

**IDENTIFIKASI GEOHAZARD BERDASARKAN DATA SEISMIK  
ANALOGUE PADA LAPANGAN “X” CEKUNGAN JAWA TIMUR  
BAGIAN UTARA**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :  
**RIZA DWI ANANTO**  
**0310930049-93**



**JURUSAN FISIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**MALANG**  
**2009**

**IDENTIFIKASI GEOHAZARD BERDASARKAN DATA SEISMIK  
ANALOGUE PADA LAPANGAN 'X' CEKUNGAN JAWA TIMUR  
BAGIAN UTARA**

**TUGAS AKHIR**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

oleh :

**RIZA DWI ANANTO**

**0310930049-93**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2009**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**IDENTIFIKASI GEOHAZARD BERDASARKAN  
DATA SEISMİK ANALOGUE PADA LAPANGAN “X”  
CEKUNGAN JAWA TIMUR BAGIAN UTARA**

Oleh :

**RIZA DWI ANANTO**  
**0310930049-93**

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
pada tanggal \_\_\_\_\_  
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Drs. Adi Susilo, M.Si., Ph.D**  
**NIP. 131 960 447**

**Rohadyan Hanantyo Seno, S.T**  
**Senior Geophysicist**  
**PT. Fugro Indonesia**

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Fisika**  
**Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Drs. Adi Susilo, M.Si., Ph.D,**  
**NIP. 131 960 447**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Riza Dwi Ananto  
Nim : 0310930049-93  
Jurusan : Fisika

Penulis Tugas Akhir berjudul :  
Identifikasi Geohazard Berdasarkan Data Seismik Analogue  
Pada Lapangan “X” Cekungan Jawa Timur Bagian Utara

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Tugas Akhir yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Tugas Akhir ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Tugas Akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Mei 2009  
Yang menyatakan,

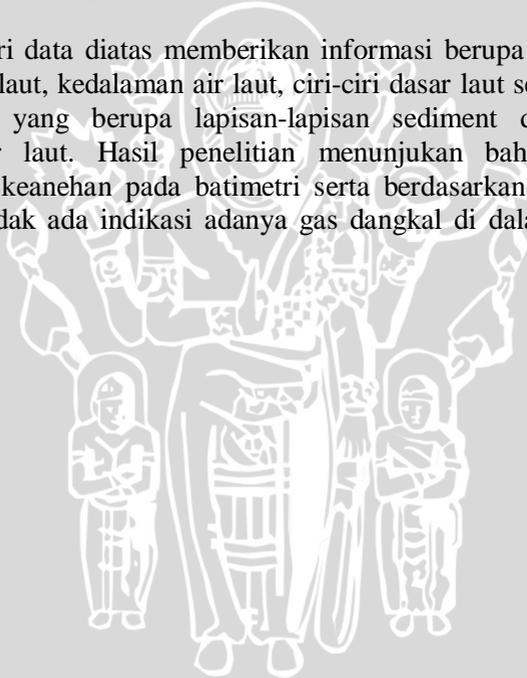
(Riza Dwi Ananto)  
NIM. 0310930049

# IDENTIFIKASI GEOHAZARD BERDASARKAN DATA SEISMIK ANALOGUE PADA LAPANGAN “X” CEKUNGAN JAWA TIMUR BAGIAN UTARA

## ABSTRAK

Lapangan “X” terletak pada cekungan Jawa Timur bagian Utara. Cekungan Jawa Timur terbentuk karena proses pengangkatan dan ketidakselarasan serta proses-proses lain, seperti penurunan muka air laut dan pergerakan lempeng tektonik. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi sebaran geohazard di dasar laut dan sub dasar laut. Data yang dianalisis berupa data batimetri, data XTF, data navigasi, dan data SEGY.

Interpretasi dari data diatas memberikan informasi berupa topografi permukaan dasar laut, kedalaman air laut, ciri-ciri dasar laut serta profil geologi dangkal yang berupa lapisan-lapisan sediment di bawah permukaan dasar laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak dijumpai adanya keanehan pada batimetri serta berdasarkan data *sub bottom profile*, tidak ada indikasi adanya gas dangkal di dalam lokasi penelitian.



**IDENTIFICATION OF GEOHAZARD BASED ON SEISMIC  
DATA OF ANALOGUE AT "X" FIELD  
UPSTATE EAST JAVA BASIN**

**ABSTRACT**

The " X" field is located at Northern part of East Java basin is formed by uplift, erosion and other geological process, such as derivation of sea water face and movement of tectonic plate. This research was done to identify the spread of geohazard in sea floor and sub sea floor. Data analysed are in the form of batimetry data, XTF data, navigation data, and SEGY data.

Interpretation from the data above gives information about depth sea floor topography of the sea , seabed features and shallow geology profile in the form of layers sediment below seabed surface. Result of research indicates that there exists no oddity in bathymetry image and based on sub bottom profile data, there is no indication of shallow gas in research location.



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana S-1 pada Program Studi Geofisika pada Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.

Banyak pihak yang ikut terlibat dan banyak memberikan kontribusi ilmiah, moril, dan materiil baik secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini. Bersama ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Adi Susilo M.Si., Ph.D, selaku ketua jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya dan pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktunya dan selalu memberikan perhatian dalam membimbing penulis.
2. Bapak Rohadyan Hanantyo Seno, S.T selaku Senior Geophysicist dan pembimbing di PT. Fugro Indonesia yang telah memberikan ilmu, arahan dan bimbingan kepada penulis.
3. Ibu Dra. S. J Iswarin, M.Si, Apt selaku pembimbing akademik, dan seluruh dosen yang telah memberikan segenap ilmu pengetahuan yang sangat berguna bagi penulis selama belajar di Universitas Brawijaya.
4. Bapak Arief Faisal Aryono selaku *Operation Manager* PT. Fugro Indonesia atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melaksanakan tugas akhir di PT. Fugro Indonesia.
5. Mr. Pim Peereboom selaku *Data Center Manager* PT. Fugro Indonesia yang telah memberi izin kepada penulis untuk pengambilan dan pengolahan data selama melaksanakan tugas akhir di PT. Fugro Indonesia.
6. PT. Fugro Indonesia, beserta seluruh staff dan karyawan, Bapak Tedjo, Ibu Henny, Ibu Lenny, Ibu Priscilla, Bapak Mustari, Bapak Hartono, Bapak Mustolani, Mr. Ric, Mr. Sapisia, Mr. Manny, Ibu Juli, Ibu Eva, Ibu Dewi, Bapak

- Sidik, Bapak Udin, Mas Dodi, Mas Ali, Mas Michael, Mas Eko, Mbak Rahma, Mbak Yunita, Mbak Finka, Mbak Jaclyn serta rekan-rekan lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas bantuan, masukan dan saran, serta meluangkan waktunya untuk berdiskusi dengan penulis selama melaksanakan tugas akhir di PT. Fugro Indonesia.
7. Kedua orang tua, Mas Redy, dan Adik Riana yang telah memberikan dorongan dan semangat baik moril maupun materiil serta doanya selama ini.
  8. Vina yang telah memberikan dorongan, semangat dan perhatiannya.
  9. Para staff TU Jurusan Fisika Universitas Brawijaya, Bapak Jaedi, Bapak Sahri dan Bapak Susilo terima kasih karena telah banyak membantu penulis.
  10. Sahabat Geofisika serta seluruh teman-teman Fisika 2003 Universitas Brawijaya yang tidak bisa disebutkan satu per satu atas bantuan, semangat dan kebersamaannya.
  11. Teman-teman kos 567 yang telah membantu dan memberi semangat kepada penulis.
  12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, penulis ucapkan terima kasih atas bantuan yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu saran dan kritik sangat diharapkan. Semoga apa yang telah penulis kerjakan ini dapat memberikan manfaat untuk kita semua.

Malang, Mei 2009

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK / ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Geologi Regional Cekungan Jawa Timur .....	5
2.1.1 Struktur.....	5
2.1.2 Stratigrafi .....	5
2.2 Akuisisi Data Seismik .....	8
2.2.1 Sistem perekaman seismik .....	8
2.2.2 Prosedur operasional laut .....	9
2.3 Komponen Seismik Refleksi .....	10
2.3.1 Impedansi akuistik .....	10
2.3.2 Wavelet .....	10
2.3.3 Polaritas seismik .....	14
2.3.4 Koefisien refleksi .....	15
2.4 Interferensi Gelombang, Difraksi, Resolusi Seismik, dan Seismogram Sintetik .....	16
2.4.1 Interferensi gelombang .....	16
2.4.2 Difraksi .....	17
2.4.3 Resolusi .....	18
2.4.4 Seismogram sintetik .....	20

2.5 Kecepatan Seismik .....	21
2.6 Parameter Data Seismik .....	24
2.6.1 Kecepatan .....	24
2.6.2 Kedalaman .....	25
2.6.3 Patahan dan perubahan stratigrafi .....	26
2.6.4 Dip dan diskontinuitas .....	27
2.7 Bising ( <i>noise</i> ) .....	27
2.7.1 Bising acak ( <i>random noise</i> ) .....	28
2.7.2 Difraksi dan pantulan refraksi .....	28
2.7.3 Multiple .....	28
2.7.4 Reflektor miring dan migrasi .....	30
2.7.5 Efek distorsi kecepatan .....	30
2.8 Interpretasi Data Seismik .....	30

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	33
3.2 Perangkat Lunak .....	33
3.3 Pengumpulan dan Persiapan Data .....	34
3.3.1 Data batimetri .....	34
3.3.2 Data XTF .....	34
3.3.3 Data navigasi .....	34
3.3.4 Data SEG-Y .....	35
3.4 Interpretasi Seismik .....	35
3.4.1 Starfix Interp .....	35
3.4.2 PC Map .....	35
3.4.3 MicroStation .....	36
3.4.4 Mosaic .....	36

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Data Hasil Penelitian .....	39
4.1.1 Data batimetri .....	39
4.1.2 Data navigasi .....	39
4.1.3 Data seismik analog .....	40
4.1.4 Data side scan sonar .....	40
4.2 Datum Track .....	43
4.3 Batimetri .....	43
4.4 Ciri-ciri dasar laut .....	44
4.5 Isopach .....	45
4.6 Isobath .....	45

4.7 Profil Geologi Dangkal ..... 46

**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan ..... 51

5.2 Saran ..... 51

**DAFTAR PUSTAKA  
LAMPIRAN-LAMPIRAN**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Stratigrafi cekungan Jawa Timur .....	7
Gambar 2.2 Penampang hidropon .....	8
Gambar 2.3 Operasional seismik di laut .....	9
Gambar 2.4a Gambar Metode Penembakan Refraksi .....	10
Gambar 2.4b Gambar Metode Penembakan Refleksi .....	10
Gambar 2.5 Gelombang Primer .....	11
Gambar 2.6 Gelombang Sekunder .....	11
Gambar 2.7 Gelombang Rayleigh .....	12
Gambar 2.8 Gelombang Love .....	13
Gambar 2.9 Contoh konvensi polaritas menurut SEG pada fase minimum .....	15
Gambar 2.9b Contoh konvensi polaritas menurut SEG pada fase nol .....	15
Gambar 2.10 Koefisien refleksi yang terjadi ketika sinyal direfleksikan oleh sebuah reflector .....	15
Gambar 2.11 Interferensi destruktif dan konstruktif pada gelombang fasa minimum dan polaritas normal.....	17
Gambar 2.12 Ilustrasi terjadinya difraksi akibat bidang sesar...	17
Gambar 2.13 Hubungan antara panjang gelombang, frekuensi, dan kecepatan seismic.....	18
Gambar 2.14 Perbedaan panjang gelombang .....	18
Gambar 2.15 Efek ukuran zona Fresnel pada resolusi Horizontal .....	19
Gambar 2.16 Seismogram sintetik hasil konvolusi wavelet dan koefisien refleksi .....	20
Gambar 2.17 Hubungan antara kecepatan gelombang seismic dan litologi .....	24
Gambar 2.18 Multiple .....	29
Gambar 2.19 Rekaman seismic yang menunjukkan fenomena multiple .....	29
Gambar 2.20a Penampang seismik .....	31
Gambar 2.20b Interpretasi seismik .....	31

Gambar 3.1	Lokasi daerah penelitian .....	33
Gambar 3.2	Diagram alir penelitian .....	37
Gambar 4.1	Rekaman Echosounder pada lintasan X-32 .....	41
Gambar 4.2	Side Scan Sonar pada lintasan X-32 .....	42

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Data batimetri .....	39
Tabel 4.2 Data navigasi .....	40
Tabel 4.3 Data seismik analog .....	40
Tabel 4.4 Data side scan sonar .....	40
Tabel 4.5 Profil geologi dangkal .....	49



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Batimetri .....	57
Lampiran 2 Data Navigasi .....	59
Lampiran 3 Data Seismik Analogue .....	61
Lampiran 4 Data Side Scan Sonar .....	63
Lampiran 5 Peta <i>Datum Track</i> .....	65
Lampiran 6 Peta Batimetri .....	67
Lampiran 7 Peta Ciri-ciri Dasar Laut .....	69
Lampiran 8 Peta Isopach .....	71
Lampiran 9 Peta Isobath .....	73
Lampiran 10 Gambar Profil Geologi Dangkal .....	75



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1. 1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan satuan stratigrafi di Jawa Timur bagian Utara menunjukkan adanya kepedulian dan peran aktif para ahli geologi Indonesia terhadap perkembangan konsep geologi terkini, terutama konsep stratigrafi. Cekungan Jawa Timur secara geologis terbentuk karena proses pengangkatan dan ketidakselarasan serta proses-proses lain, seperti penurunan muka air laut dan pergerakan lempeng tektonik.

Secara umum, tujuan utama dari pengukuran seismik adalah untuk memperoleh rekaman yang berkualitas. Kualitas rekaman seismik dapat dinilai dari perbandingan sinyal refleksi terhadap sinyal noise (S/N) yaitu perbandingan antara banyaknya sinyal refleksi yang direkam dibandingkan dengan sinyal noisenya dan keakuratan pengukuran waktu tempuh (*travel time*). Eksplorasi seismik refleksi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu eksplorasi prospek dangkal dan eksplorasi prospek dalam. Eksplorasi seismik dangkal (*shallow seismic reflection*) biasanya diaplikasikan untuk eksplorasi batubara dan bahan tambang lainnya serta memetakan resiko yang dapat terjadi dalam pengeboran bidang minyak dan gas bumi. Sedangkan seismik dalam digunakan untuk eksplorasi daerah prospek hidrokarbon (minyak dan gas bumi). Kedua kelompok ini tentu saja menuntut resolusi dan akurasi yang berbeda begitu pula dengan teknik lapangannya

Survei Geo-Hidrografi merupakan kombinasi dari survei geofisika dan survei hidrografi. Survei ini bertujuan untuk menggambarkan kedalaman dan permukaan dasar laut serta mengidentifikasi struktur geologi di bawah dasar laut menggunakan metoda geofisika. Keseluruhan survei ini digunakan untuk menganalisis kondisi-kondisi diatas berdasarkan kaidah-kaidah geologi dan geofisika. Seismik dangkal (*analogue seismic*) bertujuan untuk mendapatkan data geofisika pada kegiatan yang berhubungan dengan eksplorasi minyak dan gas bumi. Data ini digunakan untuk mengidentifikasi bahaya yang dapat terjadi pada kegiatan di lokasi survei.

Seperti halnya *Marine Survei* yang lain, seismik analogue merupakan survei yang paling spesifik untuk mengidentifikasi adanya bahaya pada

seismik dangkal seperti akumulasi gas dangkal yang bertekanan tinggi, patahan (sesar) yang aktif atau benda yang dianggap berbahaya pada operasi-operasi pengeboran yang lain.

Suatu geohazard dapat didefinisikan sebagai suatu yang berhubungan dengan geologi baik jangka pendek maupun jangka panjang yang mempunyai potensi membahayakan kegiatan pengeboran sehingga menjadi tidak terkendali serta mengakibatkan kerusakan dan kerugian seperti patahan/sesar dangkal, akumulasi gas dangkal, karang, palung yang curam dan adanya chanel yang terkubur.

## 1.2 Perumusan Masalah

Rumusan yang akan di kaji dari penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana menentukan topografi kedalaman air atau permukaan dasar laut?
- b. Bagaimana menggambarkan sebaran geohazard didasar laut dan sub dasar laut dari data kedalaman laut (batimetri), muka dasar laut (side scan sonar), data navigasi dan data permukaan bawah dasar laut (seismik)?

## 1.3 Batasan Masalah

Penelitian yang dilakukan memiliki batasan masalah sebagai berikut :

- a. Pengolahan dengan menggunakan data batimetri, data side scan sonar, data navigasi dan data seismik analog.
- b. Luas area penelitian adalah 2 km x 2 km yang berpusat pada lokasi penelitian yang diusulkan.
- c. Semua data diambil dari 42 lintasan dan analisis difokuskan pada satu lintasan yaitu pada lintasan X-32.
- d. Data yang diambil pada penelitian ini adalah data batimetri, data XTF (*Extended Triton Format File*) dari data side scan sonar, data navigasi dan data SGY.
- e. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Starfix Suite 8.1 : Interp, Mosaic, PC Map dan MicroStation V8.

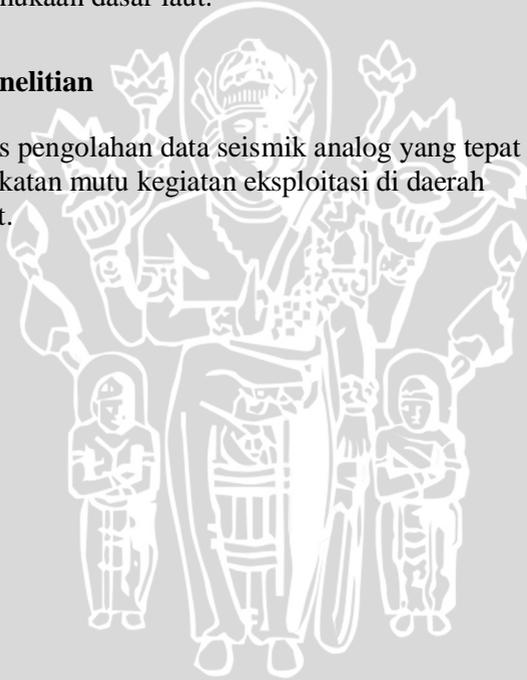
#### 1. 4 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

- a. Menentukan topografi dasar laut dan mengidentifikasi bahaya topografi, seperti kemiringan-kemiringan yang curam, permukaan dasar laut yang tidak rata
- b. Memetakan kondisi permukaan dasar laut termasuk struktur-struktur yang berada didasar laut seperti adanya seabed scar dan pockmark.
- c. Menentukan gambaran yang mewakili lapisan-lapisan di bawah permukaan dasar laut.

#### 1. 5 Manfaat Penelitian

Dengan analisis pengolahan data seismik analog yang tepat akan membantu peningkatan mutu kegiatan eksploitasi di daerah prospektif tersebut.



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Geologi Regional Cekungan Jawa Timur**

Cekungan Jawa Timur secara geologis terbentuk karena proses pengangkatan dan ketidakselarasan serta proses-proses lain, seperti penurunan muka air laut dan pergerakan lempeng tektonik. Tataan tektonik regional Jawa Timur telah banyak dibahas oleh beberapa ahli geologi, diantaranya Sujanto dan Sumantri pada tahun 1977, Sabardi pada tahun 1991, Soejono dan Koesoemo pada tahun 1993.

##### **2.1.1 Struktur**

Aktivitas tektonik utama yang berlangsung pada umur plio-pleistosen awal menyebabkan terjadinya pengangkatan daerah regional cekungan Jawa Timur dan menghasilkan bentuk morfologi seperti sekarang ini. Struktur geologi daerah cekungan Jawa Timur umumnya berupa patahan naik, patahan turun, dan pelipatan yang mengarah Barat-Timur akibat pengaruh gaya kompresi dari arah selatan.

##### **2.1.2 Stratigrafi**

Stratigrafi cekungan Jawa Timur terdiri dari beberapa formasi sebagai berikut :

###### **a. Formasi Lidah**

Formasi ini berumur Pliosen Atas hingga Plistosen, terletak selaras diatas Formasi Kawengan. Batuan penyusun dari formasi ini didominasi oleh batulempung, di beberapa tempat pada bagian tengah dari formasi ini berkembang batugamping bioklastik.

###### **b. Formasi Kawengan**

Ciri pengenalnya merupakan perulangan antara napal pasir, kalkarenit dengan napal sisipan batupasir, pada bagian atas terdapat batugamping pasir, batugamping terumbu dan batulempung. Umumnya adalah Miosen Akhir bagian Atas - Pleistosen. Hubungan stratigrafi terletak selaras diatas Formasi Wonocolo.

**c. Formasi Wonocolo**

Batuan penyusun formasi ini terdiri dari perulangan napal pasiran dan napal dengan sisipan kalkarenit dan batulempung. Pada napal pasiran sering memperlihatkan struktur paralel laminasi. Formasi ini diendapkan pada lingkungan Laut Terbuka.

**d. Formasi Ngrayong**

Formasi ini tersusun oleh batupasir kuarsa dengan selingan-selingan batulempung, lanau, lignit, dan batugamping bioklastik. Pada batupasir kuarsanya kadang-kadang mengandung cangkang molusca laut.

**e. Formasi Tuban**

Formasi ini terletak selaras di atas Formasi Kujung, sedangkan batuan penyusunnya terdiri dari batulempung dengan sisipan batugamping dan napal pasiran yang kaya akan foraminifera besar. Batuan-batuan tersebut diendapkan pada lingkungan paparan dangkal, pada zona Neritik Luar.

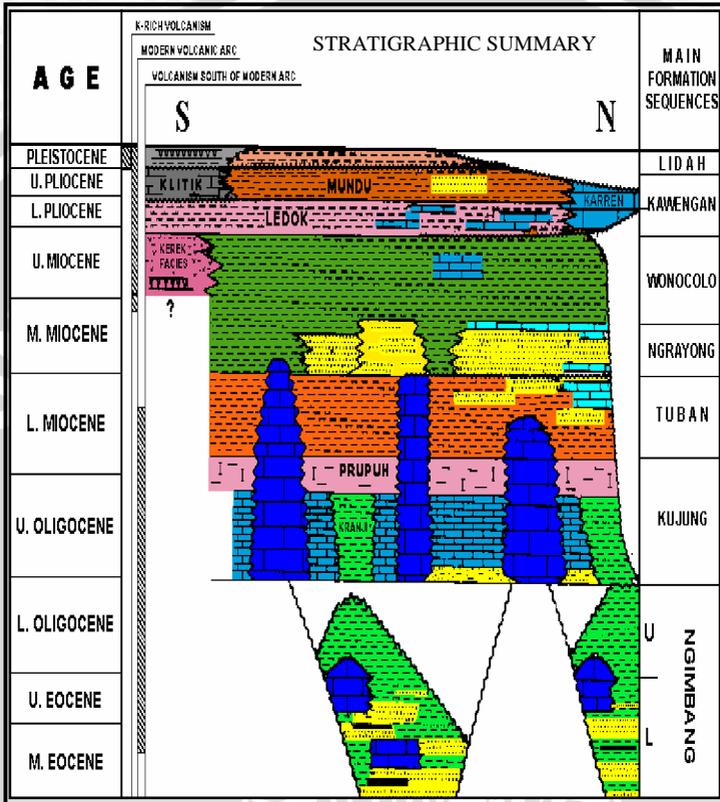
**f. Formasi Kujung**

Formasi ini berumur Oligosen Atas, terletak secara selaras di atas Formasi Ngimbang. Batuan penyusun bagian bawah formasi ini terdiri dari napal dan lempung napalan dengan sisipan batugamping bioklastik yang mengandung foraminifera besar dan ganggang, sedangkan dibagian atasnya terdiri dari batulempung dan batulempung napalan yang didalamnya banyak dijumpai konkresi lempung besian dengan sisipan batugamping bioklastik. Batuan-batuan tersebut diendapkan pada lingkungan Laut Terbuka atau pada zona Upper Bathyal.

**g. Formasi Ngimbang**

Formasi ini berumur Eosen–Oligosen Awal, terletak tidak selaras diatas batuan yang berumur Pra Tersier. Bagian bawah dari formasi ini batuanannya tersusun oleh perulangan batupasir, serpih, dan lanau dengan sisipan-sisipan tipis batubara, sedangkan pada bagian atas dari formasi terdiri dari batugamping dengan sisipan tipis serpih gampingan dan napal.

Batuan-batuan tersebut diendapkan pada lingkungan Laut Dangkal.



Gambar 2.1 Stratigrafi cekungan Jawa Timur

## 2.2 Akuisisi Data Seismik

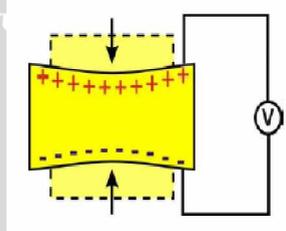
Untuk memperoleh hasil pengukuran seismik refleksi yang baik, diperlukan pengetahuan tentang sistem perekaman dan parameter lapangan yang baik pula. Parameter akan sangat ditentukan oleh kondisi lapangan yang ada yaitu berupa kondisi geologi daerah survei. Teknik-teknik pengukuran seismik meliputi :

### 2.2.1 Sistem perekaman seismik

Tujuan utama akuisisi data seismik adalah untuk memperoleh pengukuran *travel time* dari sumber energi ke penerima. Keberhasilan akuisisi data bisa bergantung pada jenis sumber energi yang dipilih. Sumber energi seismik dapat dibagi menjadi dua yaitu sumber impulsif dan vibrator. Sumber impulsif adalah sumber energi seismik dengan transfer energinya terjadi secara sangat cepat dan suara yang dihasilkan sangat kuat, singkat dan tajam. Sumber energi impulsif yang digunakan untuk akuisisi data seismic dilaut adalah airgun.

Sumber energi vibrator merupakan sumber energi dengan durasi beberapa detik. Panjang sinyal input dapat bervariasi. Gelombang outputnya berupa gelombang sinusoidal. Seismik refleksi resolusi tinggi menggunakan vibrator dengan frekuensi 125 Hz atau lebih.

Perekaman data seismik melibatkan detektor dan amplifier yang sangat sensitif serta *magnetic tape recorder*. Alat untuk menerima gelombang-gelombang refleksi untuk survei seismik di laut adalah hidropon. Hidropon merespon perubahan tekanan. Hidropon terdiri atas kristal piezoelektrik yang terdeformasi oleh perubahan tekanan air. Hal ini akan menghasilkan beda potensial output. Elemen piezoelektrik ditempatkan dalam suatu kabel streamer yang terisi oleh kerosin untuk mengapungkan dan insulasi. Model hidropon seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.2.

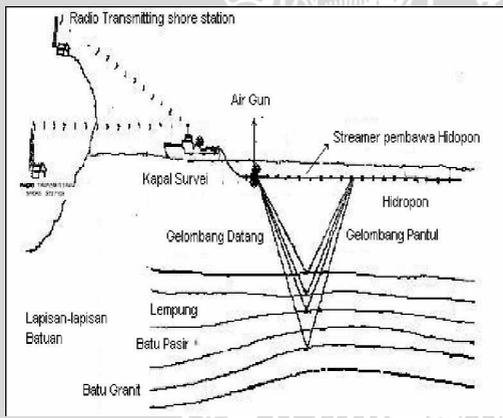


Gambar 2.2 Penampang hidropon (Sanny, 2004).

## 2.2.2 Prosedur operasional seismik laut

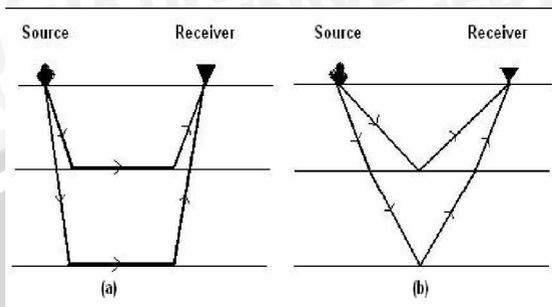
Kapal operasional seismik dilengkapi dengan bahan peledak, instrumen perekaman serta hidropon, dan alat untuk penentuan posisi tempat dilakukannya survey seismik seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.3 Menurut Kearn dan Boyd (1963), terdapat dua pola penembakan dalam operasi seismik di laut yaitu :

a) **Profil Refleksi**, pola ini memberikan informasi gelombang-gelombang seismik sebagai gelombang yang merambat secara vertikal melalui lapisan-lapisan di bawah permukaan. Teknik ini melakukan tembakan disepanjang daerah yang disurvei dengan kelajuan dan penembakan yang konstan. Jarak penembakan antara satu titik terhadap lainnya disesuaikan dengan informasi refleksi yang diperlukan, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.4 a dan b



Gambar 2.3 Operasional seismik di laut

b) **Profile Refraksi**, pola ini memberikan informasi gelombang-gelombang seismik yang merambat secara horizontal melalui lapisan-lapisan di bawah permukaan. Pada teknik ini kapal melakukan tembakan pada titik-titik tembak yang telah ditentukan, seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Diagram metode penembakan Refraksi (a) dan Refleksi (b)

### 2.3 Komponen Seismik Refleksi

Komponen yang dimaksud disini adalah hal-hal yang dapat dihasilkan atau diturunkan (*derivative value*) dari parameter dan data dasar seismik refleksi.

#### 2.3.1 Impedansi akustik

Impedansi akustik adalah fungsi perkalian antara densitas media rambat dengan kecepatan media rambat dan dinyatakan dalam rumus:

$$IA = \rho \cdot V \quad (2.1)$$

dimana, IA = Impedansi Akustik

$\rho$  = densitas

V = kecepatan

Kecepatan memiliki peran yang lebih penting dalam mengontrol harga IA karena perubahan kecepatan lebih signifikan daripada perubahan densitas secara lateral maupun vertikal. Perubahan nilai Impedansi akustik dapat menandakan perubahan karakteristik batuan seperti litologi, porositas, kekerasan dan kandungan fluida.

IA dapat dianalogikan berbanding lurus terhadap kekerasan batuan dan berbanding terbalik dengan porositas.

#### 2.3.2 Wavelet

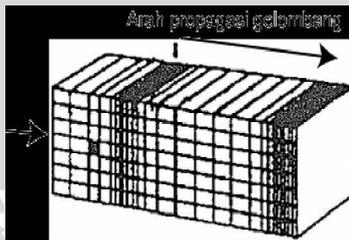
*Wavelet* merupakan kumpulan dari sejumlah gelombang harmonik yang mempunyai amplitudo, frekuensi, dan fase tertentu.

Wavelet bila dikonvolusikan dengan nilai koefisien refleksi akan menghasilkan seismogram sintetik. Di dalam seismik, gelombang dibagi menjadi dua yaitu gelombang badan dan gelombang permukaan.

### a. Gelombang Badan

Gelombang badan terbagi menjadi dua, yaitu gelombang primer (P) dan gelombang sekunder (S).

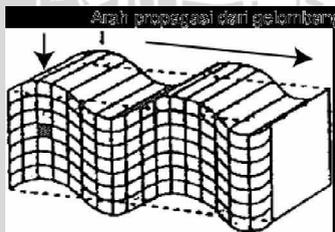
#### 1. Gelombang Primer (P)



Gambar 2.5 Gelombang primer

Gambar 2.5 ditunjukkan bahwa gelombang primer adalah gelombang longitudinal yang arah rambatnya sejajar getarannya

#### 2. Gelombang Sekunder (S)



Gambar 2.6 Gelombang sekunder

Gambar 2.6 ditunjukkan bahwa gelombang sekunder adalah gelombang transversal yang arah rambatnya tegak lurus getarannya.

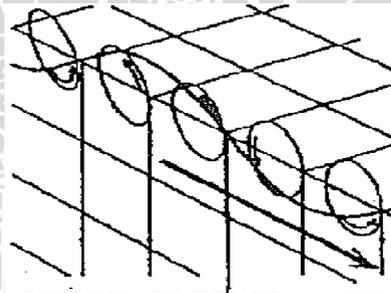
## b. Gelombang Permukaan

Gelombang permukaan dibagi menjadi empat yaitu gelombang Rayleigh, gelombang Stoneley, gelombang Love, dan gelombang Tube.

### 1. Gelombang Rayleigh

Gelombang Rayleigh merupakan salah satu gelombang permukaan yang terbentuk dari interferensi antara gelombang P dan S-vertikal dan merambat sepanjang *free-surface*. Biasanya gelombang ini lebih dikenal dengan sebutan *ground roll*. Dalam seismik gelombang badan, seperti seismik refraksi atau refleksi, gelombang ini merupakan noise yang harus disingkirkan.

Kecepatan fase gelombang Rayleigh merupakan fungsi dari kecepatan gelombang shear, kecepatan gelombang kompresi, densitas dan ketebalan lapisan. Pada medium berlapis, kecepatan gelombang Rayleigh juga bergantung pada frekuensi atau panjang gelombang dan pada dasarnya untuk mendapatkan nilai parameter-parameter diatas dengan inversi gelombang Rayleigh.



Gambar 2.7 Gelombang Rayleigh

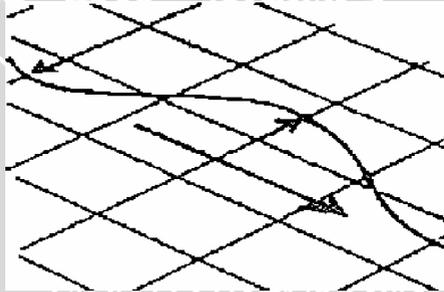
Partikel-partikel bergerak ke arah propagasi (horizontal) dari gelombang dan dengan gerakan berputar dalam permukaan vertikal yang tegak lurus terhadap arah propagasi (horizontal) dari gelombang tersebut.

## 2. Gelombang Stoneley

Gelombang Stoneley pertama kali ditemukan oleh Stoneley pada tahun 1924, dan dipelajari oleh Scholte pada tahun 1947 tentang sifat-sifat dari persamaan itu dan menemukan solusi yang selalu ada ketika salah satu adalah fluida, tetapi ketika kedua media adalah padatan, hanya ada solusi ketika  $\beta_1 / \beta_2$  dan mempunyai rasio  $\rho_1 / \rho_2$  dan  $\mu_1 / \mu_2$  berkurang dalam batas terkecil. Gelombang ini adalah tipe umum dari gelombang "Rayleigh" dan selalu disebut gelombang "Stoneley" (Anonymos, 2002).

## 3. Gelombang Love

Gelombang love adalah gelombang permukaan yang terdiri dari pergerakan parallel S-horisontal pada permukaan. Pada frekuensi yang tinggi kecepatan gelombang love mendekati kecepatan pada gelombang shear dan pada frekuensi mendekati nol, kecepatan gelombang love mendekati kecepatan gelombang stoneley pada permukaan yang lebih rendah.



Gambar 2.8 Gelombang love

Gambar 2.8 ditunjukkan partikel-partikel bergerak tegak lurus ke arah propagasi (horisontal) dari gelombang tersebut.

## 4. Gelombang Tabung

Pergerakan gelombang dalam fluida yang mengisi lubang atau pada dinding lubang menunjukkan sebuah

sumbu (gelombang tube) yang luas pada survey kecepatan dalam sumur (Sherif dan Geldart, 1995).

Di dalam interpretasi seismik selalu diinginkan adanya hubungan satu persatu antara *wavelet* pada penampang seismik dengan batas perlapisan pada model geologi. Hal ini tidak selalu tercapai bergantung pada sistem perlapisan medium dan sifat *wavelet* yang digunakan. Sebuah *wavelet* akan tajam dalam kawasan waktu (berdurasi pendek) apabila mengandung semua frekuensi (lebar dalam kawasan frekuensi), dan sebaliknya suatu *wavelet* akan lebar dalam kawasan waktu (berdurasi panjang) apabila mempunyai frekuensi yang sempit dalam kawasan frekuensi dan spektrum fase yang rendah.

### 2.3.3. Polaritas seismik

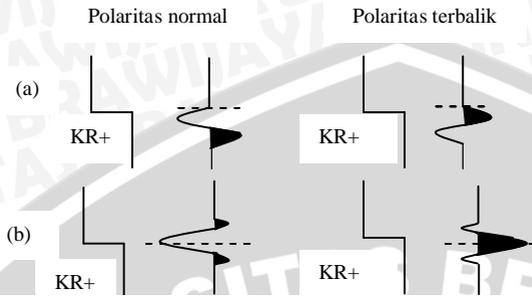
Polaritas seismik menggambarkan nilai dari harga koefisien refleksi (positif atau negatif). SEG mendefinisikan polaritas normal seismik sebagai : (Badley 1985)

- a. Sinyal seismik positif akan menghasilkan tekanan akustik positif pada hidrofon di air sinyal atau pergerakan awal keatas pada geofon di darat.
- b. Sinyal seismik positif akan direkam sebagai bilangan negatif pada tape, defleksi negatif pada monitor, dan sebagai *trough* pada penampang seismik.

Berdasarkan konvensi ini, maka pada penampang seismik yang menggunakan konvensi SEG akan didapatkan :

1. Pada bidang batas refleksi dimana  $IA_2 > IA_1$  akan berupa *trough*
2. Pada bidang batas refleksi dimana  $IA_2 < IA_1$  akan berupa *peak*

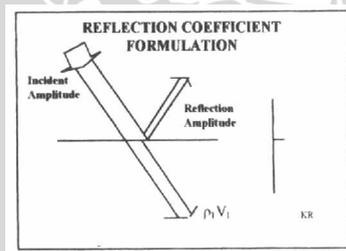
Sebagai contoh pada gambar 2.9 ditunjukkan polaritas normal dan terbalik untuk *wavelet* yang mempunyai fasa minimum dan fasa nol.



Gambar 2.9 Contoh konvensi polaritas menurut SEG (a) Fase minimum (b) Fase nol (Badley, 1985 dalam Sukmono dan Abdullah, 2001)

### 2.3.4. Koefisien refleksi

Koefisien Refleksi, merupakan cerminan dari bidang batas media yang memiliki harga impedansi akustik yang berbeda. Perbandingan antara amplitudo gelombang pantul dengan gelombang datang disebut sebagai koefisien refleksi. Koefisien sudut datang nol merupakan besarnya koefisien refleksi pada sudut datang nol derajat atau gelombang yang mempunyai gelombang datang tegak lurus terhadap bidang pantul.



Gambar 2.10 Koefisien refleksi yang terjadi ketika sinyal direfleksikan oleh sebuah reflektor

Reflektivitas disebut juga sebagai koefisien refleksi (KR), adalah merupakan konsep fisika dalam metode seismik. Pada dasarnya setiap koefisien refleksi dapat dianggap sebuah respon dari wavelet seismik terhadap sebuah perubahan impedansi akustik (IA) di dalam bumi yang didefinisikan sebagai hasil perkalian antara kecepatan

kompresional dan densitas. Secara matematis, konversi dari impedansi akustik ke reflektivitas meliputi pembagian beda impedansi akustik dengan jumlah impedansi akustik tersebut. Hal ini akan memberikan persamaan koefisien refleksi pada batas antara kedua lapisan yaitu :

$$KR_n = \frac{\rho_{n+1}v_{n+1} - \rho_n v_n}{\rho_{n+1}v_{n+1} + \rho_n v_n} = \frac{IA_{n+1} - IA_n}{IA_{n+1} + IA_n} \quad (2.2)$$

$$IA_{n+1} = IA_n \frac{(1 + KR_n)}{(1 - KR_n)} \quad (2.3a)$$

Jika harga impedansi akustik suatu lapisan diketahui, maka harga impedansi akustik lapisan berikutnya adalah :

$$IA_n = IA_1 \prod_{i=1}^{n-1} \left[ \frac{1 + KR_i}{1 - KR_i} \right] \quad (2.3b)$$

(Sukmono, 1999).

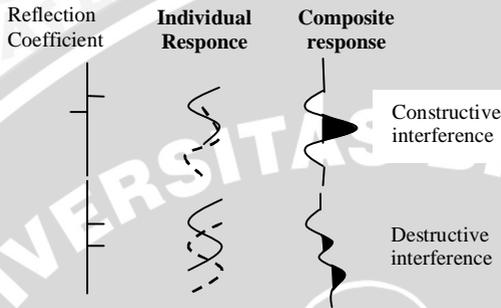
## 2.4 Interferensi Gelombang, Difraksi, Resolusi Seismik, dan Seismogram Sintetik

### 2.4.1 Interferensi gelombang

Refleksi gelombang seismik akan timbul setiap terjadi perubahan harga IA, meskipun begitu apakah perubahan tersebut cukup signifikan untuk dapat menghasilkan refleksi akan tergantung pada sensitivitas alat perekam dan pemrosesan datanya. Salah satu masalah utama metode seismik refleksi adalah timbulnya interferensi gelombang seismik dari batas IA yang sangat rapat.

Interferensi terjadi karena adanya penumpukan refleksi-refleksi dari beberapa reflektor yang berbeda. Interferensi dikontrol oleh panjang pulsa seismik dan jarak bidang batas refleksi. Interferensi dapat konstruktif maupun destruktif (gambar di bawah) tergantung pada jarak kedua refleksi. Pada suatu model irisan, kedua refleksi akan terpisah dengan baik bila ketebalan irisan sama atau lebih besar daripada setengah panjang gelombang wavelet seismik. Saat ketebalan irisan kurang dari setengah panjang gelombang, kedua refleksi mulai menumpuk (*overlap*) dan terjadi interferensi. Amplitudo maksimum pada saat ketebalan mencapai seperempat panjang gelombang dimana terjadi interferensi konstruktif. Jika

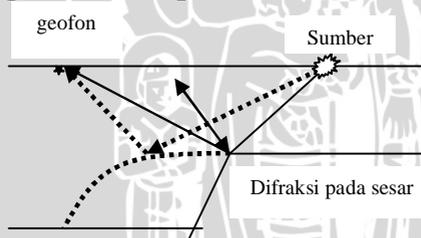
ketebalannya kurang dari seperempat panjang gelombang maka amplitudonya akan menurun seiring dengan menurunnya ketebalan lapisan.



Gambar 2.11 Interferensi destruktif dan konstruktif pada gelombang fasa minimum dan polaritas normal (Badley, 1985 dalam Sukmono dan Abdullah ,2001).

#### 2.4.2 Difraksi

**Difraksi merupakan sumber noise umum akibat perubahan tajam bidang reflektor, seperti sesar, erosi dan lain-lain.**



Gambar 2.12 Ilustrasi terjadinya difraksi akibat bidang sesar

Pada gambar 2.12 ditunjukkan ilustrasi terjadinya difraksi akibat bidang sesar dimana gelombang seismik yang mengenai tepi bidang sesar akan dipancarkan ke segala arah dan direkam menghasilkan jejak berbentuk lengkungan. Bentuk kurva difraksi dapat disalahtafsirkan sebagai struktur bawah permukaan, karenanya sangat perlu untuk mengenal difraksi. Efek difraksi dapat dihilangkan dengan teknik migrasi.

### 2.4.3 Resolusi

Resolusi dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk memisahkan dua kenampakan yang sangat berdekatan. Resolusi terbagi menjadi resolusi vertikal dan resolusi horisontal. Beberapa peneliti terdahulu membuktikan bahwa resolusi vertikal besarnya berkisar antara satu per delapan sampai satu per empat panjang gelombang. Tulisan ini cenderung menggunakan batas resolusi satu per delapan panjang gelombang amat sulit terdeteksi.

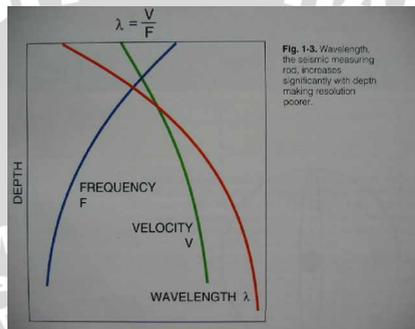
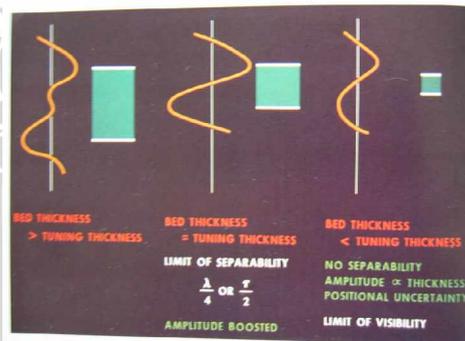


Fig. 1-3. Wavelength, the seismic measuring rod, increases significantly with depth making resolution poorer.

Gambar 2.13 Hubungan antara panjang gelombang, frekuensi dan kecepatan seismic

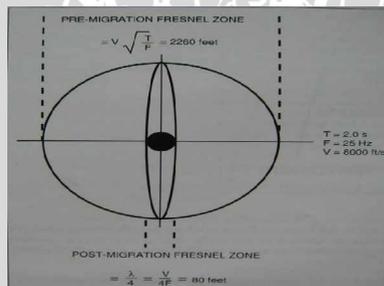


Gambar 2.14 Perbedaan panjang gelombang(Sobarin, 2004)

Hubungan antara frekuensi ( $f$ ), kecepatan ( $v$ ), dan panjang gelombang ( $\lambda$ ) dirumuskan sebagai :

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2.4)$$

Resolusi vertikal merupakan kemampuan akuisisi seismik untuk dapat memisahkan atau membedakan dua bidang batas pelapisan batuan secara vertikal. Resolusi ini dicerminkan oleh suatu batas dimana kedua reflektor masih dapat dipisahkan dan besarnya tergantung pada ketebalan dan panjang gelombang. Resolusi minimum yang masih dapat ditampilkan oleh gelombang seismik adalah  $\frac{1}{4} \lambda$  disebut juga *tuning thickness*, dimana  $\lambda$  adalah panjang gelombang. Untuk dua buah refleksi yang dihasilkan oleh suatu lapisan tipis (satu refleksi dari atas dan yang lainnya dari bawah), terdapat suatu batas dimana kedua refleksi tersebut masih bisa dipisahkan. Batas tersebut tergantung pada ketebalan dan panjang gelombang. Kedua refleksi akan terpisah dengan baik bila ketebalannya sama atau lebih besar daripada setengah panjang gelombang wavelet seismik. Sedangkan Resolusi horisontal merupakan kemampuan akuisisi seismik untuk dapat memisahkan dua kenampakan permukaan reflektor.



Gambar 2.15 Efek ukuran zona Fresnel pada resolusi horisontal

(Sobarin, 2004)

Ambang batas resolusi horisontal atau spatial adalah sama dengan jari-jari (radius) zona fresnel pertama, nilainya tergantung dari panjang gelombang dan kedalaman. Dengan demikian maka resolusi nilai horisontal dan vertikal tergantung pada kecepatan dan frekuensi. Nilai kecepatan umumnya membesar sesuai dengan kedalaman, dan kandungan frekuensi tinggi menurun sesuai juga dengan kedalaman, yang dinyatakan sebagai :

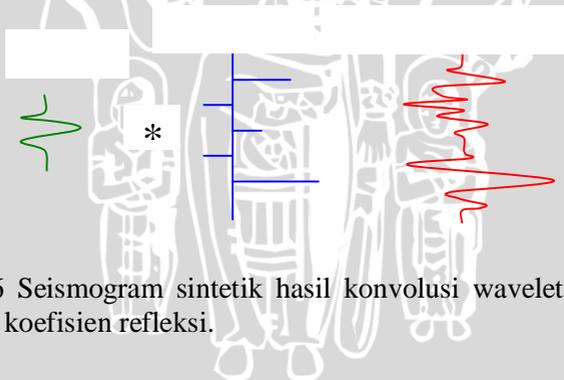
$$R_v = \frac{\lambda}{4} = \frac{v}{4f} \quad (2.5)$$

$$R_s = \sqrt{\frac{z\lambda}{2}} = \frac{v}{2} \sqrt{\frac{t}{f}} \quad (2.6)$$

dimana  $R_v$  adalah resolusi vertikal,  $R_s$  adalah resolusi horisontal,  $\lambda$  adalah panjang gelombang,  $v$  adalah kecepatan rambat,  $f$  adalah frekuensi,  $z$  adalah kedalaman dan  $t$  adalah waktu refleksi.

#### 2.4.4 Seismogram sintetik

Seismogram Sintetik adalah seismogram (*trace*) tiruan hasil konvolusi suatu wavelet dengan sebuah model urutan *impedansi akustik*. Sebaiknya wavelet yang digunakan mempunyai frekuensi dan band width yang sama dengan penampang seismik. Wavelet diperoleh dari hasil ekstrak penampang seismik atau dari sumber lain, sedang urutan impedansi akustik diperoleh dari log sonik dan log densitas. Bila tidak didapat data log densitas maka seismogram sintetik dapat dibuat dari log sonik dengan akibat resolusi menurun. Dalam proses pembuatannya berbagai parameter dapat dicoba, termasuk penampilan dengan atau tanpa multiple. Disatu sisi seismogram sintetik menunjukkan data kedalaman yang akurat sedang disisi lain memperlihatkan adanya penampang seismik tiruan. Seismogram sintetik ini dapat membantu identifikasi horizon pada penampang seismik karena resolusi vertikalnya lebih baik dari data seismic.



Gambar 2.16 Seismogram sintetik hasil konvolusi wavelet dengan koefisien refleksi.

Salah satu kelemahan dari seismogram sintetik adalah mereka umumnya dibuat dengan menggunakan frekuensi yang sama untuk seluruh penampang, padahal frekuensi yang dipakai tersebut umumnya diambil dari zona target (misal daerah reservoir). Hal ini sering mengakibatkan terjadinya *mis\_tie* pada daerah diluar zona target tersebut. *Mis\_tie* adalah perbedaan waktu refleksi terhadap horison yang sama, namun direkam dari arah yang berbeda.

Penyebab mis\_tie adalah salah satu atau kombinasi dari geometri reflektor, parameter perekaman dan parameter pengolahan. Cara mengatasi mis\_tie adalah dengan melakukan koreksi waktu refleksi setelah mengamati atau mempertimbangkan gejala mis\_tie di seluruh daerah interpretasi, dan menganalisa penyebabnya. Cara yang cukup efektif lain adalah dengan melakukan pengolahan ulang (Yilmaz, 2001).

## 2.5 Kecepatan Seismik

Kecepatan seismik seringkali digunakan sebagai usaha untuk mengidentifikasi materi bawah permukaan. Pengetahuan mengenai kecepatan sangat penting, karena dari hal ini dapat ditentukan kedalaman, kemiringan horison, dan informasi lain. Untuk mendapatkan harga kecepatan sebagai fungsi kedalaman dilakukan dengan dua cara:

1. secara langsung dengan pengukuran melalui lubang bor.
2. secara tidak langsung melalui ekstraksi dari data seismik.

Kecepatan gelombang seismik dipengaruhi oleh : litologi, densitas, porositas, kedalaman, tekanan, suhu, fluida, umur, dan lain-lain.

Beberapa macam kecepatan dalam seismik, antara lain:

### a. Kecepatan rata-rata

Kecepatan rata-rata adalah kecepatan yang dibutuhkan untuk melintasi suatu jarak tertentu pada n buah lapisan bawah permukaan, dengan kata lain perbandingan jarak vertikal  $\Delta z_i$  terhadap waktu perambatan gelombang yang menjalar dari sumber ke kedalaman tersebut.

$$V_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta z_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i} \quad (2.7)$$

### b. Kecepatan *Root Mean Square* ( $V_{rms}$ )

Kecepatan RMS adalah kecepatan total dari sistem perlapisan horizontal dalam bentuk akar kuadrat pukul rata. Bila lapisan-lapisan horizontal dengan waktu tempuh tegak lurus  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  dan kecepatan tiap lapisan  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$  maka kecepatan RMS yang melalui n lapisan adalah:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2 \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}} \quad (2.8)$$

c. Kecepatan interval

Kecepatan interval merupakan kecepatan rata-rata antara dua titik yang diukur tegak lurus terhadap kecepatan lapisan yang dianggap sejajar, atau menurut rumusan *dix* adalah :

$$V_i^2 = \frac{V_n^2 t_n - V_{n-1}^2 t_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} \quad (2.9)$$

Dimana  $V_n$  = kecepatan RMS

$t_n$  = waktu pada *zero*-offset

Jika ada dua sumber yang mempunyai kedalaman dan waktu, maka didapatkan kecepatan interval (kecepatan rata-rata pada interval  $z_m - z_n$ ) adalah :

$$V_i = \frac{z_m - z_n}{t_m - t_n} = \frac{\Delta z}{\Delta t} \quad (2.10)$$

Kecepatan sesaat  $V$  (*instantaneous velocity*) adalah laju gelombang yang merambat melalui satu titik dan diukur pada arah rambatan gelombang, ditulis sebagai :

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta z}{\Delta t} = \frac{dz}{dt} \quad (2.11)$$

d. Kecepatan log sonic

Kecepatan log sonic merupakan kecepatan yang diukur di dalam dinding lubang bor dengan interval jarak tertentu (1 ft). Nilai kecepatan ini hampir mendekati dengan kecepatan sesaat. Log sonic digunakan untuk penentuan porositas karena porositas merupakan faktor dominan dalam kecepatan seismik. Kecepatan ini diukur secara kontinu oleh log sonic dari lubang bor. Kecepatan ini dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$V = \frac{x}{(2t_0 \Delta t_n)^{1/2}} \quad (2.12)$$

- e. Kecepatan stack (*Stacking velocity* atau  $V_{NMO}$ )  
 $V_{NMO}$  adalah nilai kecepatan empiris yang memenuhi dengan tepat hubungan antara  $T_x$  dengan  $T_o$  pada persamaan NMO berikut:

$$t(x) \approx \frac{x^2}{V_{NMO}^2} + t_0^2 \quad (2.13)$$

dimana,  $x$  = jarak shot ke penerima

$t_0$  = waktu refleksi pada  $x=0$

$t(x)$  = waktu refleksi sejauh  $x$

dengan membuat kurva antara  $t(x)_2$  dan  $x_2$  akan menghasilkan kurva yang mendekati garis lurus dengan kemiringan kurva sebanding dengan  $V_{NMO}^2$ .

( <http://ensiklopediseismik.blogspot.com/> )

Tujuan dari analisa kecepatan adalah:

- Koreksi NMO (*Normal Move Out*), yaitu koreksi yang diterapkan untuk mengkoreksi efek adanya jarak offset antara shot point dan receiver pada suatu trace yang berasal dari satu CDP (*Common Depth Point*).
- Untuk mengkonversikan waktu terhadap kedalaman.
- Untuk migrasi.
- Untuk penelitian litologi.

Kriteria dasar untuk menginterpretasi fungsi kecepatan adalah:

- Kecepatan bertambah dengan bertambahnya waktu.
- Kecepatan bertambah dengan bertambahnya kedalaman.
- Kecepatan bertambah dengan bertambahnya kekompakan batuan.

Kriteria ini berlaku untuk kecepatan yang normal, bukan kecepatan inversi, yang bisa terjadi akibat kerapatan suatu lapisan lebih kecil dibandingkan kerapatan lapisan di atasnya.

Analisa kecepatan dapat dilakukan dengan:

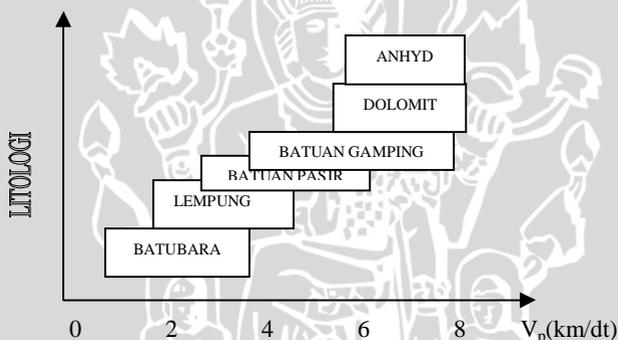
- Grafik ( $t^2-x^2$ )
- Secara normal.
- *Constant velocity stack* (CVS)
- *Velocity spectrum* (Santoso, 2002).

## 2.6 Parameter Data Seismik

### 2.6.1 Kecepatan

#### a. Litologi

Cakupan kecepatan yang dihasilkan oleh litologi yang berbeda mempunyai harga yang tumpang tindih (*overlapping*), oleh karenanya agak sukar untuk melakukan analisis balik untuk membedakan litologi dari data kecepatan. Secara umum kecepatan yang tinggi diidentifikasi dengan karbonat, harga yang rendah diidentifikasi untuk pasir dan serpih, sedangkan harga kecepatan menengah diidentifikasi dengan kandungan batuan lainnya. Berikut merupakan gambaran perbandingan antara jenis litologi dengan kecepatannya.



Gambar 2.17 Hubungan antara kecepatan gelombang seismik dengan litologi (Munadi, 2000).

#### b. Porositas

Porositas adalah perbandingan antara volume rongga pori terhadap volume total keseluruhan batuan. Porositas menjadi efektif apabila rongga-rongga di dalam batuan saling berhubungan dan dikenal sebagai porositas efektif biasanya hubungan antara porositas dan kecepatan dianggap terbalik yaitu jika porositas besar maka volume pori besar sehingga kekompakan batuan berkurang yang mengakibatkan kecepatan gelombang dan densitas menjadi rendah.

Hubungan antara kecepatan dengan porositas dalam persamaan berikut :

$$\frac{1}{V} = \frac{\phi}{V_f} + \frac{(1-\phi)}{V_m} \quad (2.14)$$

dimana  $\phi$  = porositas

$V_f$  = kecepatan dalam pori terisi fluida (m/s)

$V_m$  = kecepatan dalam matriks (m/s)

### c. Tekanan

Tekanan mempengaruhi matriks batuan, sehingga diasumsikan kecepatan juga akan relatif bertambah seiring dengan meningkatnya tekanan. Perubahan kecepatan ditentukan oleh *differential pressure* dimana untuk sebuah formasi *differential pressure* didefinisikan oleh:

$$\Delta P = P_r - P_f \quad (2.15)$$

dimana  $P_r$  = tekanan eksternal

$P_f$  = tekanan formasi berfluida

### d. Kandungan Fluida

Kehadiran hidrokarbon yang mempunyai densitas dan kecepatan lebih rendah daripada air akan mengakibatkan turunnya IA batuan reservoir. Bagaimana jenis fluida pori mempengaruhi karakter seismik akan tergantung pada impedansi akustik relatif dari reservoir dan litologi di sekitar reservoir :

- Peningkatan “*through amplitude*” atau terjadi “*bright spot*” bila IA reservoir < IA litologi sekitarnya
- Penurunan “*peak amplitude*” atau terjadi “*dim spot*” bila IA reservoir > IA litologi sekitarnya
- Pembalikan polaritas bila IA reservoir sedikit lebih besar dari IA litologi
- “*Dim-flat spot*” akibat *water-oil/gas contact*

### 2.6.2 Kedalaman

Dalam penyelidikan seismik, energi yang bersumber dari titik ledak, terpancar sebagai gelombang seismik ke segala arah, termasuk merambat ke bawah menuju kedalaman dimana bidang reflektor berada. Dalam perjalanannya, mulai dari titik tembak ke bidang

refleksi, dipantulkan dan akhirnya sampai di titik rekam, gelombang seismik mengalami pelemahan atau atenuasi (*attenuation*). Atenuasi menyebabkan perubahan magnitud amplitudo dan kandungan frekuensi, dan secara tidak langsung mempengaruhi resolusi gelombang seismik. Semakin besar kedalaman akan semakin berkurang pula kandungan frekuensi tinggi suatu gelombang, sehingga semakin rendah daya resolusinya.

Kecepatan akan meningkat dengan bertambahnya kedalaman karena efek kompaksi dan diagenesa, sedangkan frekuensi akan berkurang akibat efek atenuasi. Oleh karena itu dengan bertambahnya kedalaman, resolusi vertikal dan horisontal akan berkurang sedangkan efek interferensi akan semakin besar akibat meningkatnya panjang pulsa sehubungan dengan berkurangnya frekuensi. Respon seismik akan bervariasi terhadap kedalaman, meskipun untuk pasangan batuan yang sama batu gamping yang ditutupi oleh batu lempung. Pada kedalaman rendah, frekuensi gelombang seismik akan sangat tinggi sehingga menghasilkan refleksi yang juga beramplitudo tinggi. Dengan bertambahnya kedalaman, lempung akan mengalami kompaksi dan batu gamping berkurang porositasnya. Ini akan mengakibatkan berkurangnya kontras IA dengan bertambahnya kedalaman. Bumi juga cenderung melakukan atenuasi terhadap bagian frekuensi tinggi dari sinyal seismik dengan meningkatnya waktu penjaralan. Hal ini kemudian akan mengakibatkan peningkatan panjang gelombang terhadap kedalaman, perubahan bentuk gelombang dan berkurangnya frekuensi serta resolusi.

### **2.6.3 Patahan dan perubahan stratigrafi**

Refleksi langsung dari bidang sesar umumnya sangat jarang dapat diobservasi pada penampang seismik. Lokasi dan geometri sesar tersebut lebih banyak diidentifikasi dari terminasi refleksi, difraksi, perubahan kemiringan, dan lain-lain.

Berdasarkan geometri dan kinematikanya, sesar dapat dibagi menjadi tiga kategori :

1. Sesar normal

Sesar normal adalah sesar dimana pergeseran ke arah dip adalah dominan dan bagian *hanging wall* bergerak relatif turun dibandingkan bagian *foot wall*.

## 2. Sesar naik dan anjak

Sesar naik mempunyai pergeseran dominan searah kemiringan dimana blok *hanging wall* relatif bergeser kearah atas dibandingkan dengan blok *foot wall*. Sesar naik sudut rendah seering disebut sebagai sesar anjak.

## 3. Sesar geser atau *wrench*

Sesar geser mempunyai pergeseran dominan searah jurus sesar. Sesar ini umumnya mempunyai kemiringan vertikal; dan bila panjangnya lebih dari satu kilometer maka sering menindih batuan dasar. Sesar geser skala besar sering disebut sebagai *wrench* atau sesar transkuen.

(Gardner et al,1974).

### 2.6.4 Dip dan diskontinuitas

Pada dasarnya dip dan azimuth adalah magnitudo dan arah dari vektor gradien waktu, dari referensi lokal, yang dihitung pada setiap sample horison yang diinterpretasi. Kemiringan dan azimuth biasanya ditampilkan pada peta yang berbeda. Peta-peta tersebut harus dipelajari secara terpisah, karena sesar-sesar yang akan mempengaruhi horizon yang dipetakan, tidak sama jelasnya pada kedua peta tersebut. Sedangkan diskontinuitas mencerminkan ketidakmenerusan lateral refleksi.

## 2.7 Bising (*Noise*)

Dalam melakukan interpretasi data seismik refleksi mutlak diingat bahwa data ini mengandung bising (*noise*) yaitu seluruh fenomena yang tidak berkaitan dengan aspek geologi yang dapat menurunkan kualitas interpretasi sehingga perlu dikenali dan dinetralisir efeknya. Sumber umum dari bising adalah difraksi, difraksi adalah bagian sinyal seismik yang tidak berkaitan dengan refleksi primer. Meskipun setelah pemrosesan data yang intensif, efek dari bising masih sering “*tertinggal*” dalam rekaman dan dapat menjadi “*jebakan*” (*pitfall*) dalam interpretasi.

### 2.7.1 Bising acak (*Random noise*)

Bising acak tidak membentuk pola tertentu. Tidak koheren, dan umumnya akan menurunkan kualitas rekaman seismik. Di daratan,

geophone menangkap bising acak dari angin, lalu lintas, arus listrik tegangan tinggi dan lain-lain. Di lautan, bising acak dapat berasal dari gelombang pergerakan kapal. Pemrosesan data yang buruk juga dapat mengakibatkan timbulnya bising yang merusak kualitas data.

### **2.7.2 Difraksi dan pantulan refraksi**

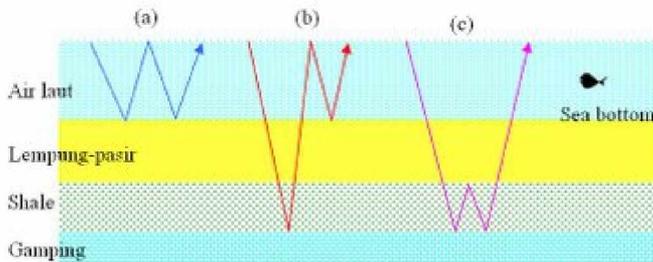
Difraksi merupakan sumber umum dari bising dan dapat muncul akibat perubahan tajam dari bidang reflektor, misalnya akibat sesar, intrusi, permukaan tidak teratur, daerah karst dll. Bidang kontak yang tajam, seperti misalnya akibat suatu bidang perlapisan tersesarkan, akan membiaskan energi keseluruhan arah dan terekam dalam bentuk tras hiperbolik dengan sumber difraksi sebagai puncaknya (*apex*). Efek difraksi ini biasanya dihilangkan dengan teknik migrasi, meskipun begitu sering masih muncul dalam rekaman seismik.

Pantulan gelombang refraksi adalah gelombang suara yang telah menjalar lateral sepanjang jarak tertentu dibawah permukaan sebelum mencapai geophone. Mereka normalnya tidak akan menghilangkan refleksi karena dihilangkan pada saat muting sebelum stacking. Meskipun begitu pada kasus khusus gelombang ini dapat muncul akibat pada rekaman seismik. Seperti multiple, pantulan refraksi ini umumnya dapat dikenali dari penyebaran yang memotong refleksi primer (Hubbert, 2002).

### **2.7.3 Multiple**

Multiple adalah pengulangan refleksi akibat 'terperangkapnya' gelombang seismik dalam air laut atau terperangkap dalam lapisan batuan lunak. Terdapat beberapa macam multiple:

- a. *Water-Bottom Multiple*
- b. *Peg-Leg Multiple*
- c. *Intra- Bed Multiple*



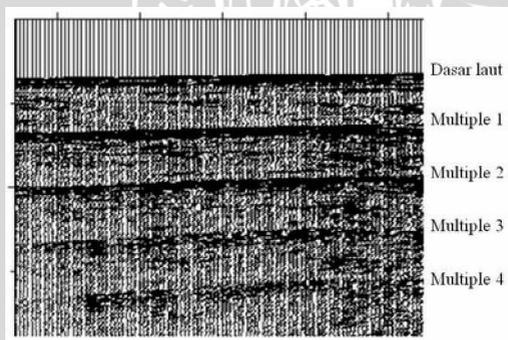
Gambar 2.18 Multiple

Untuk model *water bottom* multiple (model a) katakanlah kita memiliki waktu tempuh sea bottom sebesar 500ms maka multiplennya akan muncul  $500 \times 2 = 1000\text{ms}$ . Jika gelombang tersebut terperangkap tiga kali maka multiple *water bottom* berikutnya akan muncul pada  $500 \times 3 = 1500\text{ms}$ , dst.

Untuk model *peg leg* multiple (model b), multiple akan muncul pada waktu tempuh gelombang refleksi primer (top gamping) ditambah waktu tempuh *sea bottom*.

Untuk model *intra bed* multiple, multiple akan muncul pada waktu tempuh gelombang primer top gamping ditambah waktu tempuh dalam *shale*.

Didalam rekaman seismik, masing-masing multiple akan menunjukkan ‘morfologi’ reflektor yang sama dengan reflektor primernya akan tetapi waktunya berbeda.



Gambar 2.19 Rekaman seismik yang menunjukkan fenomena multiple (<http://ensiklopediseismik.blogspot.com/2007/07/multiple.html>)

## 2.7.4 Reflektor miring dan migrasi

Untuk reflektor horisontal, geophone akan merekam data yang berasal dari titik tengah antara sumber dan penerima, tapi pada kasus reflektor miring titik pantul bawah permukaan tidak tepat di tengah, tapi tergeserkan ke arah atas, dimana besar pergeserannya bertambah terhadap kemiringan. Akibatnya kemiringan reflektor akan menghasilkan refleksi kemiringan semu kurang dari seharusnya, panjang semu yang lebih dari seharusnya, dan lokasi semu yang lebih dalam dari seharusnya. Efek reflektor miring tersebut diatasi dengan teknik migrasi yaitu untuk menghilangkan pengaruh difraksi (Roberts, 1994).

## 2.7.5 Efek distorsi kecepatan

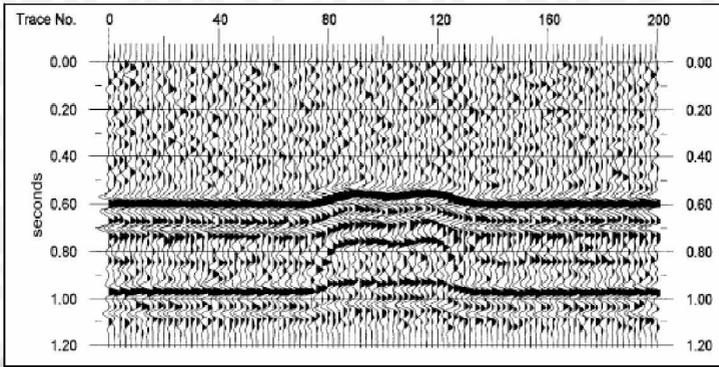
Perubahan sifat batuan, misalnya perubahan ketebalan formasi, perubahan fasies dapat menyebabkan perubahan kecepatan. Perubahan ini dapat menyebabkan distorsi pada *stacked time section* bila dibandingkan dengan hubungan ketebalan dan kedalaman sebenarnya.

Anomali kecepatan juga sering dijumpai di bawah sesar dengan kemiringan kecil seperti pada sesar anjak atau sesar normal listrik. Anomali kecepatan *pull-up* akan terjadi akibat struktur garam karbonat atau channel yang mempunyai kecepatan jauh lebih tinggi dari sekitarnya. Kebalikannya anomali *pull-down* terjadi akibat diapit serpih atau karbonat yang mempunyai kecepatan lebih rendah dari sekitarnya.

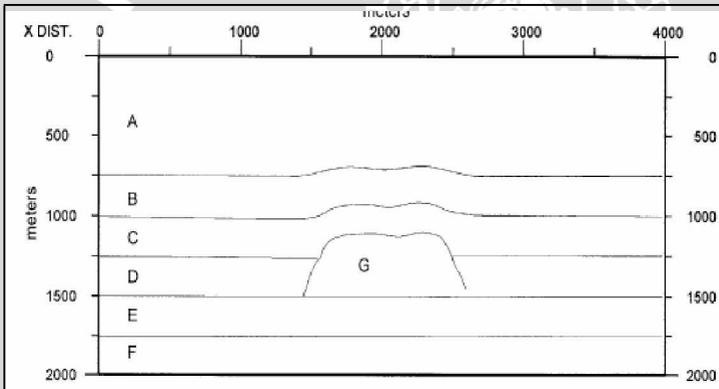
*Sideswipe*, yaitu refleksi yang muncul akibat benda di luar bidang lintasan, merupakan fenomena yang sering dijumpai pada daerah dengan struktur intensif. Lintasan seismik yang paralel terhadap suatu sesar dapat merekam data baik dari *hanging wall* maupun *foot wall* dan mengakibatkan kekacauan pola refleksi.

## 2.8 Interpretasi data seismik

Tujuan dari interpretasi seismik secara umum menurut Anderson dan Atinuke (1999) adalah untuk mentransformasikan profil seismik refleksi *stack* menjadi suatu struktur kontinu/model geologi secara lateral dari *subsurface*.



(a)



(b)

Gambar 2.20 (a) penampang seismik (b) interpretasi seismik

Sedangkan beberapa tujuan khusus dari interpretasi seismik menurut Van Der Kruk (2001) adalah :

### 1. Pemetaan Struktur-Struktur Geologi

Untuk pemetaan struktur-struktur geologi pada data seismik, posisi horizon-horizon utama dan gangguan dipetakan dan bentuk serta posisi sesar diidentifikasi.

Tujuannya adalah untuk memperoleh profil geologi dan untuk memperoleh kedalaman horizon serta gangguan.

## 2. Analisis Lapisan Seismik

Tujuan utama dari analisis lapisan seismik adalah :

- Mengidentifikasi batas-batas lapisan pada data seismik
- Menentukan lapisan pengendapan dalam waktu
- Menganalisis fluktuasi muka air laut

## 3. Analisis Fasies Seismik

Sekuen seismik dapat juga untuk menyelidiki karakteristik refleksi di dalam suatu sekuen, yang berhubungan dengan seismik fasies. Tidak hanya waktu sekuen sedimentasi yang diperoleh namun juga memungkinkan untuk mengambil kesimpulan yang dapat menggambarkan tentang lingkungan pengendapannya.

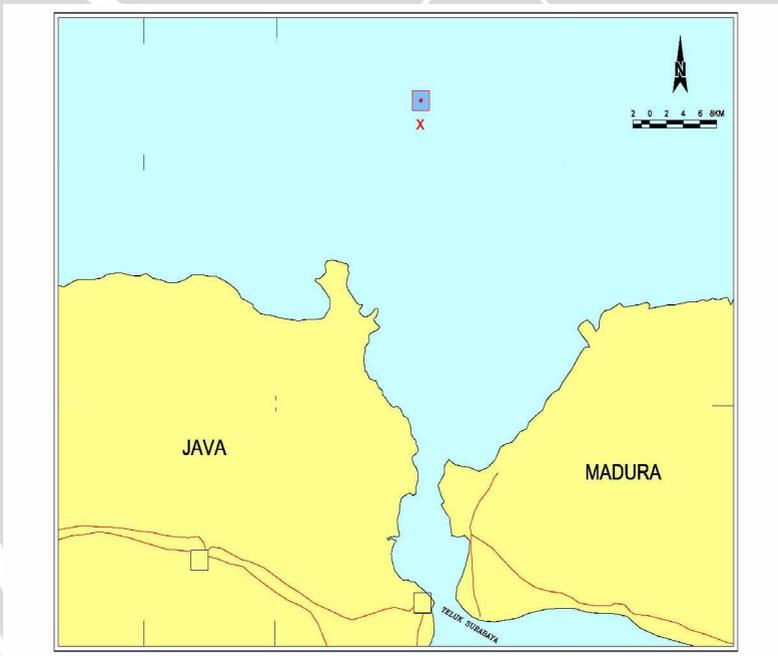


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 13 Oktober 2008 sampai dengan 19 Desember 2008 di *Proccesing Department, PT Fugro Indonesia*, Jakarta. Penelitian dan pengolahan menggunakan data sekunder berupa data batimetri, side scan sonar, navigasi dan seismik yang mana data tersebut adalah milik dari PT. Fugro Indonesia.



Gambar 3.1 Peta lokasi daerah penelitian

#### 3.2 Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah Starfix Suite 8.1 : Interp, Mosaic, PC Map dan MicroStation V8.

### **3.3 Pengumpulan dan Persiapan Data**

Data yang digunakan dalam penelitian terdiri dari:

- 1) Data Batimetri
- 2) Data XTF yang berupa data side scan sonar, juga termasuk data-data pendukungnya yaitu data heading, data position, dan data bitmap.
- 3) Data Navigasi
- 4) Data SEGY yang berupa data seismik analog

#### **3.3.1 Data batimetri**

Data batimetri adalah data yang direkam dari suatu sistem yang dihubungkan dengan echosounder, dimana alat ini dapat menentukan kedalaman dasar laut pada saat itu. Data dengan format XYZ ini selanjutnya diaplikasikan dengan data pasang surut air laut sehingga menghasilkan data batimetri.

Data pasang surut air laut disini diartikan suatu periode naik turunnya permukaan air laut yang disebabkan adanya gravitasi, tarik-menarik antara bumi, bulan dan matahari.

#### **3.3.2 Data XTF**

Data XTF didapat dari sistem side scan sonar yang merekam data kondisi keadaan permukaan dasar laut. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data yang berformat .xtf. Data ini adalah data side scan sonar, juga termasuk data-data pendukungnya seperti data heading, data position, dan data bitmap. Selanjutnya data ini diolah dengan menggunakan perangkat lunak Mosaic. Pada penelitian ini data XTF yang dipakai diambil dari 42 lintasan survey pada daerah penelitian.

#### **3.3.3 Data navigasi**

Data navigasi didapatkan dari GPS yang direkam oleh suatu sistim navigasi yang bernama Starfix Suite. Data ini kemudian diolah dan dikoreksi menghasilkan data navigasi termasuk data pendukungnya seperti heading/arrah kapal dan arah pergerakan kapal dalam bentuk format pos file (format standar Fugro). Selanjutnya data navigasi ini digabung dengan data-data SEGY, XTF dan batimetri dalam proses interpretasi.

### **3.3.4 Data SEGY**

Data SEGY yang digunakan dalam penelitian ini berupa data yang berformat .sgy, Data ini berupa data seismik yang berasal dari suatu alat yang direkam serta dihubungkan dengan akustik transceiver yang terdiri dari pemancar dan penerima gelombang suara yang dipantulkan oleh lapisan-lapisan sedimen yang berada dibawah permukaan dasar laut. Pada penelitian ini data SEGY yang di pakai diambil dari 42 lintasan survey pada daerah penelitian

## **3.4 Interpretasi Seismik**

### **3.4.1 Starfix Interp**

Starfix Interp dalam penelitian ini digunakan untuk interpretasi data sub bottom profile guna menentukan posisi-posisi reflector yang mencerminkan penyebaran lapisan sedimen secara vertikal, struktur-struktur geologi (sesar/patahan, lipatan, dll) dan anomali-anomali (gas dangkal).

Pada penelitian ini, langkah yang pertama untuk menghasilkan profil-profil yang berhubungan dengan geologi adalah interpretasi sub bottom profile di dalam interpretasi starfix. Hal ini memerlukan sub bottom profile yang direkam secara digital dalam bentuk SEG-Y, menggunakan paket software Starfix Geophysical Suite GLog dan Gplot.

### **3.4.2 PC Map**

PC Map digunakan untuk membuat pembatas, bingkai dan dasar laut dari profil batimetri ke profil yang berhubungan dengan geologi yang akan ditafsirkan. Selain itu PC Map juga digunakan untuk membuat koordinat-koordinat pada peta yang secara otomatis akan ditentukan sesuai dengan ukurannya. Sebelum menciptakan profil dasar laut, perlu dilakukan proses data navigasi. Hal ini termasuk editing acuan data pendugaan batimetri. Setelah data diproses, data ini kemudian diformat ke dalam suatu profil memanjang dan keluaran dalam bentuk file \*.DXF dari PC Map untuk kemudian diimpor ke dalam perangkat lunak MicroStation atau AutoCAD.

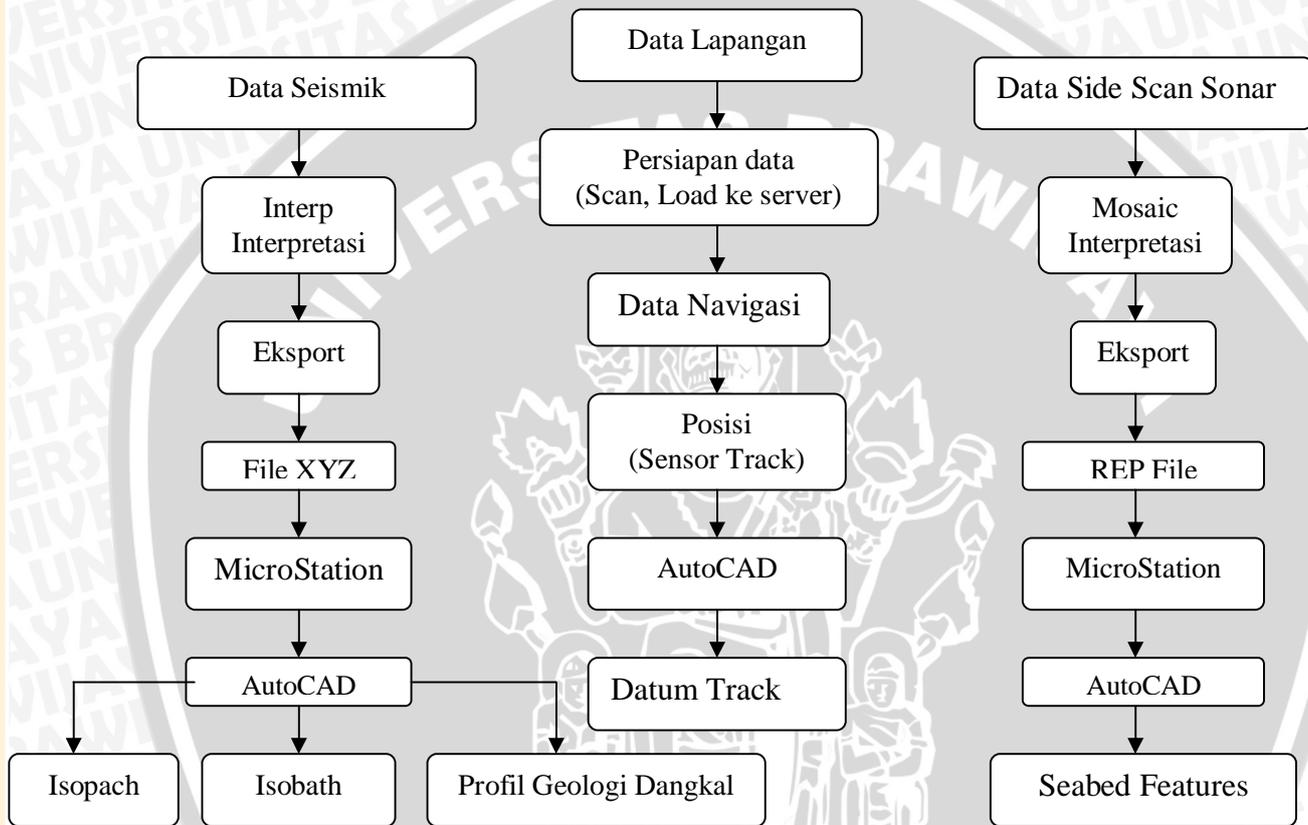
### 3.4.3 Microstation

Pada penelitian ini, MicroStation digunakan untuk mengimpor data berformat \*.xyz dari StarfixInterp dan menciptakan satu profil yang berhubungan dengan geologi serta ditafsirkan dengan data. Selain itu Microstation juga menggunakan *Marine Tools* yang dikembangkan oleh Fugro. Ini juga digunakan untuk menggabungkan data StarfixInterp dengan PC Map keluaran. Sebagai alternatif, menggabungkan data juga bisa dilakukan di AutoCAD.

### 3.4.3 Mosaic

Di dalam Mosaic, data masukan yang diperlukan pada penelitian ini adalah data sonar dalam bentuk format file .xtf, juga data navigasi yang dikoreksi secara *smoothed* untuk towfish dalam bentuk file .fbf atau .pos. Data ini kemudian di *eksport* menjadi bentuk rep file. File ini selanjutnya di olah pada Microstation, lalu ke AutoCAD, sehingga mendapatkan hasil akhir berupa gambar yang menerangkan gambaran berupa ciri-ciri dasar laut.





Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Penelitian

Pada penelitian ini, data-data yang digunakan terdiri dari data batimetri, data navigasi, data seismik analog, dan data side scan sonar. Data-data yang diambil dalam penelitian ini adalah data sekunder. Hasil dari pengolahan data-data ini memberikan hasil dan informasi berupa kedalaman laut, ciri-ciri dasar laut, ketebalan suatu lapisan, serta profil geologi.

#### 4.1.1 Data batimetri

Pada data batimetri, data ini berformat .xyz yang berupa data kedalaman. Data batimetri didapat dengan mengaplikasikan data pasang surut. Data batimetri adalah data yang direkam dari suatu sistem yang dihubungkan dengan echosounder, dimana alat ini dapat menentukan kedalaman laut.

No	Lintasan	Data
1	X1	X1-AD-01.ECH.101.XYZ
2	X2	X2-AD-02.ECH.101.XYZ
3	X3	X3-AD-03.ECH.101.XYZ
4	X4	X4-AD-04.ECH.101.XYZ
5	X5	X5-AD-05.ECH.101.XYZ

Tabel 4.1 Data Echosunder

#### 4.1.2 Data navigasi

Data navigasi didapat dari GPS (*Global Positioning System*) yang direkam oleh suatu sistim navigasi. Data navigasi berupa data pergerakan kapal. Data navigasi lalu dihitung serta dikoreksi dan akan menghasilkan data navigasi dalam bentuk data yang berformat .pos. Hasil dari pengolahan data ini akan memberikan informasi berupa *datum track*.

No	Lintasan	Data
1	X1	X1-AD-01.NAV.101.POS
2	X2	X2-AD-02.NAV.101.POS
3	X3	X3-AD-03.NAV.101.POS
4	X4	X4-AD-04.NAV.101.POS
5	X5	X5-AD-05.NAV.101.POS

Tabel 4.2 Data navigasi

#### 4.1.3 Data Seismik

Data ini digunakan untuk memberikan informasi berupa profil geologi dangkal pada lokasi penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data yang berformat .sgy

No	Lintasan	Data
1	X1	X1-AD-01.PGR.101.SGY
2	X2	X2-AD-02.PGR.101.SGY
3	X3	X3-AD-03.PGR.101.SGY
4	X4	X4-AD-04.PGR.101.SGY
5	X5	X5-AD-05.PGR.101.SGY

Tabel 4.3 Data seismik analog

#### 4.1.4 Data side scan sonar

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data yang berformat .xtf. Data ini adalah data side scan sonar juga termasuk data-data pendukungnya seperti data heading, data position, dan data bitmap. Hasil dari perhitungan data ini akan memberikan informasi berupa ciri-ciri dasar laut.

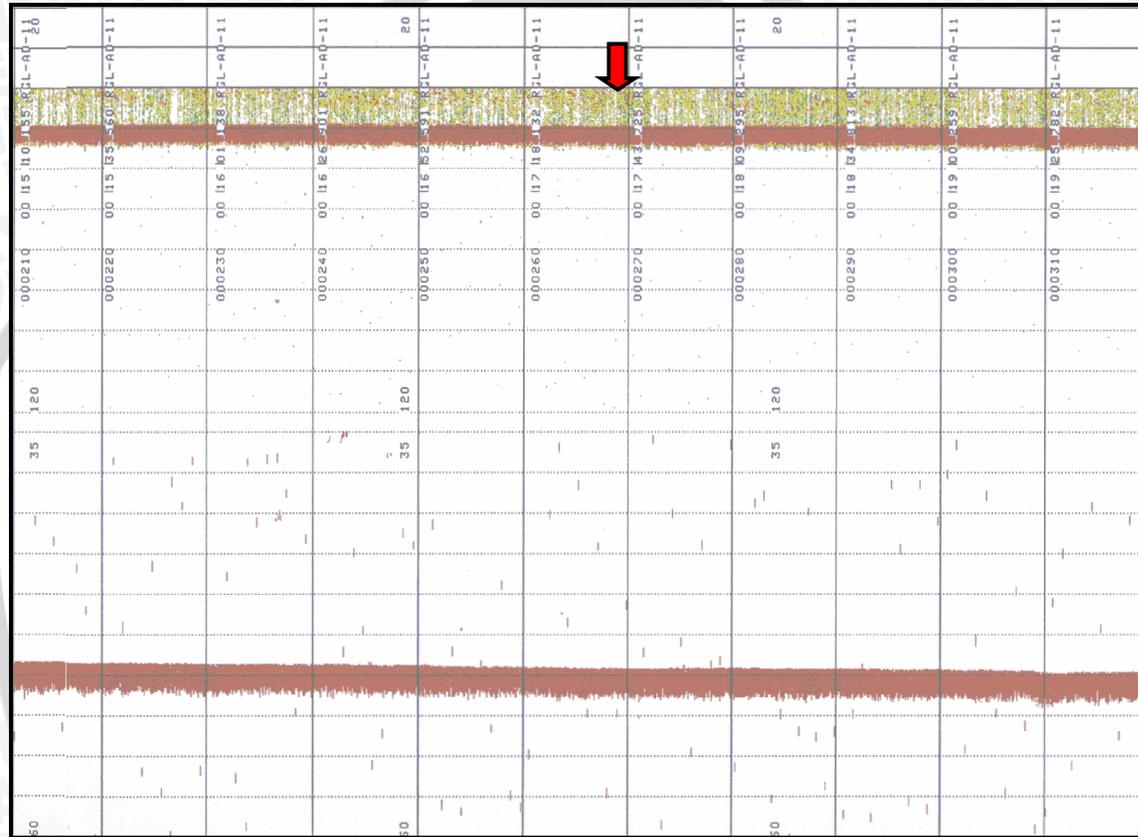
No	Lintasan	Data
1	X1	X1-AD-01.SSS.301.XTF
2	X2	X2-AD-02.SSS.301.XTF
3	X3	X3-AD-03.SSS.301.XTF
4	X4	X4-AD-04.SSS.301.XTF
5	X5	X5-AD-05.SSS.301.XTF

Tabel 4.4 Data side scan sona

Tenggara

Lokasi "X"

Barat Laut

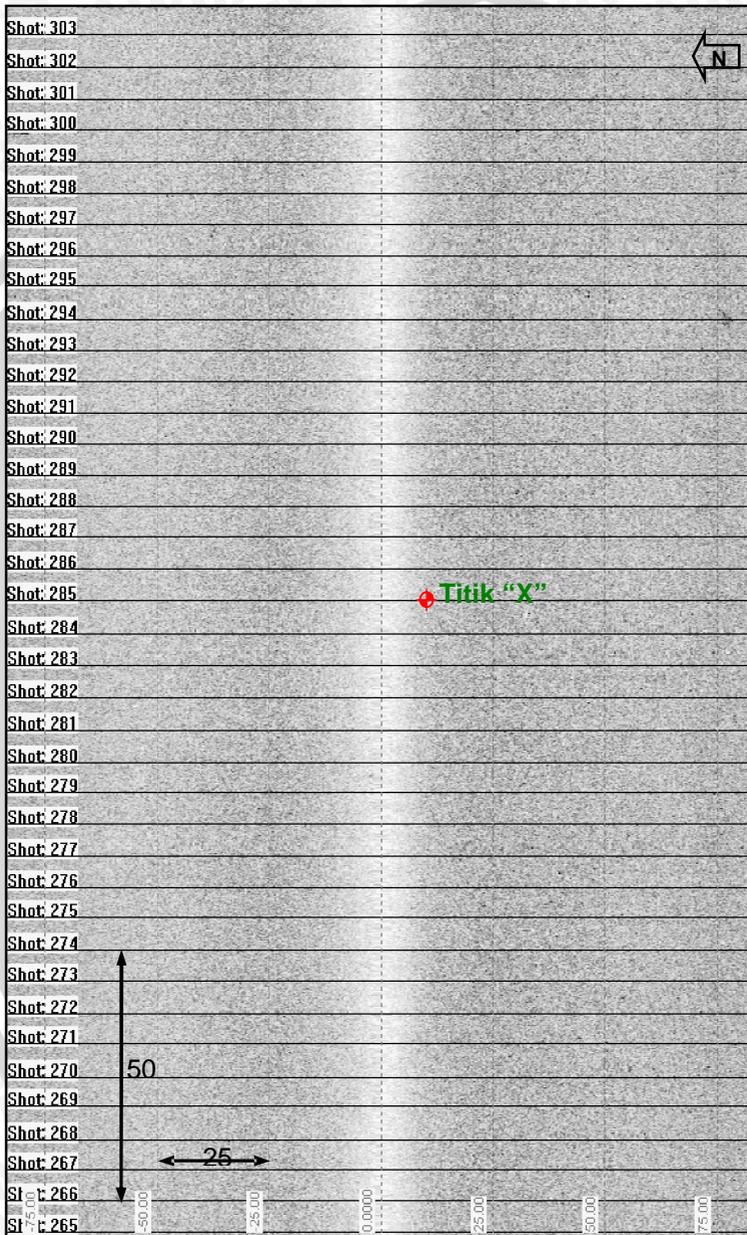


Gambar 4.1 Rekaman Echosounder pada Lintasan X-32

Pada gambar 4.1 diberikan gambaran tentang rekaman echosounder. Pada garis merah dibagian atas mengindikasikan frekuensi tinggi. Sedangkan pada garis merah dibagian bawah mengindikasikan frekuensi rendah. Pada garis kuning tepat diatas garis merah resolusi tinggi menandakan *noise*. *Noise* dapat terjadi karena pada saat pengambilan data, data tersebut kurang bagus, atau dapat juga terjadi karena alat rusak ketika pengambilan data atau bisa juga karena kondisi permukaan air laut. Pada rekaman echosounder setiap jarak 62.5 m arah horisontal diberi penomoran atau disebut juga *interval fix*, begitupun juga pada tiap jarak 20 m arah vertikal.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





Gambar 4.2 Rekaman Side Scan Sonar pada lintasan X-32

Pada gambar 4.2, rekaman side scan sonar bisa menjelaskan tentang ciri-ciri dasar laut. Garis putih pada rekaman side scan sonar menandakan *water coulumn*. *Water coulumn* disini diartikan jarak antara permukaan air dengan dasar laut. Pada rekaman side scan sonar, setiap jarak 25 m arah horizontal diberi penomoran atau disebut juga interval fix, begitupun juga pada setiap jarak 50 m arah vertical.

#### 4.2 Datum Track

Pada *datum track*, posisi sensor yang berada di kapal dikalkulasikan berdasarkan offset terhadap antenna GPS (datum) selama survey berjalan atau pengambilan data. Data posisi tersebut direkam dengan menggunakan software Fugro's Starfix. Seis navigation. Pengambilan data posisi di rekam setiap interval pengambilan data 2D seismic.

Pada *chart datum* di penelitian ini, terdapat 42 lintasan yang tiap-tiap lintasan terdapat nomor fix. Nomor fix disini diartikan sebagai angka yang menunjukkan dimana posisi suatu offset dari kapal direkam. Pada *chart datum* yang tergambar d lampiran 5, hampir di semua lintasan, posisi nomor fix pada saat penomoran berkisar antara 110-530, kecuali pada lintasan 6, 28, 33, dan 42, yang berkisar antara 1110-1530. Hal ini disebabkan karena pada lintasan-lintasan tersebut, pada saat pengambilan data, data tersebut tidak bagus, maka dilakukan pengambilan data ulang (*rerun*). Bahkan pada lintasan 10, pengambilan data diulang 2 kali dan nomor fixnya berkisar antara 2110-2530.

#### 4.3 Batimetri

Batimetri disini didefinisikan untuk mengidentifikasi kedalaman di bawah air. Sebuah peta batimetri pada umumnya menampilkan relief lantai atau dataran dengan garis-garis kontur yang disebut kontur kedalaman atau isobath, serta dapat juga memiliki informasi tambahan berupa informasi navigasi permukaan. Awalnya, batimetri mengacu kepada pengukuran kedalaman samudra. Dahulu teknik-teknik awal batimetri menggunakan tali berat terukur atau kabel yang diturunkan dari sisi kapal. Keterbatasan utama teknik ini adalah hanya dapat melakukan satu pengukuran

dalam satu waktu sehingga dianggap tidak efisien, sehingga teknik tersebut juga dapat menjadi subjek terhadap pergerakan kapal dan arus. Pada teknologi sekarang ini batimetri menggunakan gelombang suara yang dipancarkan dan diterima oleh suatu sensor yang bernama transduser yang dihubungkan oleh GPS. Gelombang suara yang dipancarkan dari transduser tersebut dipantulkan oleh dasar laut sebelum diterima kembali oleh transduser.

Pada penelitian disini semua data pendugaan batimetri sudah disurutkan menjadi satuan meter di bawah *Lowest Astronomical Tide* (m LAT). Data pendugaan batimetri dari sistem single beam echosounder ini berkualitas baik

Berdasarkan peta pada lampiran 6, kedalaman air minimum 48.1 m terjadi di bagian tenggara dari lokasi penelitian. Kedalaman air maksimum 49.8 m di jumpai di bagian Timur Laut. Sedangkan kedalaman air di lokasi penelitian adalah sedalam 49.0 m di bawah LAT.

Secara umum topografi dari dasar laut agak miring ke arah Utara dengan gradient yang tidak lebih dari  $1^{\circ}$ . Pada dasar laut permukaannya tidak begitu beraturan. Beberapa area dengan perbedaan kedalaman 0.5 m diperkirakan disebabkan adanya *pockmark*. Pada lokasi penelitian tidak dijumpai adanya keanehan pada batimetri seperti perubahan kedalaman secara tiba-tiba.

#### **4.4 Ciri-Ciri Dasar Laut**

Pada penelitian ini, ciri-ciri dasar laut di dalam lokasi penelitian sebagian besar terdiri atas *seabed scar* dan *pockmark*. *Pockmark* terbentuk pada sediment material di dasar laut yang belum terkomposisi dimana pada prosesnya komposisi air atau gas yang diikat dalam sediment terlepas dan mengakibatkan deformasi permukaan sediment berbentuk jejak lubang. Sedangkan *seabed scar* merupakan goresan pada dasar laut yang biasanya diakibatkan oleh *anchor scar* dan *trawl scar* atau karena aktifitas *jack up rig*.

*Pockmark* yang terisolasi tersebar disepanjang lokasi penelitian. *Pockmarks* ini memiliki ukuran yang bervariasi dengan diameter 2 m sampai 15 m dengan kedalaman kurang dari 1 m. *Pockmark* yang terisolasi merupakan tipikal dari proses pelepasan air pada sedimen pada mekanisme sedimentasi.

Pada lampiran 7, berdasarkan data *sub bottom profile*, tidak ada indikasi gas dangkal di dalam lokasi penelitian. Jadi dengan demikian pelepasan air bisa datang dari endapan-endapan, terutama lempung-lempung yang kemungkinan menyebabkan adanya *pockmarks* yang terisolasi sebagaimana mereka dimampatkan oleh sedimentasi secara terus menerus dan suatu lapisan pengubur yang semakin meningkat.

Beberapa *seabed scar* juga terjadi di dalam area survey. *Scar-scar* tersebut terdeteksi dari data side scan sonar dengan signifikan yang mengidentifikasi bahwa di daerah tersebut banyak dijumpai aktifitas nelayan. Pada penelitian ini hanya *scar-scar* yang tampak jelas saja yang di plot didalam peta. Hal ini dikarenakan *scar* bukan merupakan suatu bahaya untuk aktifitas pengeboran.

Disamping ciri-ciri diatas, tidak ada bahaya alami atau bahaya dari aktifitas lain di lokasi pengeboran. Selain itu tidak ada obyek didalam radius 100 m dari lokasi pengeboran pada lapangan penelitian.

#### **4.5 Isopach**

Isopach dapat diartikan sebagai suatu garis kontur yang menghubungkan titik-titik ketebalan suatu formasi atau lapisan yang sama.

Pada penelitian disini, target difokuskan pada isopach daerah yang berhubungan dengan geologi dangkal dari unit A. Unit A di tandai oleh sebuah hasil transparan akuistik. Unit ini menutup meliputi seluruh lokasi penelitian dan memiliki ketebalan yang bervariasi dari 1.3 m sampai 5.5 m. Unit ini diperkirakan terdiri dari lempung sangat halus dengan secara setempat-setempat ditemukan pecahan-pecahan cangkang dari organisme laut. Berdasarkan dari urutan sediment dangkal (unit A), tergambar jelas dari rekaman *sub bottom profile* yang dikarakteristikan secara seismik oleh reflector menerus sehingga dikenali sebagai reflector 1. Pada lokasi penelitian, reflector 1 diperkirakan berada pada kedalaman 2.7 m dibawah dasar laut.

#### **4.6 Isobath**

Pada kasus isobath dalam hal kaitannya dengan hidrologi, Isobath adalah garis imajiner pada permukaan bumi atau garis pada peta

yang menghubungkan semua poin yang sama vertical jarak diatas atau bawah permukaan air tanah pembentukan atau aquifer.

Selain itu isobath juga dapat didefinisikan sebagai sebuah garis kontur pada peta yang menghubungkan titik yang sama di kedalaman badan air atau dibawah permukaan bumi.

Didalam penelitian ini, target difokuskan pada isobath daerah yang berhubungan dengan geologi dangkal dari reflector R2. Unit B semi transparan dikarakterisasikan secara seismik dengan reflector internal yang lemah. Unit ini berhubungan dengan unit A yang utamanya merupakan perlapisan yang masif dan tidak berlapis. Ketebalan unit B pada lokasi pengeboran titik "x" diprediksi kira-kira 2 m. Amplitudo sedang yakni reflector R2, ditandai sebagai unit B. Pada lokasi penelitian reflector 2 diperkirakan berada pada kedalaman 4.8 m dibawah dasar laut.

#### **4.7 Profil Geologi Dangkal**

Daerah yang ada hubungannya dengan geologi dangkal ditandai oleh urutan-urutan transparan sampai dengan semi transparan. Geologi yang dangkal bisa dibagi menjadi enam unit utama, yang dipisahkan di dalam urutan oleh pemantul-pemantul utama dan biasanya terdiri atas urutan lempung. Endapan yang dangkal adalah terdiri dari lempung sangat halus dan mencakup seluruh lokasi dengan ketebalan umum 3 m.

Berdasarkan data pinger yang tergambar pada lampiran 10, dapat dilihat bahwa struktur geologi dangkal bersifat teratur, tanpa adanya masalah atau resiko geologi untuk perencanaan pengeboran dan aktifitas jangkak ke dasar laut.

Pada titik "x", kebanyakan sediment-sediment tersebut tersimpan disekitar daerah pantai bagian dalam. Sediment-sediment ini bersama dengan kebanyakan bahan organik selanjutnya bisa mempengaruhi penetrasi seismik akustik di dalam sediment-sedimen itu sendiri.

Dalam hal kualitas data, kualitas data *sub bottom profile* yang mempergunakan data pinger diasumsikan baik. Suatu kecepatan 1600 m/s digunakan untuk konversi data analog seismik dari waktu ke kedalaman

Unit A di tandai oleh sebuah hasil transparan akustik. Unit ini meliputi seluruh lokasi penelitian dan memiliki ketebalan yang bervariasi dari 1.3 m sampai 5.5 m. Unit ini diketahui terdiri dari

lempung sangat halus. Berdasarkan urutan sediment dangkal (unit A), tergambar jelas dari rekaman *sub bottom profile* yang dikarakteristikan secara seismic oleh reflector berkelanjutan yang dikenali sebagai reflector 1. Pada lokasi penelitian, reflector 1 diperkirakan berada pada kedalaman 2.2 m dibawah dasar laut.

Unit B adalah unit semi transparan yang dikarakterisasikan secara seismic dengan reflector internal yang lemah. Unit ini berhubungan dengan unit A dan utamanya merupakan perlapisan yang massif dan tidak berlapis. Beberapa reflector yang tidak berkelanjutan juga di jumpai pada unit ini. Berdasarkan karakteristik seismic dan *borehole* data unit, unit ini diketahui terdiri dari beberapa kandungan besi. Kadang-kadang juga terdapat pecahan cangkang yang tersebar dan juga adanya kantung-kantung silt yang tersementasi. Ketebalan dari unit B pada lokasi pengeboran di titik "x" diprediksi kira-kira 2 m. Amplitudo sedang yakni reflector R2, ditandai sebagai unit B. Pada lokasi penelitian reflector 2 diperkirakan berada pada kedalaman 4.3 m dibawah dasar laut.

Unit C berhubungan dengan unit B dan utamanya juga bersifat masif dan tidak berlapis. Unit ini terdiri dari lempung keras, serta pasir sedang. Ketebalan unit ini pada lokasi penelitian adalah 9 m. Dibawah lokasi penelitian, amplitudo sedang dari reflector 3 ditemukan pada kedalaman 13.0 m dibawah dasar laut. Unit C ini terpisah dari dasar unit D.

Unit D dipisahkan oleh reflector 3 di atasnya dan reflector amplitudo sedang. Reflector 4 di tandai berdasarkan unit D. Pada saat di korelasikan dengan data *soil bore* menunjukkan bahwa unit D terdiri dari *stiff silty clay*, pecahan cangkang dan kandungan besi yang berasal dari karakterisasi seismic dan data *borehole*. Unit ini dikarakterisasikan oleh reflector sedang pada bagian atas dan parallel reflector minor pada bagian bawah dari unit itu yang mengindikasikan laminasi yang baik pada urutan sediment. Pada lokasi penelitian, reflector 4 diperkirakan berada pada kedalaman 32.2 m dibawah dasar laut dari rekaman *sub bottom profile*.

Unit E terjadi sebagai pelapisan sediment yang massif dan merupakan unit yang dikarakterisasikan secara seismic oleh sebuah lapisan sediment secara akustik semi transparan yang menunjukkan setempat-setempat bersifat lemah dan tidak berkelanjutan. Unit E yang telah dikorelasikan terdiri dari lempung yang keras. Kedalaman unit E didalam lokasi penelitian berkisar dari 1.3 m sampai 5.5 m.

Pada lokasi penelitian, Reflector 5 (R5) dapat dijumpai kira-kira pada kedalaman 41.8 m di bawah dasar laut

Unit F adalah unit yang paling tua didalam urutan sediment terbaru dikarenakan unit ini berada di urutan sediment yang paling dalam. Unit ini terdiri dari lempung sedang, lempung keras sampai lempung sangat keras yang ditandai oleh hasil seismik sedang ke tinggi. Dasar dari unit ini diluar dari penetrasi *sub bottom profile*. Tidak ada indikasi adanya gas dangkal yang bisa diamati pada rekaman pinger.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Tingkatan Geologi	Nama Unit	Lokasi Penelitian		Lithologi
		Kedalaman dalam meter dibawah LAT	Kedalaman dalam meter dibawah dasar laut	
Geologi Dangkal	Unit A	49.0 - 51.7	0 - 2.2	Satuan dangkal, terdiri dari lempung sangat halus
	Unit B	51.7 - 53.8	2.2 - 4.3	Diperkirakan lempung lanau keras
	Unit C	53.8 - 62.0	4.3 - 13.0	Diperkirakan terdiri dari lempung lanau keras
	Unit D	62.0 - 80.4	13.0 - 32.2	Diperkirakan terdiri dari lempung lanau keras
	Unit E	80.4 - 89.7	32.2 - 41.8	Diperkirakan terdiri dari lempung yang keras
	Unit F	89.7 <	41.8 <	Diperkirakan terdiri dari lempung keras

Tabel 4.5 profil Geologi Dangkal

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang dianalisis pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Kedalaman laut di daerah penelitian adalah 49.0 m di bawah LAT (*Lowest Astronomical Tide*).
- b. Pada lokasi penelitian tidak dijumpai adanya keanehan pada batimetri seperti perubahan kedalaman secara tiba-tiba.
- c. Ciri-ciri dasar laut di dalam lokasi penelitian adalah terdiri atas *seabed scar* dan *pockmark*.
- d. Berdasarkan data *sub bottom profile*, tidak ada indikasi adanya gas dangkal di dalam lokasi penelitian.

### 5.2 Saran

Sebaiknya dilakukan penambahan survey geologi menengah (*intermediate geology*) untuk mendapatkan data keadaan lapisan-lapisan sedimen di bawah dasar laut sampai dengan kedalaman 1000 m untuk mendeteksi adanya bahaya didalam cakupan kedalaman tersebut.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, Agus. 2007<sup>a</sup>. <http://ensiklopediseismik.blogspot.com/>.  
Tanggal akses : 18 Oktober 2008.

Abdullah, Agus. 2007<sup>b</sup>.  
<http://ensiklopediseismik.blogspot.com/2007/07/multiple.html>.  
Tanggal akses 21 Oktober 2008.

Abdullah, Agus. 2007<sup>c</sup>.  
<http://ensiklopediseismik.blogspot.com/2008/11/marine-geohazards-site-survey.html>.  
Tanggal Akses 26 Oktober 2008.

Anderson, N and A. Atinuke 1999. *Overview of The Shallow Seismic Reflection Technique*. University of Missouri-Rolla, Missouri : 27 pp.

Anonymous. 2002. *PROCEEDING*. HAGI 27<sup>th</sup> Annual Meeting.  
Malang.

Badley, P. C. 1985. *Structural Methods For the Exploration Geologist*. Harper. New York.

Gardner, G.H.F., Gardner, L. W., and Gregory, A.R. 1974,  
*Formation velocity and density-The diagnostic basis for stratigraphic traps*. Geophysics 39

Hubbert, M. K. 2002. *Structural Geology*. Hafner. New York.

<http://budhikuswansusilo.files.wordpress.com/2008/02/structural-geology-2.pdf>. Tanggal akses : 19 November 2008.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Geohazard>. Tanggal akses : 21 Oktober 2008.

Kearns, R and F. C. Boyd. 1963. *The Effect of a Marine Seismic Exploration on Fish Population in British Columbia*. Vancouver, Canada : 7 pp.

Munadi. S., 2000. *Aspek Fisis Seismologi Eksplorasi*. Universitas Indonesia. Jakarta.

Roberts, J. L. 1994. *Introduction to Geological Maps And Structures*. Pergamon Press. Oxford.

Sanny, T. A. 2004. *Panduan Kuliah Lapangan Geofisika Metode Seismik Refleksi*. Dept. Teknik Geofisika, ITB, Bandung : 34 hal.

Santoso, D, Ir, Msc. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral ITB. Bandung.

Sobarin, Oeke., 2004, *Buku Panduan Seismik*, Jurusan Geologi Fakultas MIPA, Universitas Padjajaran.

Sukmono. S. 1999. *Interpretasi Seismik Refleksi*. Laboratorium Geofisika Reservoir Departemen Teknik Geofisika ITB. Bandung.

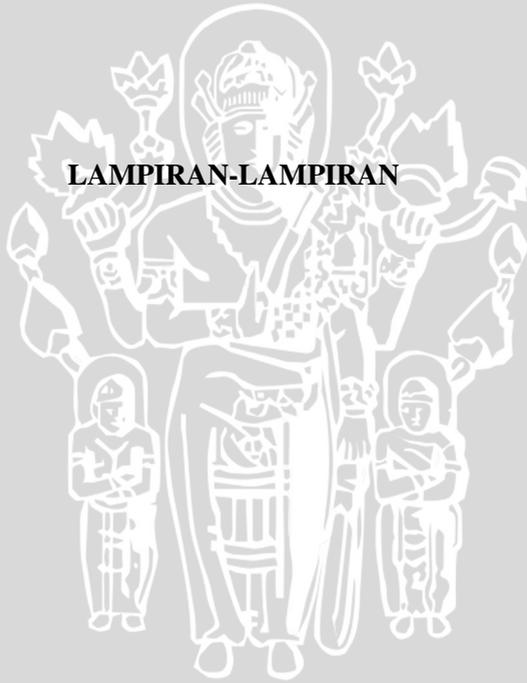
Sheriff, R.E. dan L.P. Geldart. 1995, *Exploration Seismology*. Second Ed., University press. Cambridge.

Van Der Kruk 2001. *Reflection Seismik 1*, Institut für Geophysik ETH, Zürich : 86 pp.

Yilmaz, O., 2001, *Seismic Data Analysis: Processing and Interpretation*, Society of exploration Geophysics. Oklahoma.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**LAMPIRAN-LAMPIRAN**



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## LAMPIRAN 1

### DATA BATIMETRI

No	Lintasan	Data
1	X1	X1-AD-01.ECH.101.XYZ
2	X2	X2-AD-02.ECH.101.XYZ
3	X3	X3-AD-03.ECH.101.XYZ
4	X4	X4-AD-04.ECH.101.XYZ
5	X5	X5-AD-05.ECH.101.XYZ
6	X6	X6-AD-06.ECH.101.XYZ
7	X7	X7-AD-07.ECH.101.XYZ
8	X8	X8-AD-08.ECH.101.XYZ
9	X9	X9-AD-09.ECH.101.XYZ
10	X10	X10-AD-10B.ECH.101.XYZ
11	X11	X11-AD-11A.ECH.101.XYZ
12	X12	X12-AD-12.ECH.101.XYZ
13	X13	X13-AD-13.ECH.101.XYZ
14	X14	X14-AD-14.ECH.101.XYZ
15	X15	X15-AD-15.ECH.101.XYZ
16	X16	X16-AD-16.ECH.101.XYZ
17	X17	X17-AD-17.ECH.101.XYZ
18	X18	X18-AD-18.ECH.101.XYZ
19	X19	X19-AD-19.ECH.101.XYZ
20	X20	X20-AD-20.ECH.101.XYZ
21	X21	X21-AD-21.ECH.101.XYZ
22	X22	X22-AD-22.ECH.101.XYZ
23	X23	X23-AD-23.ECH.101.XYZ
24	X24	X24-AD-24.ECH.101.XYZ
25	X25	X25-AD-25.ECH.101.XYZ
26	X26	X26-AD-26.ECH.101.XYZ
27	X27	X27-AD-27.ECH.101.XYZ
28	X28	X28-AD-28A.ECH.101.XYZ
29	X29	X29-AD-29.ECH.101.XYZ
30	X30	X30-AD-30.ECH.101.XYZ
31	X31	X31-AD-31.ECH.101.XYZ

32	X32	X32-AD-32.ECH.101.XYZ
33	X33	X33-AD-33A.ECH.101.XYZ
34	X34	X34-AD-34.ECH.101.XYZ
35	X35	X35-AD-35.ECH.101.XYZ
36	X36	X36-AD-36.ECH.101.XYZ
37	X37	X37-AD-37.ECH.101.XYZ
38	X38	X38-AD-38.ECH.101.XYZ
39	X39	X39-AD-39.ECH.101.XYZ
40	X40	X40-AD-40.ECH.101.XYZ
41	X41	X41-AD-41.ECH.101.XYZ
42	X42	X42-AD-42A.ECH.101.XYZ



## LAMPIRAN 2

### DATA NAVIGASI

No	Lintasan	Data
1	X1	X1-AD-01.NAV.101.POS
2	X2	X2-AD-02.NAV.101.POS
3	X3	X3-AD-03.NAV.101.POS
4	X4	X4-AD-04.NAV.101.POS
5	X5	X5-AD-05.NAV.101.POS
6	X6	X6-AD-06.NAV.101.POS
7	X7	X7-AD-07.NAV.101.POS
8	X8	X8-AD-08.NAV.101.POS
9	X9	X9-AD-09.NAV.101.POS
10	X10	X10-AD-10B.NAV.101.POS
11	X11	X11-AD-11A.NAV.101.POS
12	X12	X12-AD-12.NAV.101.POS
13	X13	X13-AD-13.NAV.101.POS
14	X14	X14-AD-14.NAV.101.POS
15	X15	X15-AD-15.NAV.101.POS
16	X16	X16-AD-16.NAV.101.POS
17	X17	X17-AD-17.NAV.101.POS
18	X18	X18-AD-18.NAV.101.POS
19	X19	X19-AD-19.NAV.101.POS
20	X20	X20-AD-20.NAV.101.POS
21	X21	X21-AD-21.NAV.101.POS
22	X22	X22-AD-22.NAV.101.POS
23	X23	X23-AD-23.NAV.101.POS
24	X24	X24-AD-24.NAV.101.POS
25	X25	X25-AD-25.NAV.101.POS
26	X26	X26-AD-26.NAV.101.POS
27	X27	X27-AD-27.NAV.101.POS
28	X28	X28-AD-28A.NAV.101.POS
29	X29	X29-AD-29.NAV.101.POS
30	X30	X30-AD-30.NAV.101.POS
31	X31	X31-AD-31.NAV.101.POS

32	X32	X32-AD-32.NAV.101.POS
33	X33	X33-AD-33A.NAV.101.POS
34	X34	X34-AD-34.NAV.101.POS
35	X35	X35-AD-35.NAV.101.POS
36	X36	X36-AD-36.NAV.101.POS
37	X37	X37-AD-37.NAV.101.POS
38	X38	X38-AD-38.NAV.101.POS
39	X39	X39-AD-39.NAV.101.POS
40	X40	X40-AD-40.NAV.101.POS
41	X41	X41-AD-41.NAV.101.POS
42	X42	X42-AD-42A.NAV.101.POS



### LAMPIRAN 3

#### DATA SEISMIK

No	Lintasan	Data
1	X1	X1-AD-01.PGR.101.SGY
2	X2	X2-AD-02.PGR.101.SGY
3	X3	X3-AD-03.PGR.101.SGY
4	X4	X4-AD-04.PGR.101.SGY
5	X5	X5-AD-05.PGR.101.SGY
6	X6	X6-AD-06.PGR.101.SGY
7	X7	X7-AD-07.PGR.101.SGY
8	X8	X8-AD-08.PGR.101.SGY
9	X9	X9-AD-09.PGR.101.SGY
10	X10	X10-AD-10B.PGR.101.SGY
11	X11	X11-AD-11A.PGR.101.SGY
12	X12	X12-AD-12.PGR.101.SGY
13	X13	X13-AD-13.PGR.101.SGY
14	X14	X14-AD-14.PGR.101.SGY
15	X15	X15-AD-15.PGR.101.SGY
16	X16	X16-AD-16.PGR.101.SGY
17	X17	X17-AD-17.PGR.101.SGY
18	X18	X18-AD-18.PGR.101.SGY
19	X19	X19-AD-19.PGR.101.SGY
20	X20	X20-AD-20.PGR.101.SGY
21	X21	X21-AD-21.PGR.101.SGY
22	X22	X22-AD-22.PGR.101.SGY
23	X23	X23-AD-23.PGR.101.SGY
24	X24	X24-AD-24.PGR.101.SGY
25	X25	X25-AD-25.PGR.101.SGY
26	X26	X26-AD-26.PGR.101.SGY
27	X27	X27-AD-27.PGR.101.SGY
28	X28	X28-AD-28A.PGR.101.SGY
29	X29	X29-AD-29.PGR.101.SGY
30	X30	X30-AD-30.PGR.101.SGY
31	X31	X31-AD-31.PGR.101.SGY

32	X32	X32-AD-32.PGR.101.SGY
33	X33	X33-AD-33A.PGR.101.SGY
34	X34	X34-AD-34.PGR.101.SGY
35	X35	X35-AD-35.PGR.101.SGY
36	X36	X36-AD-36.PGR.101.SGY
37	X37	X37-AD-37.PGR.101.SGY
38	X38	X38-AD-38.PGR.101.SGY
39	X39	X39-AD-39.PGR.101.SGY
40	X40	X40-AD-40.PGR.101.SGY
41	X41	X41-AD-41.PGR.101.SGY
42	X42	X42-AD-42A.PGR.101.SGY



## LAMPIRAN 4

### DATA SIDE SCAN SONAR

No	Lintasan	Data
1	X1	X1-AD-01.SSS.101.XTF
2	X2	X2-AD-02.SSS.101.XTF
3	X3	X3-AD-03.SSS.101.XTF
4	X4	X4-AD-04.SSS.101.XTF
5	X5	X5-AD-05.SSS.101.XTF
6	X6	X6-AD-06.SSS.101.XTF
7	X7	X7-AD-07.SSS.101.XTF
8	X8	X8-AD-08.SSS.101.XTF
9	X9	X9-AD-09.SSS.101.XTF
10	X10	X10-AD-10.SSS.101.XTF
11	X11	X11-AD-11A.SSS.101.XTF
12	X12	X12-AD-12.SSS.101.XTF
13	X13	X13-AD-13.SSS.101.XTF
14	X14	X14-AD-14.SSS.101.XTF
15	X15	X15-AD-15.SSS.101.XTF
16	X16	X16-AD-16.SSS.101.XTF
17	X17	X17-AD-17.SSS.101.XTF
18	X18	X18-AD-18.SSS.101.XTF
19	X19	X19-AD-19.SSS.101.XTF
20	X20	X20-AD-20.SSS.101.XTF
21	X21	X21-AD-21.SSS.101.XTF
22	X22	X22-AD-22.SSS.101.XTF
23	X23	X23-AD-23.SSS.101.XTF
24	X24	X24-AD-24.SSS.101.XTF
25	X25	X25-AD-25.SSS.101.XTF
26	X26	X26-AD-26.SSS.101.XTF
27	X27	X27-AD-27.SSS.101.XTF
28	X28	X28-AD-28A.SSS.101.XTF
29	X29	X29-AD-29.SSS.101.XTF
30	X30	X30-AD-30.SSS.101.XTF
31	X31	X31-AD-31.SSS.101.XTF

32	X32	X32-AD-32.SSS.101.XTF
33	X33	X33-AD-33A.SSS.101.XTF
34	X34	X34-AD-34.SSS.101.XTF
35	X35	X35-AD-35.SSS.101.XTF
36	X36	X36-AD-36.SSS.101.XTF
37	X37	X37-AD-37.SSS.101.XTF
38	X38	X38-AD-38.SSS.101.XTF
39	X39	X39-AD-39.SSS.101.XTF
40	X40	X40-AD-40.SSS.101.XTF
41	X41	X41-AD-41.SSS.101.XTF
42	X42	X42-AD-42A.SSS.101.XTF

