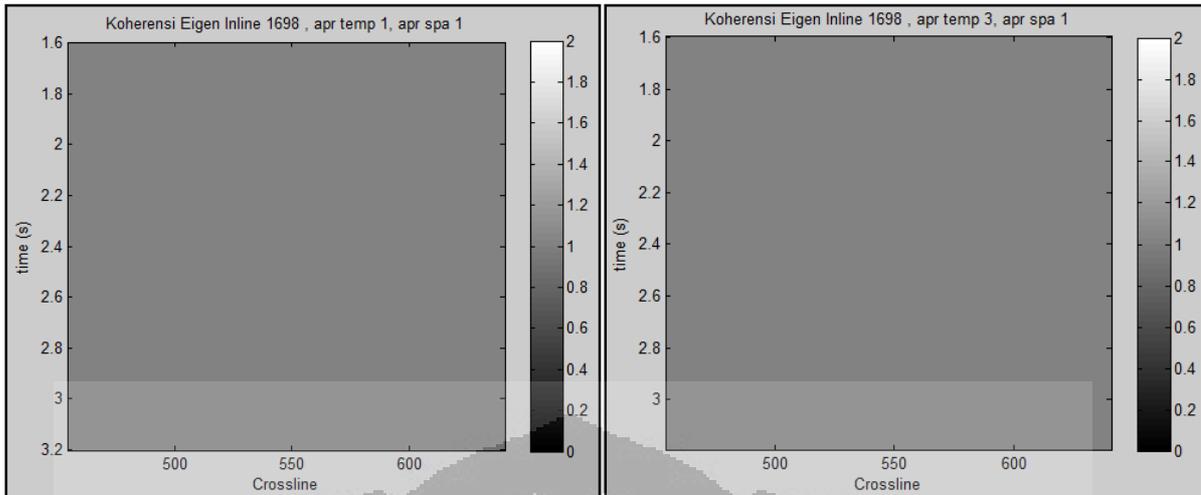


Gambar 4.7 Data real *interest zone* dengan menggunakan software MATLAB tampilan plotseis

#### 4.2.1 Perbandingan Parameter *Cube-Koherensi*

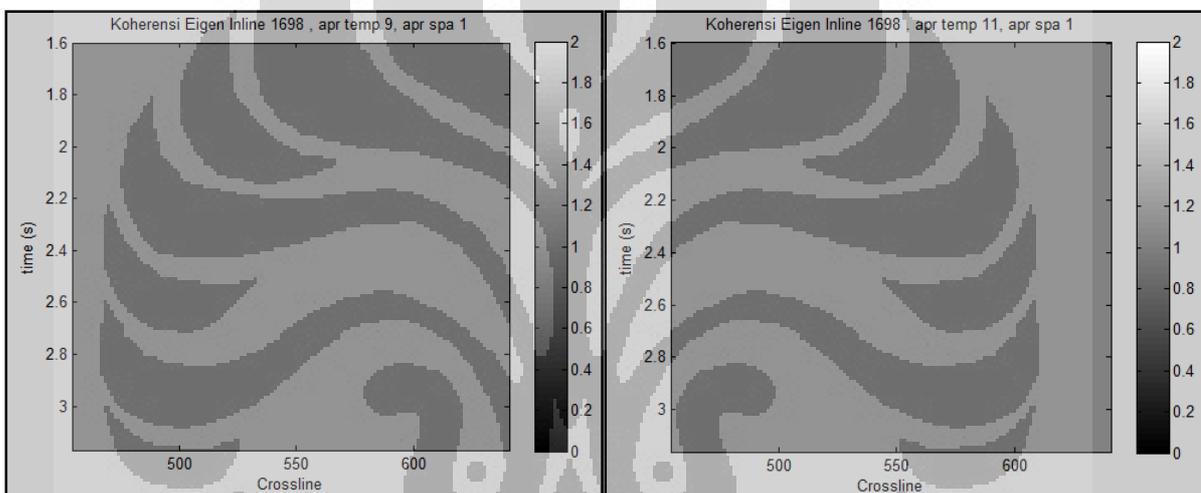
Sebelum membahas perbandingan hasil koherensi, terlebih dahulu kita membahas pengaruh parameter temporal dan parameter spasial. Kedua parameter ini dapat mempengaruhi perhitungan dari koherensi yang dilakukan. Tujuan pemilihan parameter ini adalah untuk mendapatkan tampilan yang mudah untuk di analisa dan memahami pengaruh setiap parameter terhadap hasil koherensi.

Penggunaan setingan warna yang dipilih sama seperti pada pengolahan data sintetik yaitu *grayscale*. Legenda yang ditampilkan merepresentasikan nilai koherensinya, dimana nilai koherensi tinggi berwarna putih dan koherensi rendah berwarna hitam dengan gradasi perubahan warna hitam ke putih untuk nilai diantaranya. Berikut ditampilkan pengaruh dari setiap parameter



a)

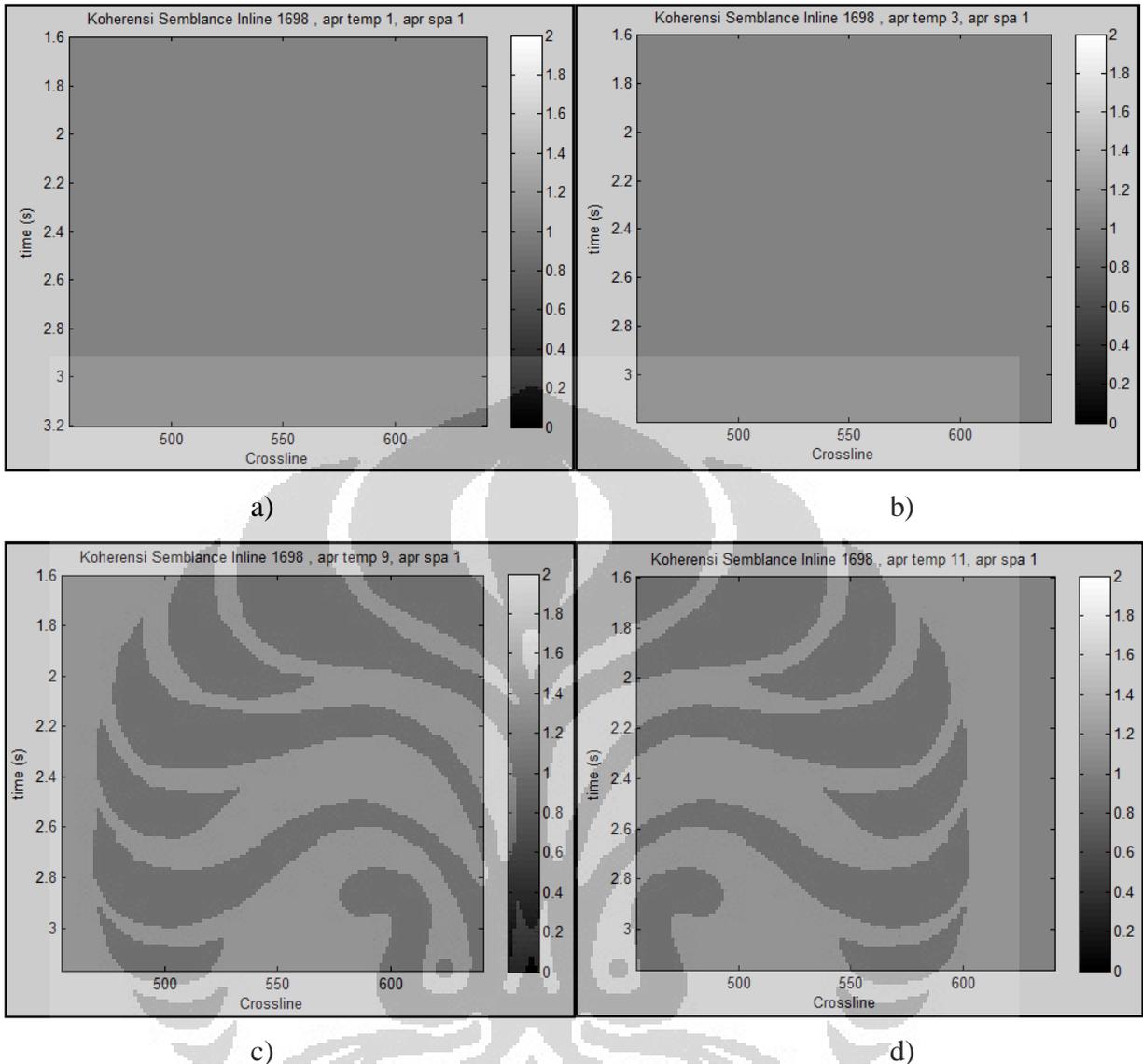
b)



c)

d)

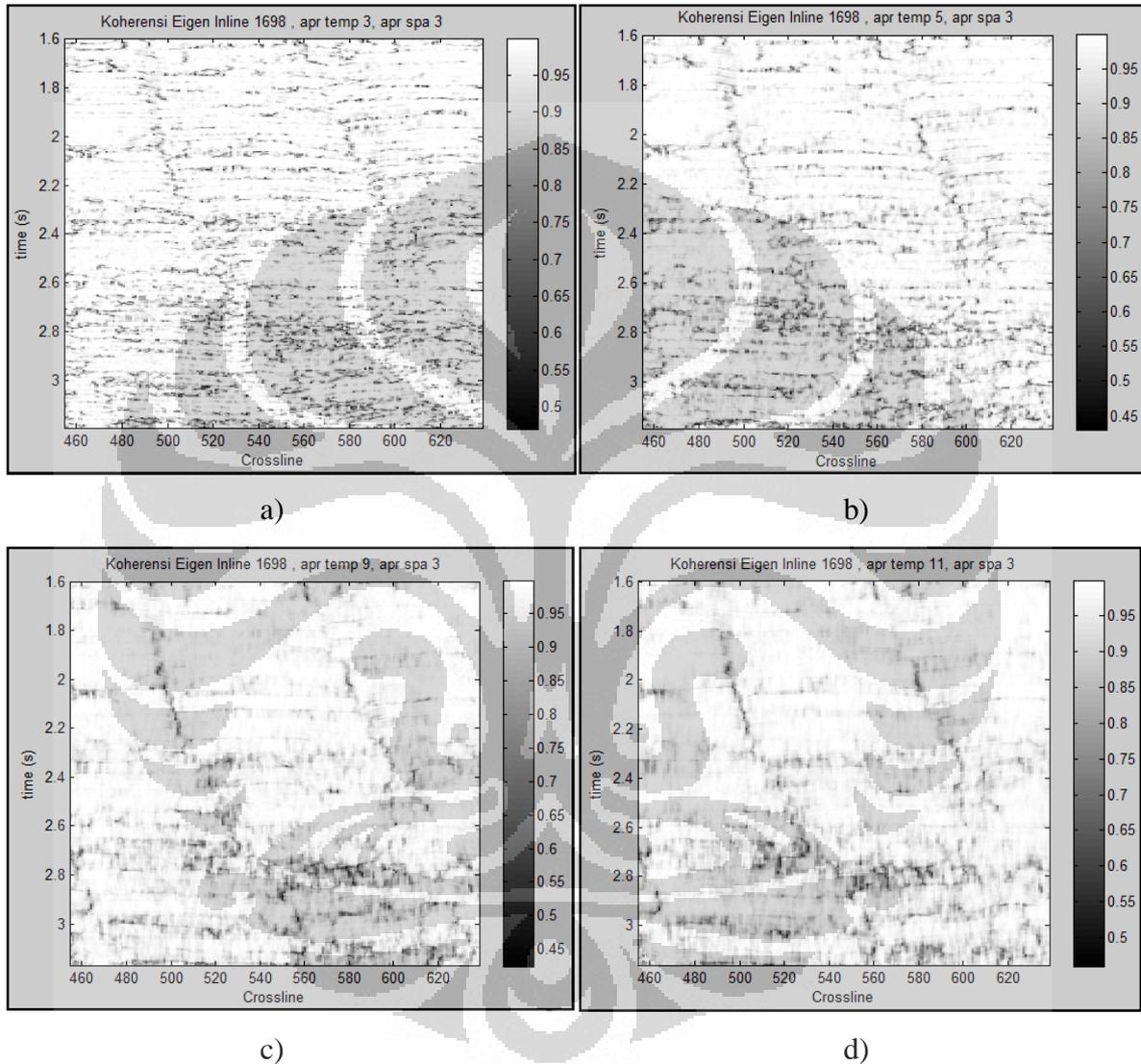
Gambar 4.8 Koherensi *Cube Semblance* pada inline 1698 dengan aperture spasial =1 dan a) *Aperture* temporal =1, b) *Aperture* temporal =3, c) *Aperture* temporal =5 dan d) *Aperture* temporal =9



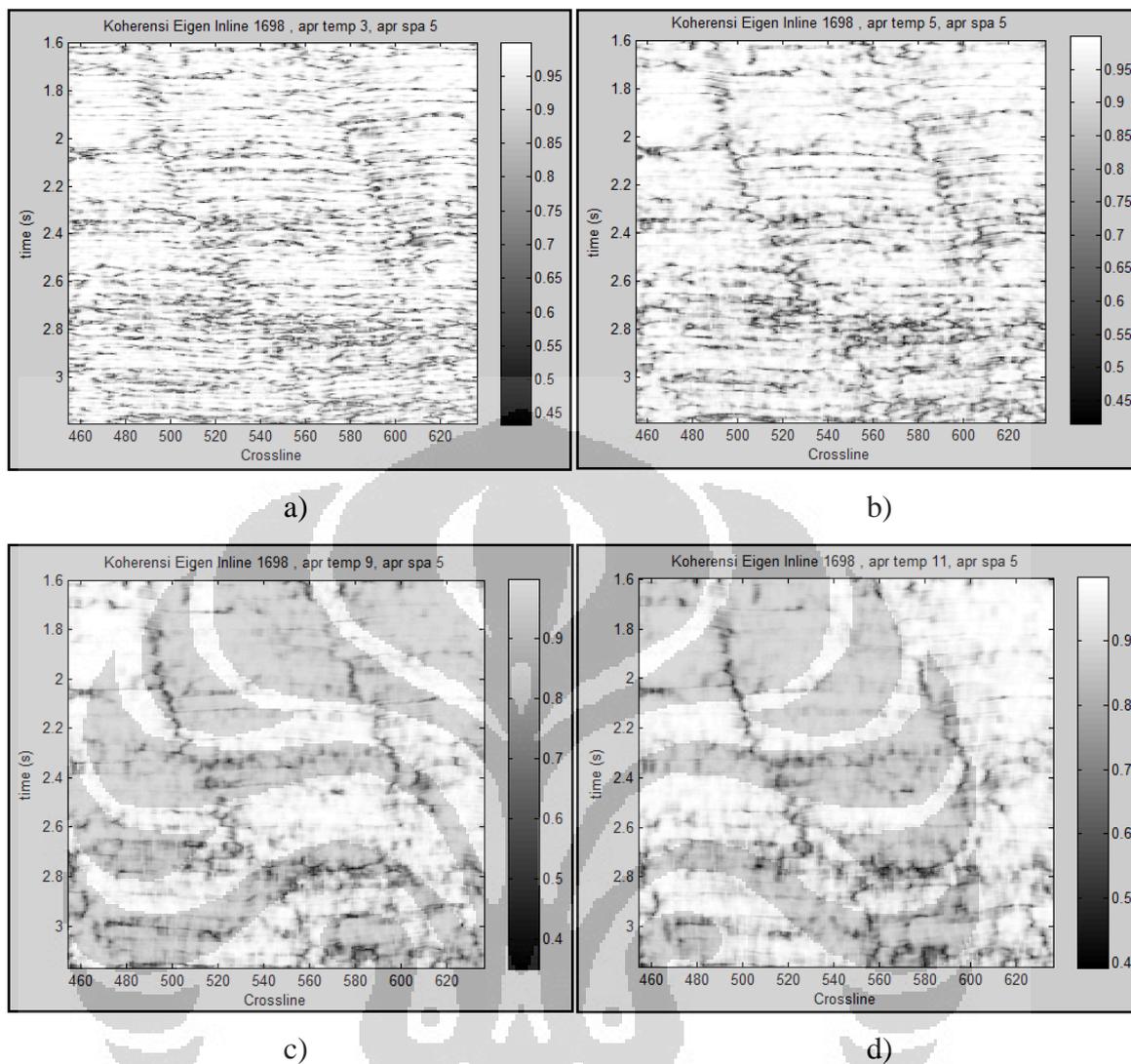
Gambar 4.9 Koherensi *Cube* Struktur-*Eigen* pada inline 1698 dengan aperture spasial =1 dan a) *Aperture* temporal =1, b) *Aperture* temporal =3, c) *Aperture* temporal =5 dan d) *Aperture* temporal =9

Pada gambar 4.8 tentang Koherensi *Cube* menggunakan metode *semblance* dan gambar 4.9 tentang Koherensi *Cube* menggunakan metode struktur-*Eigen* di tampilkan parameter perhitungan koherensi dengan *aperture* spasial 1 dan *aperture* temporal yang diubah-ubah. Dari gambar tersebut, gambar tersebut tidak menampilkan informasi apapun kecuali hanya satu warna dominan dengan nilai satu. Hal ini dikarenakan *aperture* spasial yang dipilih adalah satu. Jika kita memilih *aperture* spasial sebesar satu maka dalam perhitungan matriks **D** hanya akan ada satu komponen baris. Secara fisis kita hanya memilih satu trace dalam

perhitungan. Karena tidak ada trace lain yang terlibat dalam perhitungan maka algoritma tidak bisa membandingkan informasi dari tersebut dengan informasi dari trace tetangganya. Sehingga algoritma hanya menghitung nilai dari trace tersebut, maka ditampilkanlah koherensi *cube* dengan nilai satu.



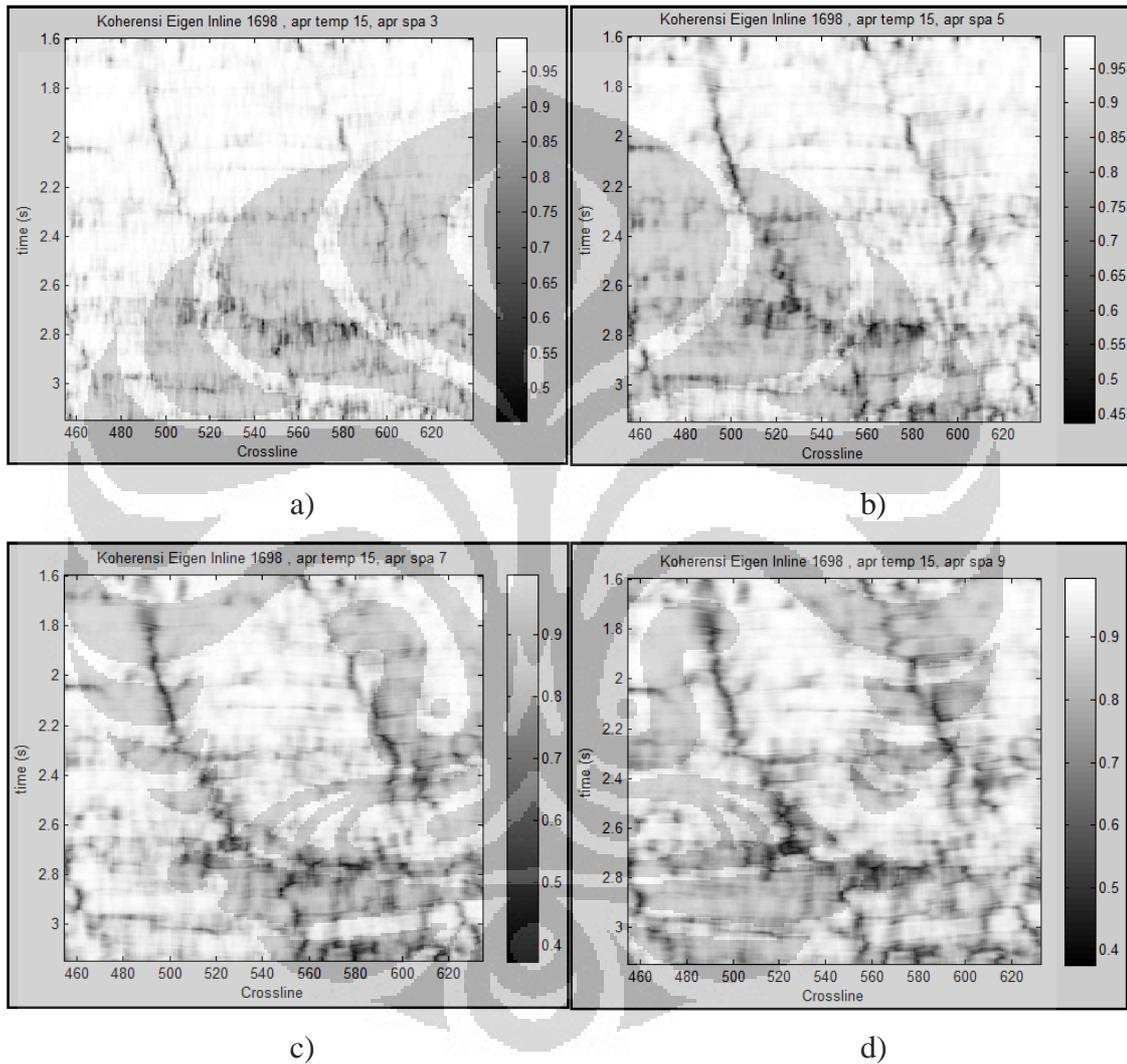
Gambar 4.10 Koherensi *Cube* Struktur-*Eigen* pada inline 1698 dengan aperture spasial =3 dan a) *Aperture* temporal =3, b) *Aperture* temporal =5, c) *Aperture* temporal =9 dan d) *Aperture* temporal =11



Gambar 4.11 Koherensi *Cube Struktur-Eigen* pada inline 1698 dengan aperture spasial =5 dan a) *Aperture* temporal =3, b) *Aperture* temporal =5, c) *Aperture* temporal =9 dan d) *Aperture* temporal =11

Batas reflektor ditunjukkan oleh garis-garis hitam yang memanjang sepanjang sumbu x (*crossline*). Pada gambar 4.10 a) dan b) serta gambar 4.11 a) dan b), terlihat jelas kanampakan dari batas-batas reflektor yang mengindikasikan adanya lapisan. Pada gambar 4.10 c) dan d) serta gambar 4.11 c) dan d), batas reflektor susah mulai tidak terlihat, tampilan inilah yang lebih kita utamakan karena kita akan mengidentifikasi adanya sesar sehingga kita harus menghilangkan anomali yang bukan sesar.

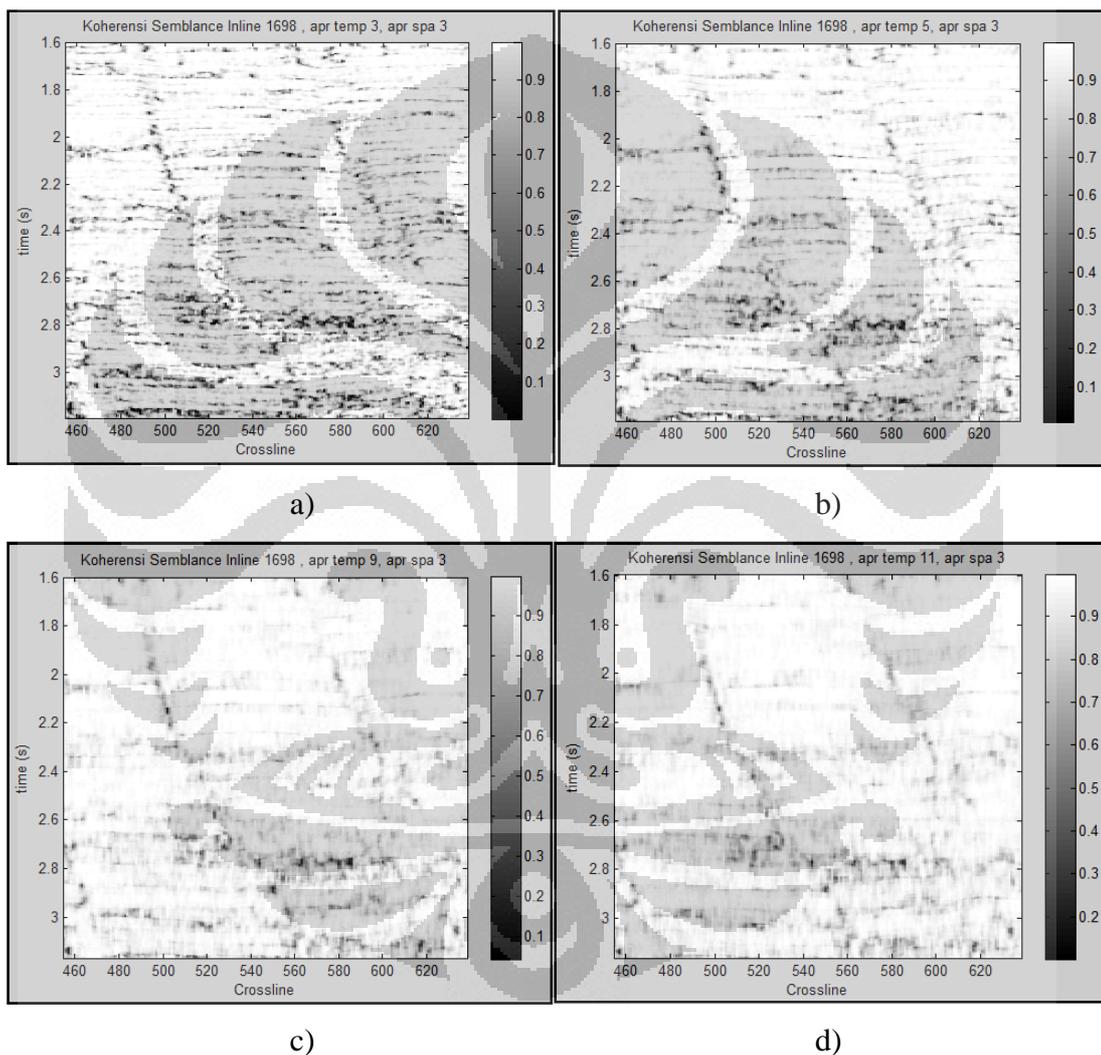
Adanya sesar ditunjukkan dengan garis hitam yang memotong batas reflektor. Pada gambar 4.10 a) serta gambar 4.11 a) , sesar kurang tampak jelas sehingga sulit untuk mengetahui kemenerusan dari sesar. Pada gambar 4.10 b), c) dan d) serta gambar 4.11 b), c) dan d) sesar tampak dengan cukup jelas sehingga mudah untuk dilakukan interpretasi kemenerusan dan arah sesar.



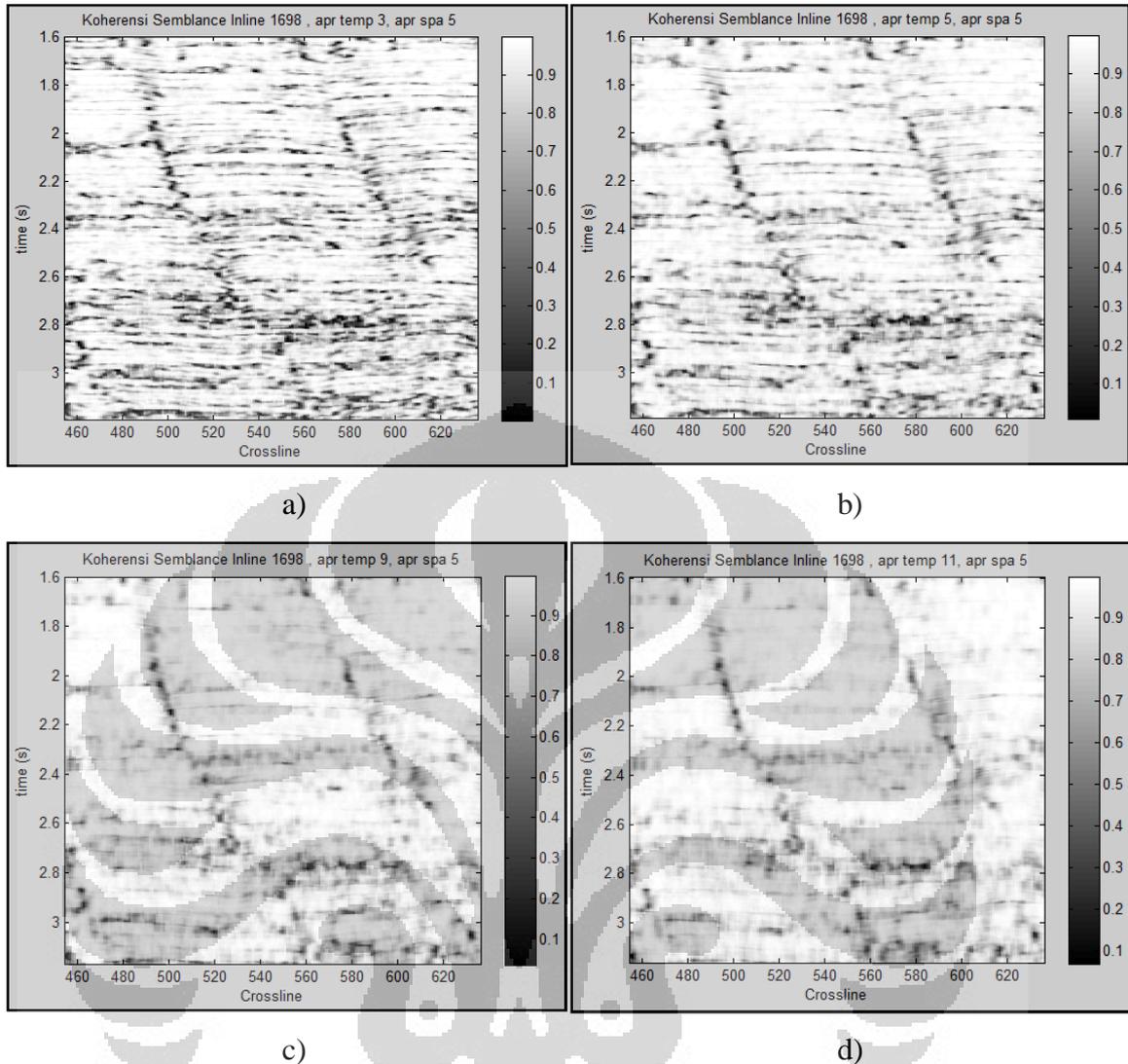
Gambar 4.12 Koherensi *Cube Struktur-Eigen* pada inline 1698 dengan aperture temporal =15 dan  
 a) *Aperture* spasial =3, b) *Aperture* spasial =5, c) *Aperture* spasial =7 dan  
 d) *Aperture* spasial =9

Dari perbandingan variasi penggunaan parameter *aperture* temporal pada metode koherensi struktur-*Eigen*, dapat terlihat bahwa semakin besar *aperture* temporal yang digunakan (Gambar 4.10 dan 4.11), semakin memperhalus *event-event*

vertikal seperti sesar dan menghilangkan *event-event* lateral seperti reflektor, selain itu juga meningkatkan kemenerusan dari *event* vertikal. Pada perbandingan variasi penggunaan parameter *aperture* spasial pada metode koherensi struktur-*Eigen*, dapat terlihat semakin besar *aperture* spasial yang digunakan, semakin dapat mempertegas *event-event* sesar yang ada karena semakin banyak trace pembandingan yang digunakan (Gambar 4.12).



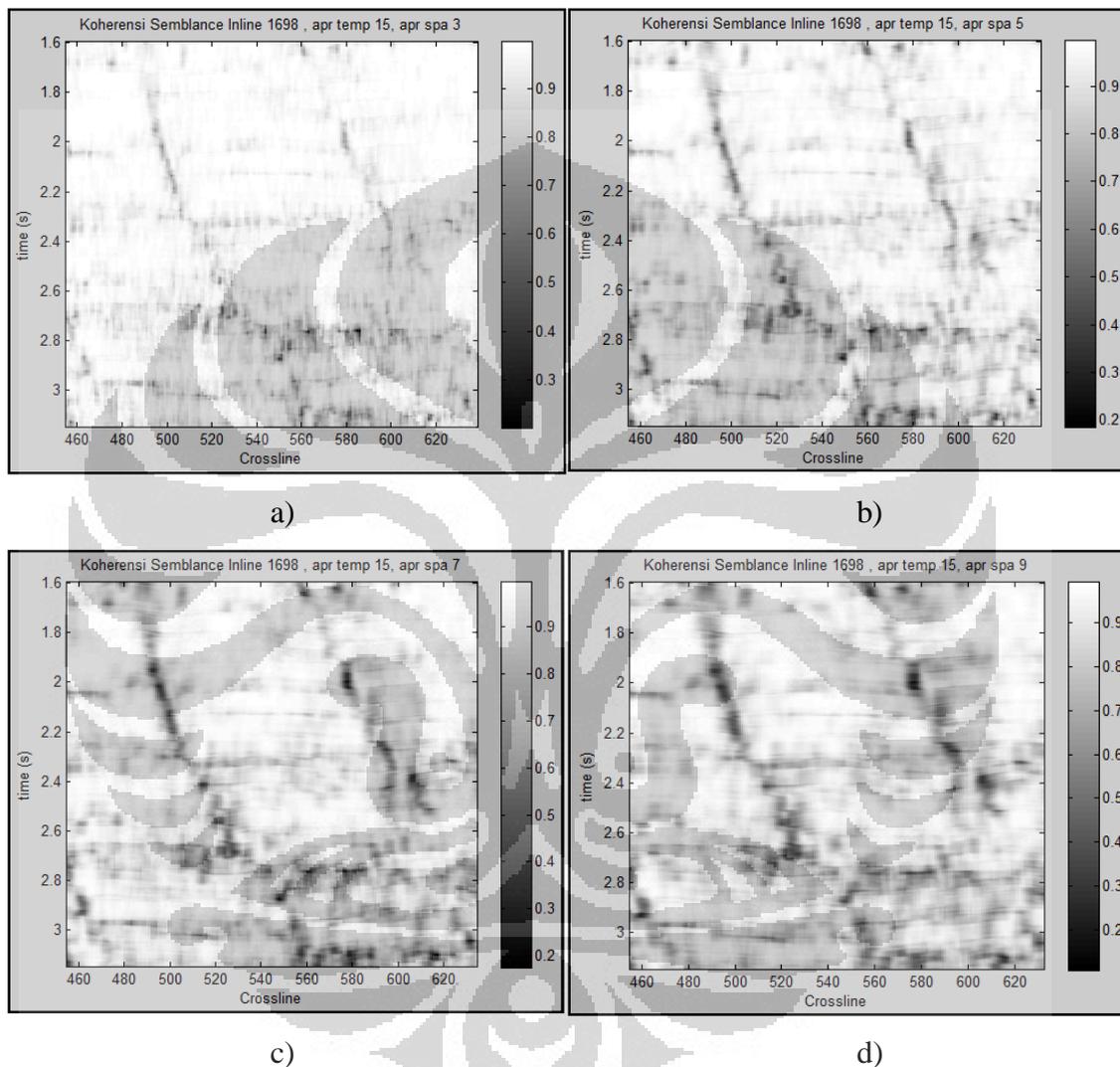
Gambar 4.13 Koherensi *Cube Semblance* pada inline 1698 dengan aperture spasial =3 dan a) *Aperture* temporal =3, b) *Aperture* temporal =5, c) *Aperture* temporal =9 dan d) *Aperture* temporal =11



Gambar 4.14 Koherensi *Cube Semblance* pada inline 1698 dengan aperture spasial =5 dan a) *Aperture* temporal =3, b) *Aperture* temporal =5, c) *Aperture* temporal =9 dan d) *Aperture* temporal =11

Pada perbandingan aperture spasial dan temporal dengan menggunakan metode *semblance*, diketahui semakin besar *aperture* temporal yang digunakan maka akan semakin memperhalus *event-event* vertikal dan menghilangkan *event-event* lateral sama seperti pada metode struktur-*eigen* (Gambar 4.13 dan 4.14), namun semakin besar aperture temporalnya maka nilai koherensinya semakin turun. Hal ini dikarenakan algoritma yang digunakan metode *semblance* (3.6). Pada persamaan tersebut, semakin besar komponen baris ( $n$ ) maka akan memperbesar nilai pembagiannya, sehingga nilai *semblance* semakin berkurang.

Pada perbandingan variasi penggunaan parameter *aperture* spasial pada metode koherensi *semblance*, dapat terlihat semakin besar *aperture* spasial yang digunakan, semakin dapat mempertegas *event-event* sesar yang ada karena semakin banyak trace pembanding yang digunakan (Gambar 4.15).

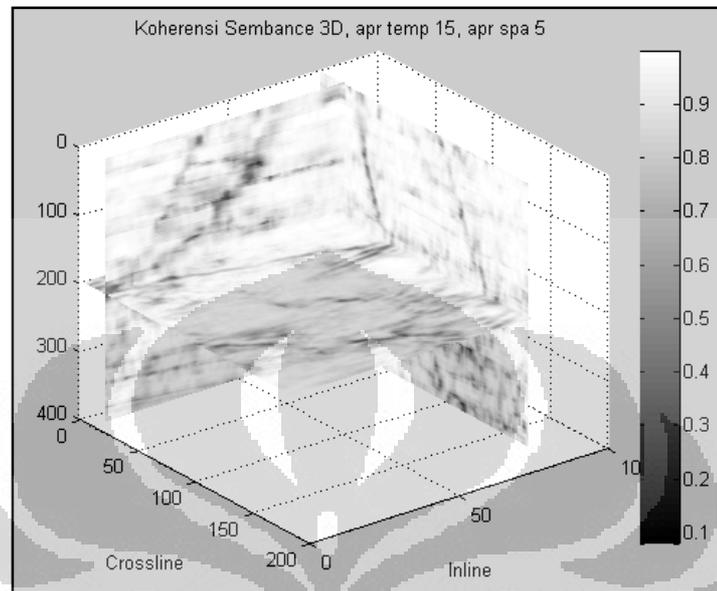


Gambar 4.15 Koherensi *Cube Semblance* pada inline 1698 dengan aperture temporal =15 dan a) *Aperture* spasial =3, b) *Aperture* spasial =5, c) *Aperture* spasial =7 dan d) *Aperture* spasial =9

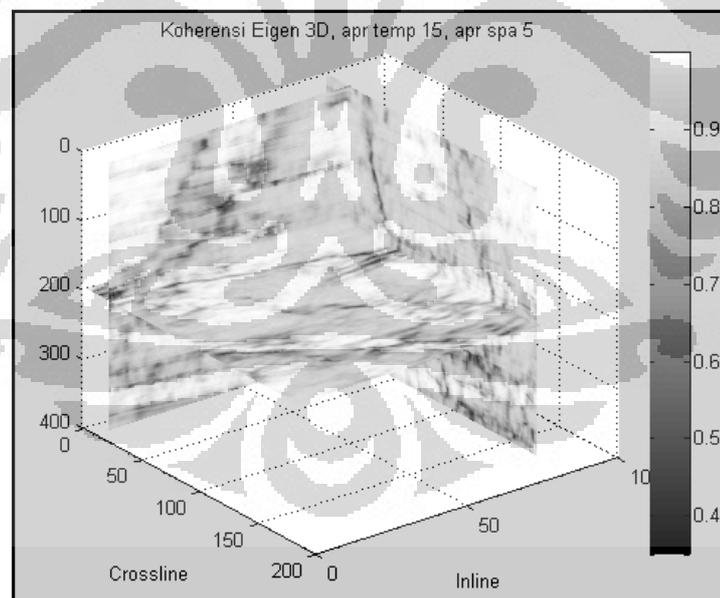
#### 4.2.2 Perbandingan Koherensi Metode *Semblance* dan Struktur-*Eigen*

Setelah diketahui pengaruh parameter *aperture* spasial dan temporal pada setiap metode, selanjutnya menentukan parameter yang terbaik untuk diterapkan pada

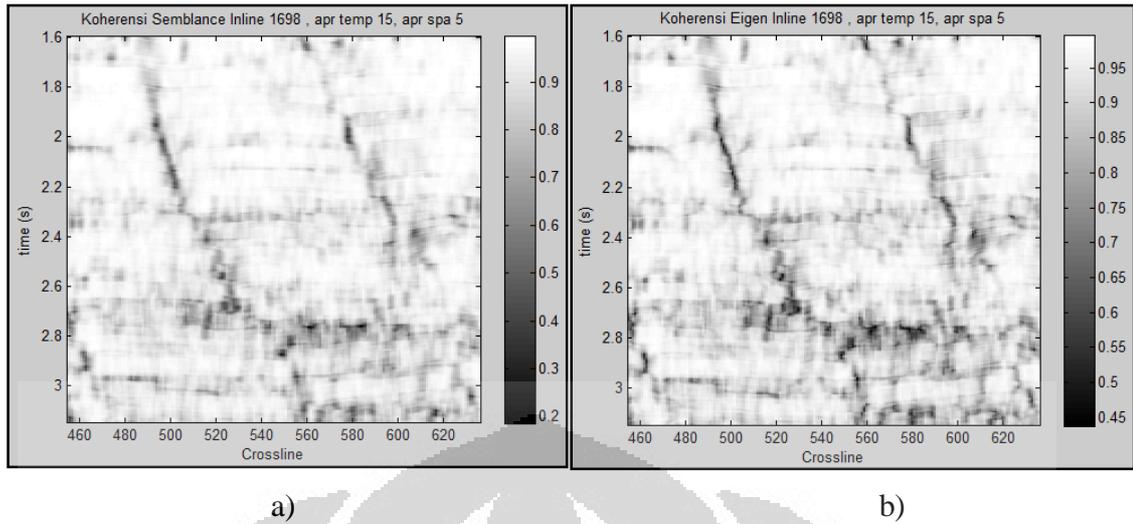
data ini. Parameter yang terbaik untuk diterapkan pada data ini adalah *aperture* temporal 15 dan *aperture* spasial 5.



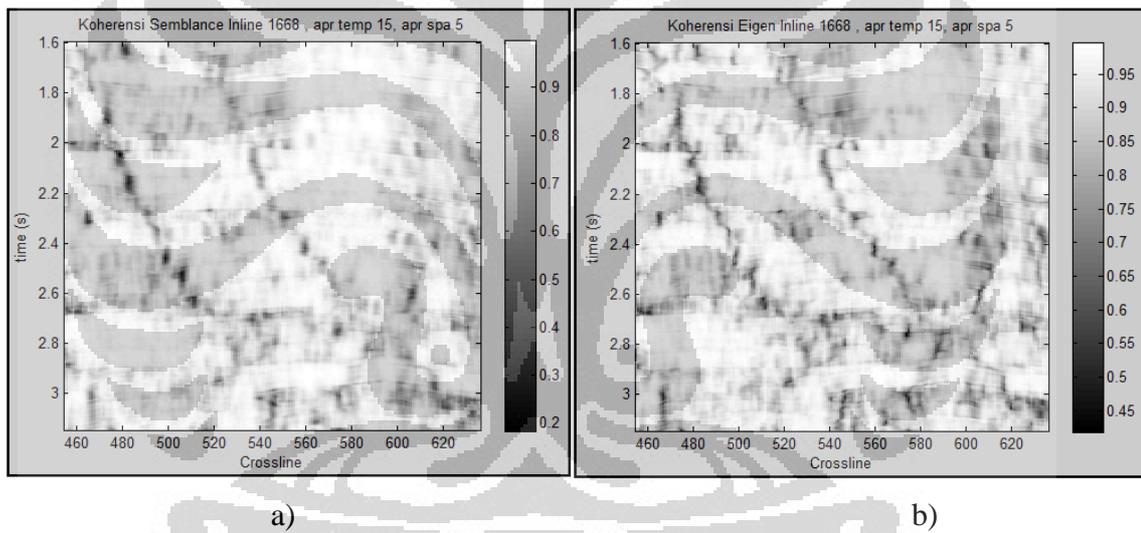
Gambar 4.16 Seismik 3D metode *Semblance slice* pada *inline* 1698, *crossline* 474 dan *time* 200



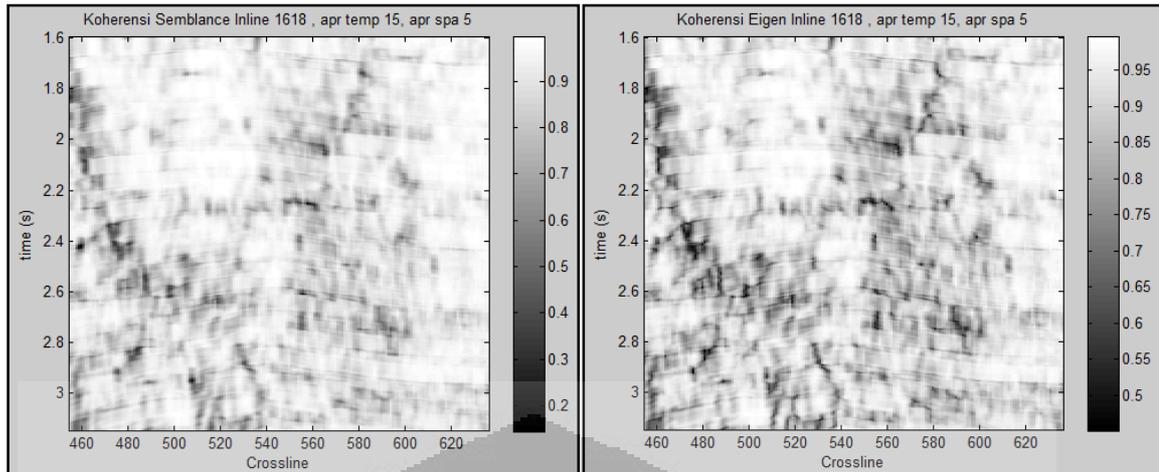
Gambar 4.17 Seismik 3D metode Struktur-*Eigen slice* pada *inline* 1698, *crossline* 474 dan *time* 200



Gambar 4.18 Tampilan koherensi pada *inline* 1698 pada a) Metode *Semblance* b) Metode *Struktur-Eigen*



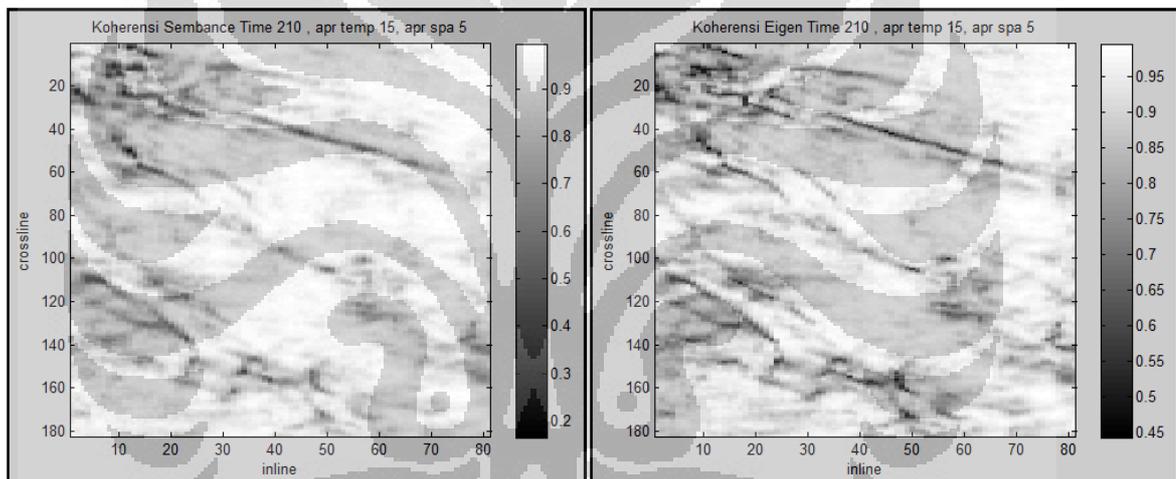
Gambar 4.19 Tampilan koherensi pada *inline* 1668 pada a) Metode *Semblance* b) Metode *Struktur-Eigen*



a)

b)

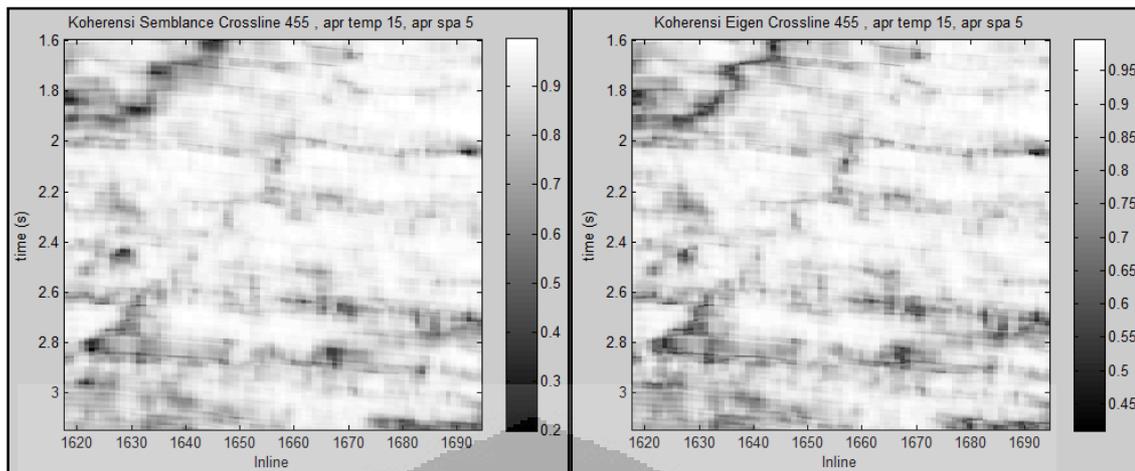
Gambar 4.20 Tampilan koherensi pada *inline* 1618 pada a) Metode *Semblance* b) Metode Struktur-*Eigen*



a)

b)

Gambar 4.21 Tampilan koherensi pada *time* 210 pada a) Metode *Semblance* b) Metode Struktur-*Eigen*



a)

b)

Gambar 4.22 Tampilan koherensi pada *crossline* 210 pada a) Metode *Semblance* b) Metode Struktur-*Eigen*

Gambar 4.16 sampai dengan gambar 4.22 menunjukkan perbandingan metode *semblance* dengan metode struktur-*eigen*. Dari gambar-gambar tersebut dapat kita lihat bahwa metode struktur-*eigen* lebih bagus dalam perhitungan koherensi. Hal ini terlihat dari adanya *event-event* tidak koheren yang mampu diperlihatkan oleh metode struktur-*eigen* dengan resolusi yang lebih baik dari metode *semblance*.

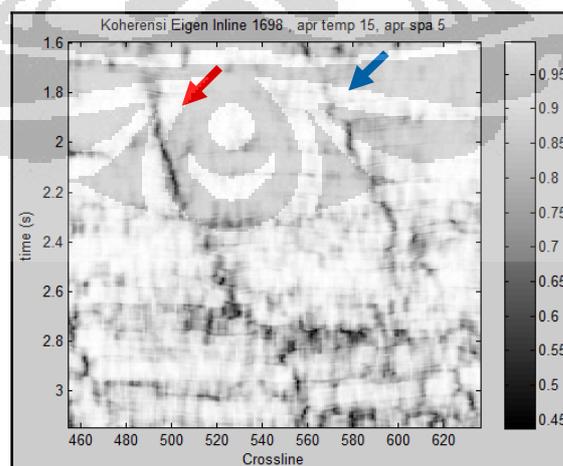
Terjadi pengurangan komponen pada baris dan kolom data hasil pengolahan koherensi. Hal ini dikarenakan iterasi yang dilakukan akan dihentikan ketika jumlah data yang akan diiterasi sudah melebihi komponen matriksnya. Sebelum perhitungan mencapai data terakhir, proses iterasi sudah dihentikan sehingga data yang tidak dimasukkan dalam perhitungan.

#### 4.2.3 Identifikasi Sesar

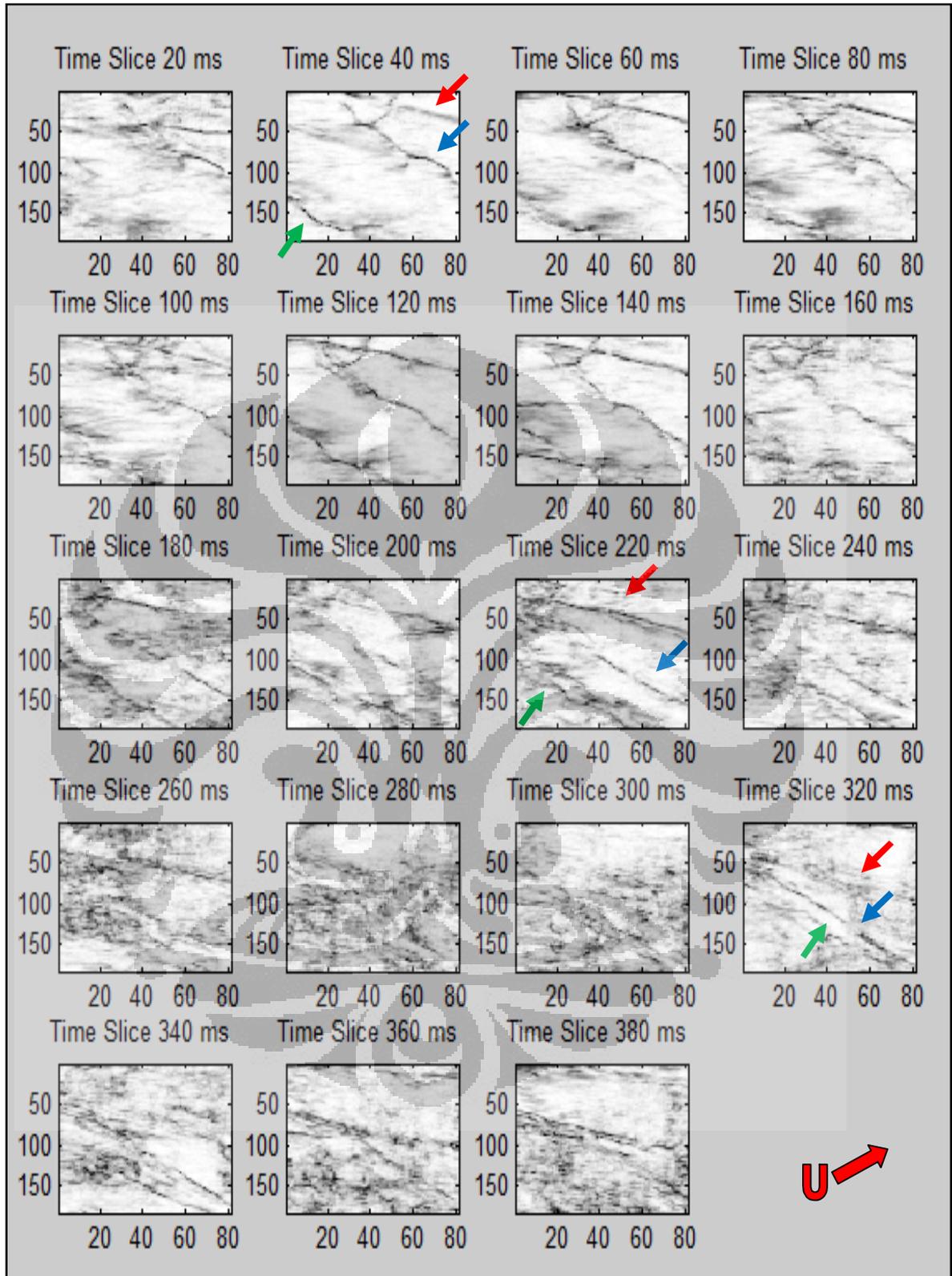
Dalam penentuan sesar ini metode yang digunakan dalam analisis koherensi adalah metode struktur-*eigen*, karena seperti jelaskan sebelumnya bahwa metode ini lebih baik dari metode *semblance*.

Dalam studi ini akan dibahas tiga sesar utama yang ada pada daerah penelitian. Pembahasan ini dimulai dari penentuan sesar pada *inline* 1698 yang dapat dilihat dengan sangat jelas (Gambar 4.23). Pada *inline* ini terdapat dua sesar utama yaitu sesar dengan panah berwarna merah dan berwarna biru dengan *dip* diperkirakan sebesar  $70^\circ$  dan  $65^\circ$ . Pada *time slice* dengan interval waktu 20 ms diketahui kemenerusan dari jurus sesar (Gambar 4.24), sehingga kini kita dapat mengetahui sudut jurusa dari sesar. Pada sesar panah berwarna merah diketahui jurusa dan *dip* dari sesar kurang lebih  $N30^\circ E/70^\circ$  dan sesar berwarna biru kurang lebih  $N80^\circ E/65^\circ$ . Arah sesar ini berorientasi timur laut ke barat dan timur ke barat. Pada arah yang semakin ke arah barat sesar ini menyempit dan berpotongan. Perpotongan ini bisa dilihat mulai dari *time slice* 40 sampai dengan *time slice* 320.

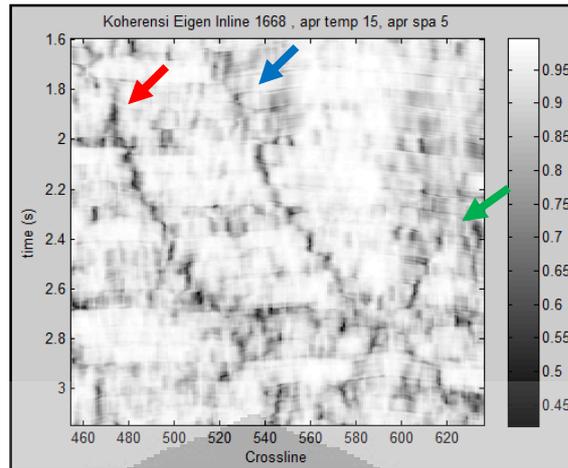
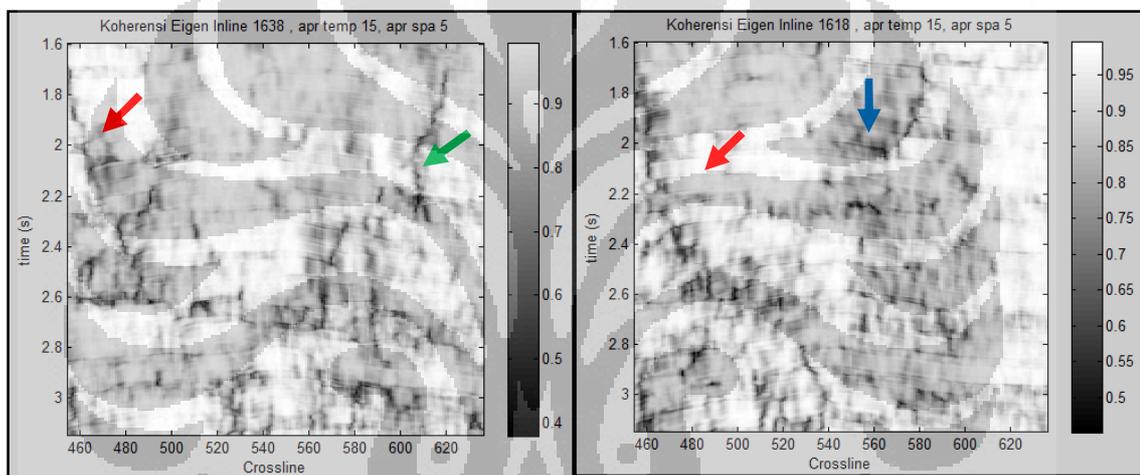
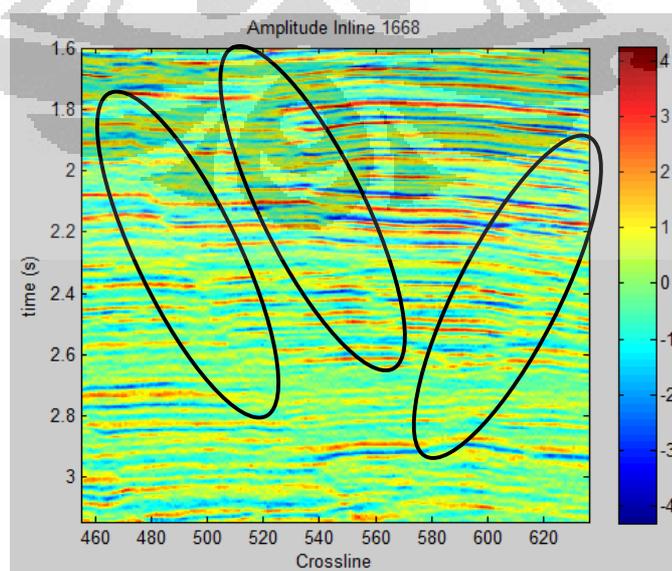
Untuk melihat bentuk sesar yang mulai menyempit, dapat dilihat pada *inline* 1668 (Gambar 4.25). Pada *inline* 1668, ternyata muncul sesar ketiga (panah warna hijau) yang kemiringannya berlawanan dengan kedua sesar sebelumnya. Jurusa dan *dip* sesar diperkirakan sebesar  $N210^\circ E/70^\circ$ . Sesar biru dan merah berpotongan pada *time slice* 300. Semakin ke arah timur, sesar merah dan biru menyatu dan hanya tinggal sesar merah dan hijau (Gambar 4.26 a dan b). Dari hasil yang ada diketahui bahwa ketiga sesar tersebut merupakan sesar normal. Untuk lebih mudahnya dapat melihat jendela amplitudanya (Gambar 4.27)



Gambar 4.23 Sesar pada *Inline* 1698



Gambar 4.24 Time slice metode struktur-*eigen* dengan interval 20ms

Gambar 4.25 Sesar pada *Inline 1668*Gambar 4.26 Sesar pada *Inline a) 1638 b) 1618*Gambar 4.27 Slice amplitude pada *Inline 1668*

## BAB 5

### KESIMPULAN dan SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil studi tentang pendeteksiaan sesar dengan koherensi struktur-*eigen* dan *semblance* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan koherensi struktur-*eigen* dan *semblance* pada data seintetik terbukti mampu memberikan tampilan *event-event* yang tidak koheren sehingga dapat diterapkan pada data real,
2. Hasil koherensi *struktur-eigen* lebih halus dari pada koherensi *semblance* dengan menggunakan data sintetik,
3. Parameter perhitungan aperture spasial pada metode koherensi *struktur-eigen* dan koherensi *semblance* sangat menentukan dalam proses perhitungan koherensi,
4. Aperture spasial menunjukkan penghalusan data secara vertikal untuk memperjelas kemenerusan sesar, sedangkan aperture temporal menghilangkan *event-event* lateral seperti reflektor,
5. Hasil komparasi menunjukkan metode struktur-*eigen* lebih bagus dari pada metode *semblance*,
6. Kondisi bawah permukaan interest zone terdapat tiga sesar utama dengan besar jurus dan *dip*-nya masing-masing diperkirakan sebesar N 30°E / 70°, N 80°E / 65° dan N 210°E / 70°.

#### 5.2. Saran

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memberikan pengaruh *dip* terhadap koherensi,
2. Perhitungan aperture spasial bisa dilakukan secara simultan untuk *inline* dan *crossline*,
3. Model pemrograman yang dilakukan bisa menggunakan seluruh komponen matriks tanpa ada yang di buang,
4. Pembuatan GUI agar tampilan yang digunakan lebih bersahabat.

## DAFTAR ACUAN

- Badley, M.E. (1985). *Practical Seismic Interpretation*. Prentice Hall.
- Bhatia, A.B. dan Singh, R.N. (1986). “*Mechanics of Deformable Media*”. Adam Hilger Imprint, Bristol, University of Sussex Press, England.
- Bahoric, M. dan Farmer, S. (1995). *3-D Seismic Discontinuity for Fault and Stratigraphic Features : The Coherence Cube*. The Leading Edge, hal. 354-362.
- Brown, A. R. (1999). *Interpretation of Three-Dimensional Seismic Data* 5<sup>th</sup> ed. AAPG Memoir 42. Tulsa: America Association of Petroleum Geologist.
- Chopra, S., Picford, S. dan Alberta, C. (2001). *Integrating Coherence Cube Imaging and Seismic Inversion*. The Leading Edge, hal. 354-362.
- Gerzternkorn, A. dan Marfurt, K. J. (1999). *Eigenstructure-based Coherence Computation as an Aid to 3-D Structural and Stratigraphic Mapping*. Geophysics, Volume 64, hal. 1468-1479.
- Hampson, D., Schuelke, J., and Quirein, J. (2001). *Use of multiattribute transforms to predict log properties from seismic data*. Geophysics, Vol. 66, SEG.
- Haris, A. (2008). *Komputasi Geofisika*. Universitas Indonesia. Depok.
- Jeong, W., Whitaker, R., Dobin, M. (2006). *Interactive 3D seismic fault detection on the Graphics Hardware*. Volume Graphics, The Eurographics Association.
- Moehadi, M. (2005). *Geologi Dasar dan Geologi Struktur*. Diktat Kuliah. Depok.
- Neidell, N. S., dan Tanell, T. (1971). *Semblance and other Coherency Measures for Multichannel Data*, Geophysics, Volume 36, hal. 482-497.

Sheriff, R. E., dan L. P. Geldart. (1995). *Exploration Seismology 2<sup>nd</sup> ed.* Cambridge University Press.

Sukmono, Sigit. (2001). *Seismik Atribut Untuk Karakterisasi Reservoir.* Bandung: Teknik Geofisika. Institut Teknologi Bandung.

Telford, Geldart and Sheriff. (1990). *Applied Geophysics 2<sup>nd</sup> ed.* Cambridge University Press.

Widess, M. B. (1973). *How thin is a thin bed?*. *Geophysics*, 38, no. 6, 1176 – 1180

Yilmaz, Oz. (1987). *Seismic Data Processing.* Society of Exploration Geophysics, Tulsa.

