



**KARAKTERISASI PERSEBARAN RESERVOAR MENGGUNAKAN  
ANALISIS KECEPATAN PADA LAPANGAN EKSPLORASI  
PENOBSCOT NOVA-SCOTIA, KANADA**

**SKRIPSI**

Oleh:

**WINDA EKASARI  
NIM 121810201013**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**



**KARAKTERISASI PERSEBARAN RESERVOAR MENGGUNAKAN  
ANALISIS KECEPATAN PADA LAPANGAN EKSPLORASI  
PENOBSCOT NOVA-SCOTIA, KANADA**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh:

**WINDA EKASARI  
NIM 121810201013**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**

## PERSEMBAHAN

Persembahan ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta, syukur, dan terimakasih kepada:

1. Ibunda Nurul Aini dan Ayahanda Katmari yang tercinta, yang selalu memberiku dukungan materiil dan non-materiil;
2. Adikku Mohammad Alvian Nur Hidayat yang tercinta;
3. Dosen-dosenku yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya selama ini;
4. Teman-teman seperjuangan *Seismic* 2012 yang telah memberikan bantuan, dorongan, dan doa selama ini;
5. Seluruh keluarga besar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
6. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;

## MOTTO

“... Dan apa saja yang diberikan Rosul kepadamu, maka terimalah. Dan apa yang dilarangnya bagimu, maka tinggalkanlah. Dan bertakwalah kepada Allah. Sesungguhnya Allah amat keras hukumannya(QS. Al-Hasyr [59]: 7)<sup>\*)</sup>”

“Sesungguhnya setiap perbuatan itu dinilai berdasarkan niatnya. Dan sesungguhnya setiap orang (akan dibalas) menurut apa yang diniatkan. Karenanya, barang siapa yang hijrahnya karena (ingin mendapatkan keridhoan) Allah dan Rosul-Nya, maka hijrahnya kepada (keridhoan) Allah dan Rosul-Nya. Dan barang siapa yang hijrahnya karena dunia yang dikehendaknya maka hijrahnya (akan bernilai sebagaimana) yang dia niatkan (HR. Arba'in An-Nawawi)<sup>\*\*)</sup>”

---

<sup>\*)</sup> Departemen Agama RI. 2013. *Al-Qur'an dan terjemahnya*. Sukoharjo: PT. Insan Kamil Solo

<sup>\*\*)</sup> Dieb dan Mistu. 2013. *Al-Wafi fie Syarhil 'Arba'in An-Nawawwiyah*. Sukoharjo: PT. Insan Kamil Solo

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Winda Ekasari

NIM : 121810201013

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul *“Karakterisasi Persebaran Reservoir Menggunakan Analisis Kecepatan pada Lapangan Eksplorasi Penobscot Nova-Scotia, Kanada”* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institut mana pun, dan bukan jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Agustus 2016

Yang menyatakan,

Winda Ekasari

121810201013

**SKRIPSI**

**KARAKTERISASI PERSEBARAN RESERVOAR MENGGUNAKAN  
ANALISIS KECEPATAN PADA LAPANGAN EKSPLORASI  
PENOBSCOT NOVA-SCOTIA, KANADA**

Winda Ekasari  
NIM 121810201013

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Puguh Hiskiawan, S.Si, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Misto, M.Si

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Karakterisasi Persebaran Reservoir Menggunakan Analisis Kecepatan pada Lapangan Eksplorasi Penobscot Nova-Scotia, Kanada” telah diuji dan disahkan pada:

hari :

tanggal:

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua (Dosen Pembimbing Utama), Sekretaris (Dosen Pembimbing Anggota),

Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si.  
NIP. 19741215200212 1 001

Ir. Misto, M.Si.  
NIP. 19591121199103 1 002

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Dr. Artoto Arkundato, S.Si, M.Si.  
NIP. 19691225199903 1 001

Bowo Eko Cahyono, S.Si, M.Si.  
NIP. 19720210199802 1 001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Drs. Sujito, Ph.D  
NIP. 196102041987111001

## RINGKASAN

**Karakterisasi Persebaran Reservoir Menggunakan Analisis Kecepatan pada Lapangan Eksplorasi Penobscot Nova-Scotia, Kanada;** Winda Ekasari, 121810201013; 2016: 88 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Energi minyak dan gas bumi masih menjadi andalan utama perekonomian sebagai penghasil devisa maupun pemasok kebutuhan energi dunia. Potensi sumber minyak dan gas bumi masih terus dikembangkan guna memenuhi kebutuhan akan energi yang terus meningkat. Semakin berkurangnya cadangan minyak dan gas bumi dunia membuat manusia dituntut untuk menemukan beberapa teknologi yang mampu melakukan eksplorasi sumber-sumber energi tersebut.

Metode seismik merupakan salah satu metode geofisika untuk melakukan eksplorasi sumber-sumber energi. Metode seismik merupakan satu diantara metode yang sering dipergunakan untuk mengetahui atau mencari reservoir suatu hidrokarbon. Metode seismik merupakan kegiatan yang meliputi tiga tahapan, yaitu pengambilan data, pengolahan data dan interpretasi. Pengambilan data adalah kegiatan untuk mendapatkan data secara langsung dari lapangan maupun data yang tidak langsung, pengolahan data adalah seluruh kegiatan dimulai dari bagaimana pita magnetik dibaca, diatur kembali pada aturan yang sesuai, dilakukan beberapa koreksi, diolah sehingga tercapai penampang seismik yang memiliki rasio *signal to noise* yang tinggi, serta peningkatan mutu resolusi lateral vertikal, dan interpretasi adalah tahapan untuk memperoleh gambaran geologi bawah permukaan dari data seismik, selanjutnya dapat dipetakan maupun dibuat berbagai penampang sesuai dengan kebutuhan, sehingga dapat memperoleh gambaran bawah permukaan (kondisi geologinya).



Penelitian ini dilakukan di ruang Laboratorium Komputasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember terhadap data studi kasus pada Formasi *Missisauga* Lapangan Eksplorasi Kanada. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakterisasi litologi dan persebaran reservoir pada Formasi *Missisauga* yaitu lapisan *upper missisauga, sand 2, sand 3, sand 4, sand 5, sand 6, sand 7*, dan *lower missisauga* Lapangan Eksplorasi Kanada dengan dikontrol dua data sumur L-30 dan sumur B-41. Pada penelitian ini menggunakan kecepatan untuk mengkarakterisasi material yang ada pada lapisan target, sedangkan untuk mengetahui persebaran reservoir menggunakan respon frekuensi.

Berdasarkan data kecepatan dari konversi waktu menjadi kedalaman pada lapisan target penelitian menunjukkan pada Formasi *Missisauga* yaitu lapisan *upper missisauga, sand 2, sand 3, sand 4, sand 5, sand 6, sand 7*, dan *lower missisauga* menunjukkan adanya material yang mengandung *surface, sands, sandstone, fresh water, sea water, oil*. Sedangkan berdasarkan kedelapan peta respon frekuensi yang diperoleh dari ekstraksi pada lapisan target penelitian semua menunjukkan adanya persebaran reservoir dan anomali patahan dengan arah persebarannya dari Barat Laut ke Tenggara yang dikontrol oleh dua data sumur yaitu sumur L-30 dan Sumur B-41. Selain itu dengan menggunakan peta kontur domain waktu terlihat pada Formasi *Missisauga* yaitu lapisan *upper missisauga, sand 2, sand 3, sand 4, sand 5, sand 6, sand 7*, dan *lower missisauga* menunjukkan bahwa daerah bagian Barat dan Barat Laut lebih tinggi dari pada daerah bagian Timur Laut. Hal tersebut mengindikasikan daerah bagian Barat dan Barat Laut memiliki elevasi yang lebih tinggi dari pada daerah bagian Timur Laut, sehingga dapat diasumsikan bahwa daerah dengan persebaran reservoir hidrokarbon terletak pada daerah tinggi.

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena dengan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakterisasi Persebaran Reservoir Menggunakan Analisis Kecepatan pada Lapangan Eksplorasi Penobscot Nova-Scotia, Kanada”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Terimakasih juga penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu proses penyusunan laporan tugas akhir, antara lain kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kekuatan bagi penulis untuk terus semangat pantang menyerah dan banyak memberikan jalan keluar serta keberuntungan-keberuntungan yang sama sekali tak terduga datangnya;
2. Puguh Hiskiawan, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) dan Ir. Misto, M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang disela-sela kesibukannya telah banyak membantu, memberikan arahan, masukan, motivasi serta memberikan waktunya untuk berdiskusi dengan penulis;
3. Dr. Artoto Arkundato, S.Si, M.Si. dan Bowo Eko Cahyono, S.Si, M.Si., selaku dosen penguji I dan II atas waktunya untuk berdiskusi dan segala masukan serta koreksinya dalam laporan tugas akhir ini;
4. Seluruh dosen Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang dengan ikhlas telah memberikan ilmu dan pengetahuannya selama perkuliahan;
5. Orang tua dan segenap keluarga penulis atas do'a dan motivasinya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini;

6. Teman-teman seperjuangan *seismic group* 2012 Nurul, Rully, Illavi, Harik, Yusti, Luluk, Himmah, Sandy, dan Mira yang kerap menyemangati satu sama lain demi kelancaran kelulusan;
7. Seluruh teman-teman angkatan 2012 tanpa terkecuali, terimakasih atas motivasi, memori, diskusi, dan canda yang menyertai perjalanan pendidikan penulis di Universitas Jember;
8. Para senior Fisika Universitas Jember yang rela menyempatkan waktunya untuk berdiskusi;
9. Sahabat setia Rini, Febri, Nurul, dan Rizky yang telah berbagi pengalaman dan meluangkan waktunya untuk berbagi suka dan duka bersama;
10. Sahabat “Alim” mbak Elok, mbak Mita, Nurul, mbak Illavi, dan mbak Ruli yang telah berbagi pengalaman dan meluangkan waktunya untuk berbagi suka dan duka bersama;
11. Seluruh pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Semoga Allah SWT membalas jasa semua pihak tersebut diatas dengan sebaik-baiknya. Penulis juga menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu perlulah kiranya saran dan kritik yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat membawa manfaat bagi khalayak umum.

Jember, Agustus 2016

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Tinjauan Geologi</b> .....	5
2.1.1 Geologi Regional Lapangan Eksplorasi Penobscot .....	6
2.1.2 Stratigrafi Lapangan Eksplorasi Penobscot .....	9
2.1.3 <i>Petroleum System</i> Cekungan Scotia .....	13
<b>2.2 Tinjauan Geofisika</b> .....	14

<b>2.3</b>	<b>Konsep Dasar Eksplorasi Seismik</b> .....	14
<b>2.4</b>	<b>Gelombang Seismik</b> .....	16
2.4.1	Kecepatan Gelombang Seismik .....	18
2.4.2	Hukum Perambatan Gelombang .....	20
<b>2.5</b>	<b>Komponen Seismik Refleksi</b> .....	22
2.5.1	Koefisien Refleksi .....	22
2.5.2	<i>Trace Seismic</i> (Jejak Seismik) .....	23
2.5.3	<i>Wavelet</i> .....	23
2.5.4	Seismogram Sintetik .....	25
2.5.5	Survei <i>Checkshot</i> .....	26
2.5.6	Tinjauan Umum <i>Well-Logging</i> .....	27
<b>2.6</b>	<b>Kecepatan Seismik</b> .....	28
2.6.1	Kecepatan Interval .....	29
2.6.2	Kecepatan Rata-rata .....	29
<b>2.7</b>	<b>Konversi Waktu menjadi Kedalaman</b> .....	30
2.7.1	Konversi Langsung .....	31
2.7.2	Pemodelan Kecepatan .....	33
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	35
<b>3.1</b>	<b>Lokasi dan Waktu Penelitian</b> .....	35
<b>3.2</b>	<b>Alat dan Bahan</b> .....	36
<b>3.3</b>	<b>Skema Kerja Penelitian</b> .....	37
<b>3.4</b>	<b>Prosedur Penelitian</b> .....	38
3.4.1	Studi Literatur .....	38
3.4.2	Persiapan Data .....	38
3.4.3	Pengolahan Data .....	41
3.4.4	Analisis Data .....	51
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	53
<b>4.1</b>	<b>Hasil <i>Picking Horizon</i> dan <i>Picking Fault</i></b> .....	54

4.2 Analisis Peta Kontur domain Waktu .....	57
4.3 Konversi Waktu menjadi Kedalaman .....	62
4.4 Distribusi Kecepatan pada Lapisan .....	64
4.5 Persebaran Frekuensi pada <i>Horizon</i> .....	65
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	71
5.1 Kesimpulan .....	71
5.2 Saran .....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	72
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	76
<b>LAMPIRAN</b> .....	80

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Lapangan Eksplorasi Penobscot, Nova-Scotia, Kanada .....	5
2.2 Sub-cekungan Shelburne, La Have <i>Platform</i> , Sable dan Sub-cekungan Abenaki, Banquereau <i>Platform</i> , Orpheus Graben dan Sub-cekungan Laurentian .....	6
2.3 Paleogeografi dari Cekungan Scotian selama Jurassic Akhir pada deposisi Formasi MicMac, Abenaki dan Verrill Canyon .....	7
2.4 Paleogeografi dari Cekungan Scotia selama <i>Cretaceous</i> pada posisi Formasi MicMac, Abenaki dan Verrill Canyon .....	8
2.5 Skema 3D Geomodel <i>Scotian Shelf</i> .....	8
2.6 Stratigrafi Umum Lapangan Eksplorasi Penobscot .....	10
2.7 Peta <i>Isopach</i> Formasi <i>Missisauga</i> .....	13
2.8 (a) Metode Refleksi (b) Pencitraan Bawah Permukaan melalui Data Seismik Refleksi 2D.....	15
2.9 Gelombang P .....	17
2.10 Gelombang S .....	17
2.11 Gelombang <i>reyleigh</i> .....	18
2.12 Gelombang <i>love</i> .....	18
2.13 Refleksi dan Transmisi dari timbulnya Gelombang-P .....	20
2.14 Prinsip Huygens .....	21
2.15 Prinsip Fermat .....	21
2.16 Koefisien refleksi sudut datang nol .....	22
2.17 Ilustrasi Pembuatan <i>trace</i> seismik .....	23
2.18 <i>Wavelet</i> fasa nol .....	24

2.19 Jenis-jenis <i>wavelet</i> berdasarkan konsentrasinya, (1) <i>mixed phase</i> , (2) <i>minimum phase</i> , (3) <i>maximum phase</i> , (4) <i>zero phase</i> .....	25
2.20 Contoh seismogram sintetik .....	26
2.21 Survei <i>checkshot</i> .....	27
2.22 Kecepatan Interval .....	29
2.23 Diagram menunjukkan kecepatan interval dan konsep kecepatan rata-rata .....	30
2.24 Resiko interpretasi struktur dalam domain waktu .....	31
2.25 Pemodelan kecepatan (a) Kesalahan diminimalkan pada titik ikatan (konversi langsung); (b) Fungsi yang sebenarnya tetap dipergunakan.	32
2.26 Grafik kondisi kecepatan terhadap kedalaman .....	33
3.1 Stratigrafi zona target penelitian .....	35
3.2 Skema kerja penelitian .....	37
3.3 Posisi sumur pada <i>basemap</i> area penelitian .....	38
3.4 <i>Base Map</i> data seismik melalui Opendtect dalam tampilan 3D .....	40
3.5 <i>Base Map</i> data seismik melalui Opendtect dalam tampilan 2D .....	40
3.6 Marker sumur .....	41
3.7 Korelasi sumur B-41(kiri) dan L-30 (kanan) .....	42
3.8 <i>Wavelet statistical</i> 120ms .....	43
3.9 Pengikatan data sumur yang diwakili oleh seismogram sintetik terhadap data seismik .....	44
3.10 Hasil <i>picking horizon</i> pada lapisan target .....	45
3.11 Hasil <i>picking fault</i> .....	46
3.12 Proses Peta Struktur Domain Waktu .....	47
3.13 Salah satu contoh Peta struktur domain waktu pada permukaan lapisan <i>Sand 2</i> .....	47
3.14 Proses Konversi domain waktu menjadi kedalaman .....	48
3.15 Model bumi perlakuan frekuensi pada <i>inline</i> ( kiri sumur L-30 kanan	



sumur B-41 .....	49
3.16 (a) Proses penampilan horizon target pada data seismik (b) proses mengeluarkan respon frekuensi (c) pengolahan lapisan horizon dengan menggunakan respon frekuensi (d) Salah satu contoh persebaran frekuensi pada horizon <i>sand 2</i> .....	51
4.1 (a) <i>Picking Horizon</i> (b) <i>Picking Fault</i> .....	55
4.2 Korelasi data sumur dengan data seismik pada sumur L-30 dan B-41	56
4.3 Peta struktur waktu formasi <i>upper missisauga</i> .....	57
4.4 Peta struktur waktu formasi <i>sand 2</i> .....	58
4.5 Peta struktur waktu formasi <i>sand 3</i> .....	58
4.6 Peta struktur waktu formasi <i>sand 4</i> .....	59
4.7 Peta struktur waktu formasi <i>sand 5</i> .....	59
4.8 Peta struktur waktu formasi <i>sand 6</i> .....	60
4.9 Peta struktur waktu formasi <i>sand 7</i> .....	60
4.10 Peta struktur waktu formasi <i>lower missisauga</i> .....	61
4.11 Grafik <i>time-depth curve</i> pada Formasi <i>Missisauga</i> .....	63
4.12 Peta persebaran frekuensi <i>upper missisauga</i> .....	66
4.13 Peta persebaran frekuensi <i>sand 2</i> .....	66
4.14 Peta persebaran frekuensi <i>sand 3</i> .....	67
4.15 Peta persebaran frekuensi <i>sand 4</i> .....	67
4.16 Peta persebaran frekuensi <i>sand 5</i> .....	68
4.17 Peta persebaran frekuensi <i>sand 6</i> .....	68
4.18 Peta persebaran frekuensi <i>sand 7</i> .....	69
4.19 Peta persebaran frekuensi <i>sand lower missisauga</i> .....	69

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Kecepatan gelombang seismik dari beberapa material .....	19
3.1 Informasi data sumur .....	39
3.2 Tabel Kecepatan pada lapangan Eksplorasi .....	49
4.1 Konversi waktu dan kedalaman Lapangan Penobscot L-30 .....	62
4.2 Konversi waktu dan kedalaman Lapangan Penobscot B-41 .....	64
4.3 Nilai Kecepatan dari Lapangan Penobscot L-30 .....	65

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi minyak dan gas bumi masih menjadi andalan utama perekonomian sebagai penghasil devisa maupun pemasok kebutuhan energi dunia. Potensi sumber minyak dan gas bumi masih terus dikembangkan guna memenuhi kebutuhan akan energi yang terus meningkat. Semakin berkurangnya cadangan minyak dan gas bumi dunia membuat manusia dituntut untuk menemukan beberapa teknologi yang mampu melakukan eksplorasi sumber-sumber energi tersebut.

Metode seismik pada awalnya hanya digunakan untuk memetakan geometri struktur jebakan hidrokarbon. Namun kemudian teknologi seismik kini telah berkembang ke arah seismik litologi dan petrofisika. Teknik pengembangan reservoir hidrokarbon dewasa ini tidak hanya memandang data seismik sebagai informasi struktural bawah permukaan, tetapi juga sebagai data yang mampu memberikan informasi mengenai litologi maupun kandungan fluida reservoir sebagai studi lanjutan (Yusuf dan Romli, 2012).

Data seismik memberikan cakupan lateral yang luas, namun disisi lain sangat minim untuk resolusi secara vertikal. Data sumur memberikan resolusi vertikal yang tinggi, namun sempit cakupan spasialnya. Oleh karena itu, studi yang terintegrasi menggabungkan data seismik, data sumur dengan informasi geologi dan stratigrafi merupakan langkah yang diperlukan untuk mengetahui karakteristik suatu reservoir, yang nantinya dapat digunakan untuk mengetahui material yang ada pada area penelitian (Bacon *et al.*, 2003).

Kegiatan eksplorasi seismik dilakukan dengan menggunakan metode seismik refleksi. Metode seismik merupakan satu di antara metode yang sering dipergunakan untuk mengetahui atau mencari reservoir suatu hidrokarbon.

Metode seismik merupakan kegiatan yang meliputi tiga tahapan, yaitu pengambilan data, pengolahan data dan interpretasi. Pengambilan data adalah kegiatan untuk mendapatkan data secara langsung dari lapangan maupun data yang tidak langsung, pengolahan data adalah seluruh kegiatan dimulai dari bagaimana pita magnetik dibaca, diatur kembali pada aturan yang sesuai, dilakukan beberapa koreksi, diolah sehingga tercapai penampang seismik yang memiliki rasio *signal to noise* yang tinggi, serta peningkatan mutu resolusi lateral vertikal, dan interpretasi adalah tahapan untuk memperoleh gambaran geologi bawah permukaan dari data seismik, selanjutnya dapat dipetakan maupun dibuat berbagai penampang sesuai dengan kebutuhan, sehingga dapat memperoleh gambaran bawah permukaan (kondisi geologinya).

Penelitian tentang karakterisasi persebaran reservoir telah dilakukan dalam beberapa metode, diantaranya seperti yang dilakukan Fahrullah (2014) menggunakan analisis atribut AVO (*Amplitudo Versus Offset*) untuk menganalisis dan memetakan persebaran reservoir hidrokarbon di daerah telitian. Marsis (2013) menentukan persebaran reservoir dengan memadukan antara data seismik, data sumur, dan data geologi yang kemudian digunakan untuk membentuk persebaran reservoir dari nilai impedansi akustik. Reservoir yang memenuhi kriteria pada lapangan eksplorasi terlihat nilai anomali impedansi akustik yang rendah. Hiskiawan (2015) melakukan penelitian untuk menentukan gambaran bawah permukaan dengan menggunakan metode eksplorasi seismik refraksi. Metode ini akan memberikan data seismik atau penjalaran gelombang bawah permukaan yang selanjutnya dilakukan teknik filter spektrum frekuensi yang dapat menjelaskan kondisi bawah permukaan.

Berdasarkan metode-metode penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka penelitian ini akan lebih difokuskan pada karakterisasi persebaran reservoir menggunakan analisis kecepatan dan frekuensi pada lapangan eksplorasi. Penggunaan analisis kecepatan digunakan untuk mengkarakterisasi material yang terkandung pada lapisan target sedangkan penggunaan frekuensi digunakan untuk

menentukan persebaran reservoir hidrokarbon yang ada pada lapisan target. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan referensi yang dapat dilakukan untuk menentukan persebaran reservoir pada beberapa area telitian yang sesuai.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan diatas, maka diperoleh rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana penggunaan analisis kecepatan untuk mengkarakterisasi material yang terkandung pada lapisan target?
2. Bagaimana penggunaan respon frekuensi di formasi *Upper Missisauga, sand 2, sand 3, sand 4, sand 5, sand 6, sand 7*, dan *Lower Missisauga* untuk menunjukkan persebaran reservoir hidrokarbon?

### 1.3 Batasan Masalah Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada beberapa aspek yaitu untuk mempermudah dalam proses penelitian yang akan dilakukan diantaranya sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian berada di Lapangan Eksplorasi pada Cekungan *Nova Scotia*, Kanada;
2. Zona target penelitian dikhususkan pada bagian Formasi *Upper Missisauga, sand 2, sand 3, sand 4, sand 5, sand 6, sand 7*, dan *Lower Missisauga*;
3. Data yang digunakan adalah data seismik, sumur, *checkshot*, dan *marker*;
4. *Software* yang digunakan untuk pengolahan data adalah *software Opendtect* versi 5.0 2D/3D.

### 1.4 Tujuan Penelitian

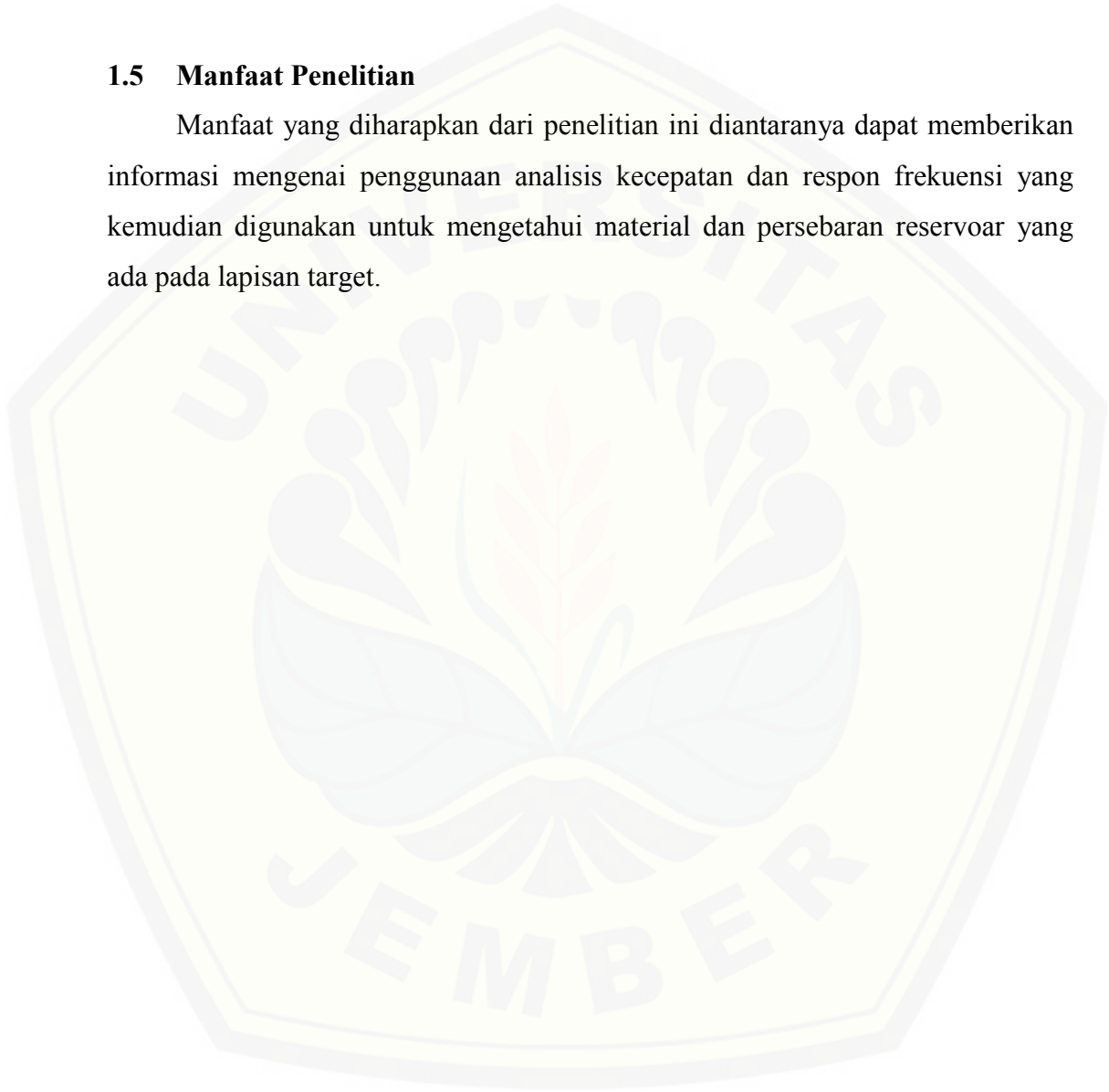
Kajian penelitian difokuskan pada interpretasi data seismik. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui penggunaan analisis kecepatan untuk mengkarakterisasi material yang terkandung pada lapisan target.

2. Mengetahui penggunaan respon frekuensi di formasi *Upper Missisauga, sand 2, sand 3, sand 4, sand 5, sand 6, sand 7*, dan *Lower Missisauga* untuk menunjukkan persebaran reservoir hidrokarbon.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini diantaranya dapat memberikan informasi mengenai penggunaan analisis kecepatan dan respon frekuensi yang kemudian digunakan untuk mengetahui material dan persebaran reservoir yang ada pada lapisan target.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Geologi

Lapangan Penobscot terletak pada Cekungan Scotia yang berada di wilayah samudra Atlantik bagian utara, sebelah Tenggara Propinsi *Nova Scotia*, Kanada. Secara detail, lapangan ini berada pada 25 km NW dari pulau Sable dengan kedalaman air dari 50 sampai 150 m (Gambar 2.1). Secara geografis lapangan eksplorasi terletak pada  $44^{\circ}07'46''\text{N}$  /  $60^{\circ}06'00''\text{W}$ . Sejak tahun 1992 telah dilakukan survei dan akuisisi data seismik 2D ataupun 3D untuk kegiatan eksplorasi minyak dan gas bumi oleh *Canada Nova Scotia Offshore Petroleum Board* dan *Departement Energy Nova Scotia, Canada* (*Nova Scotia Departement of Energy*, 2011).

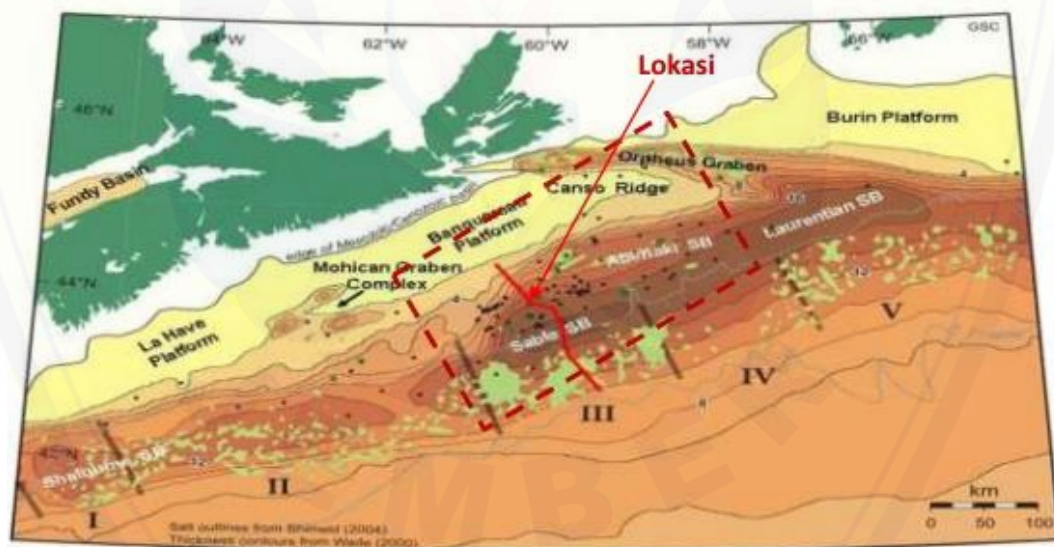


Gambar 2.1 Lapangan Eksplorasi Penobscot, Nova-Scotia, Kanada (Sumber: [Opentect.org/osr/uploads/Main/Penobscot3D\\_Loc](http://Opentect.org/osr/uploads/Main/Penobscot3D_Loc))

Setengah dari cekungan terletak di landasan benua dimana sekarang berada di kedalaman air kurang dari 200 m dengan setengah lainnya berada di lereng benua dengan kedalaman air dari 200 sampai 4000 m (CNSOPB, 2010). Pada tahun 1976 telah dilakukan pengeboran sumur Penobscot L-30 oleh Perusahaan Minyak Petro-Canada Shell dengan total kedalaman 4237,5 m pada kedalaman air 138 m. Analisa Petrofisika dan mengindikasikan adanya *light oil*, *condensate*, dan gas pada tujuh lapisan batu pasir pada Formasi Missisauga Tengah.

### 2.1.1 Geologi Regional Lapangan Eksplorasi Penobscot

Cekungan Scotia dengan total luas sekitar 300.000 km<sup>2</sup>, terletak pada wilayah lepas pantai Nova Scotia dengan panjang sekitar 1.200 km dari perbatasan Yarmouth Arch atau Amerika Serikat pada posisi Barat Daya ke Uplift Avalon di Grand Banks – Newfoundland pada posisi Timur Laut.



Gambar 2.2 Sub-cekungan Shelburne, La Have Platform, Sable dan Sub-cekungan Abenaki, Banquereau Platform, Orpheus Graben dan Sub-cekungan Laurentian (Sumber: Wade dan MacLean, 1990)

Cekungan ini terbentuk pada daerah *passive continental margin* yang terbentuk selama retakan Pangea hingga pembentukan Atlantik. Retakan Pangea



yang memisahkan Amerika Utara dengan Benua Afrika berlangsung pada periode Triassic pertengahan, kemudian membentuk cekungan yang terisi oleh lapisan yang paling awal berupa sedimen *fluvial* dan *lacustrine* serta intrusi batuan vulkanik. Pada periode Jurassic awal, cekungan secara bertahap terisi oleh batuan klastik dan karbonat kemudian berkembang menjadi lautan sepenuhnya pada periode Jurassic pertengahan yang memicu terbentuknya susunan alluvial *plain*, *delta*, dan pembentukan karbonat (Gambar 2.2).

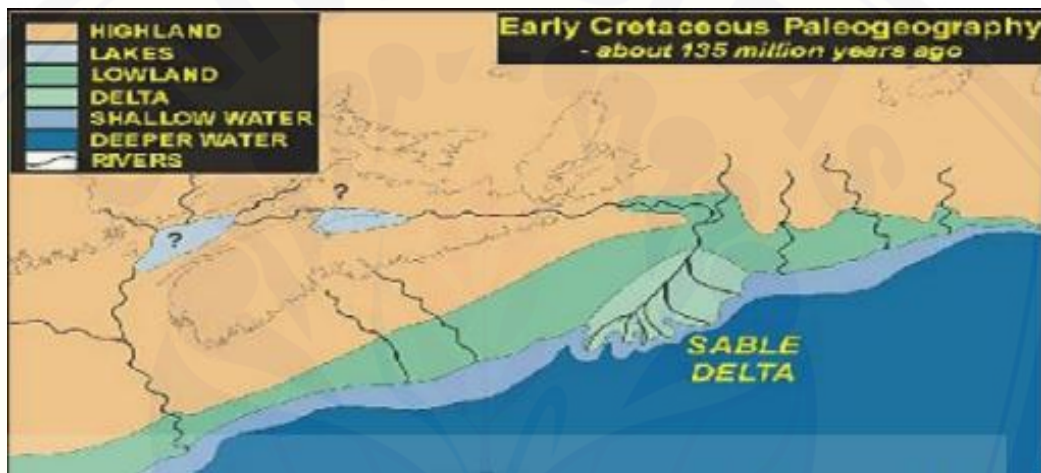


Gambar 2.3 Paleogeografi dari Cekungan Scotia selama Jurassic Akhir pada posisi Formasi MicMac, Abenaki dan Verrill Canyon. (Sumber: Fensome dan Williams, 2001)

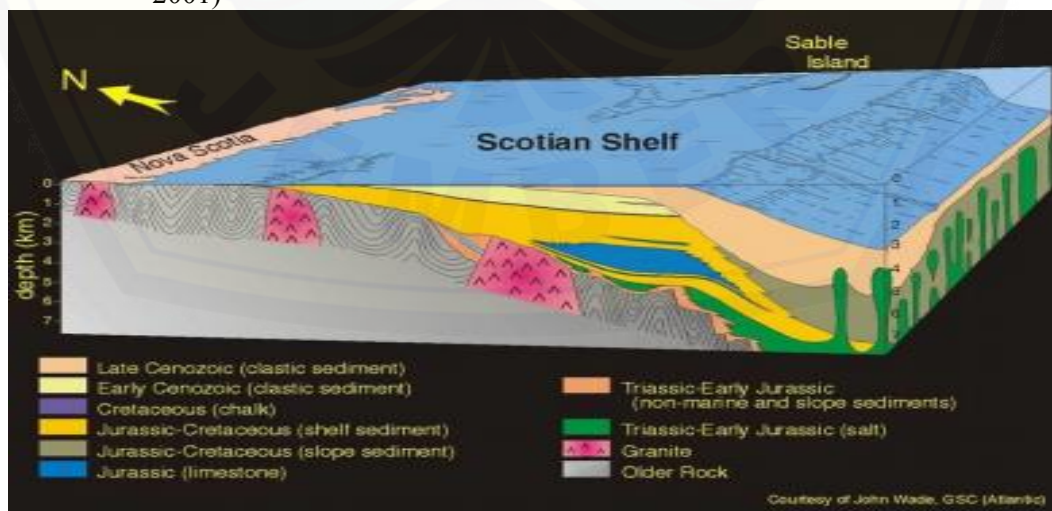
Seiring terjadinya pembentukan platform karbonat, kenaikan permukaan air laut mengakibatkan lingkungan karbonat tertutupi oleh serpih (*shale*), yang kemudian terbentuk kembali pada periode Jurassic akhir. Pengendapan pada periode Cretaceous didominasi oleh serangkaian batu pasir yang tebal dari tipe *deltaic* (Jensa *et al.*, 1990). Fluktuasi relatif permukaan air laut pada periode Tersier mengakibatkan *unconformity* pada lapisan sedimen. Lapisan tersebut tererosi oleh aliran fluvial yang membawa sedimen menuju ke *abyssal plain* (CNSOPB, 2008).

Selama periode *Cretaceous*, sedimen yang dibawa menuju pesisir pantai melalui sistem sungai menjadi lebih lembut, banyak didominasi oleh lanau (*silt*)

dan lumpur. Level air laut meningkat tetapi temperatur tetap hangat, hal ini menyebabkan terjadinya pengendapan sedimen laut seperti batuan karbonat (*limestone*) dan kapur pada paparan (*shelf*) Scotia. Saat sebagian besar wilayah berada pada periode diatas level permukaan air laut, sedimen yang terkikis dari daratan terendapkan di *offshore* sepanjang *continental shelf*. Jatuhnya level permukaan laut dan mendinginnya temperature berdampak pada berubahnya tipe sedimen dari lumpur dan batuan lanau menjadi material yang lebih kasar, umumnya didominasi pasir (Jensa *et al.*, 1990).



Gambar 2.4 Paleogeografi dari Cekungan Scotia selama *Cretaceous* pada posisi Formasi MicMac, Abenaki dan Verrill Canyon. (Sumber: Fensome dan Williams, 2001)



Gambar 2.5 Skema 3D Geomodel *Scotian Shelf* (Sumber: Wade dan Maclean, 1995)

### 2.1.2 Stratigrafi Lapangan Eksplorasi Penobscot

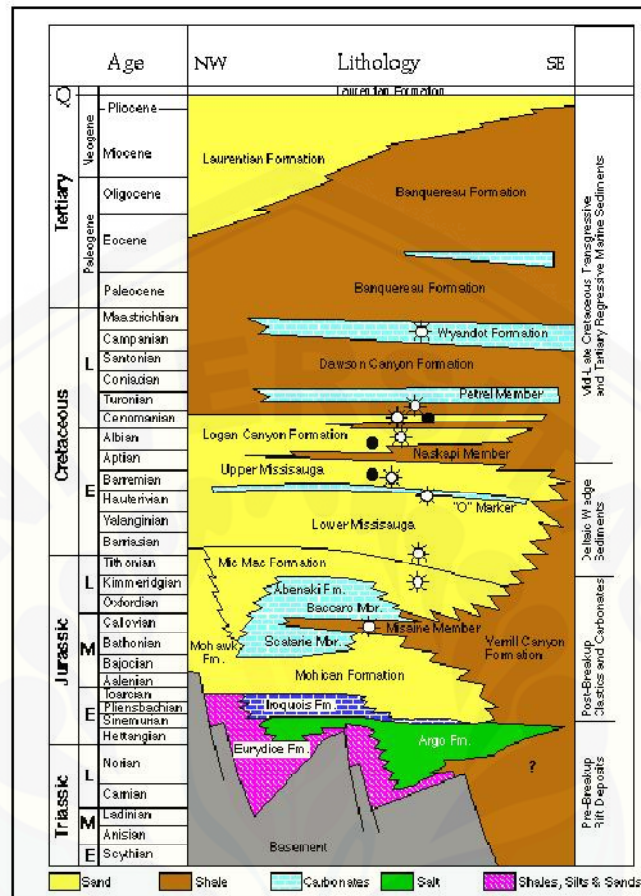
Cekungan Scotia mengandung batuan sedimen *Mesozoic-Cenozoic* hingga mencapai ketebalan 16 km, batuan terendapkan selama masa pergerakan pangea. Pengendapan paling awal terjadi pada masa *Triassic*, yang terdiri atas klastik dan evaporit. Kemudian terjadi transisi oleh pemekaran dasar laut pada awal *Jurassic* sehingga celah cekungan secara berangsur-angsur terisi oleh klastik dan karbonat. Perkembangan hingga menjadi kondisi laut terjadi pada masa pertengahan *Jurassic*, yang menyebabkan timbulnya daratan alluvial, deltaik, dan fasies karbonat. Masa sedimentasi *Cretaceous* (awal atau akhir) di dominasi oleh *shale* (serpih) *transgressive*, batuan karbonat, dan kapur. Fluktuasi ketinggian air yang relative pada masa *Paleogene* dan *Neogene* membuat campuran batu pasir laut dan serpih diselingi oleh batuan klastik kasar dan batuan karbonat laut, dan semuanya tertutup oleh sedimen laut yang terendapkan selama periode *Quaternary* (Hansen *et al.*, 2004).

#### A. Formasi Eurydice

Formasi Eurydice merupakan Formasi tertua dari sekuen *synrift* yang berisi deretan tebal Batu Pasir Merah Triassic, Batu Lanau, dan Batu Serpih. *Graben Orpheus*, tempat terdapatnya Formasi Eurydice, dilakukan pengeboran hampir sepanjang 600 m dan berdasarkan data seismik ketebalannya diindikasikan mencapai 3.000 m.

#### B. Formasi Argo

Formasi Argo berada di atas Formasi Eurydicedengan kandungan utamanya berupa *salt* (garam). Distribusi garam pada Cekungan Scotia menandakan bahwa mayoritas graben pada awal pengendapan mengakumulasikan sekuen evaporit yang tebal.



Gambar 2.6 Stratigrafi Umum Lapangan Eksplorasi Penobscot (Sumber: CNSOPB, 2000).

### C. Ketidakselarasan (*Break-Up Unconformity*)

Ketidakselarasan yang sangat signifikan, *Break-Up Unconformity*, muncul diantara sekuen *Synrift* dan *Post rift* pada Cekungan Scotia. Diperkirakan terjadi pada periode awal Jurassic. Ketidakselarasan ini dapat terlihat di sepanjang graben dangkal pada *LaHave Platform*.

### D. Formasi Iroquois dan Mohican

Formasi Iroquois dan Mohican menutupi *Break-Up Unconformity* di bawah *Shelf Scotia*. Formasi Iroquois, dengan kandungan utamanya berupa Batuan Dolomite, seusia dengan bagian bawah dari Formasi Mohican pada *LaHave Platform* dimana ketebalan maksimum mencapai sekitar 800 m.

E. Formasi Mic Mac dan Mohawk

Formasi Mohican tertutupi oleh klastik yang cukup tebal, yaitu Formasi Mic Mac. Pada Cekungan Scotia, Formasi Mic Mac dan formasi lainnya yang ekuivalen seperti Abenaki, Mohawk dan Verrill Canyon, berada pada periode awal, pertengahan dan akhir Jurassic.

F. Formasi Mic Mac

Formasi Mic Mac memiliki ketebalan sekitar 6.000 m pada Sub-Cekungan Laurentian hingga tepi pengendapan sepanjang *La Have Platform* dan *Burin Platform*. Daerah tenggara Pulau Sable terdiri atas Batu Pasir, *Shale*, dan Karbonat yang saling *interbedding* dengan ketebalan 4.000 sampai 5.0000 m. Pada arah utara dan barat dari Pulau Sable, sepanjang zone hinge, terdapat daerah dengan kandungan karbonat yang sangat baik, yaitu Formasi Abenaki. Sedang Formasi Mohawk terdiri dari *Felsphatik sandstone* dan *siltstone* yang *interbedding* dengan *shale* dan *limestone*.

G. Formasi Verrill Canyon

Pada periode *Jurassic* Tengah dan Awal *Cretaceous*, Formasi Verrill Canyon merupakan fasies laut dalam yang ekuivalen dengan Formasi Mohawk, Abenaki, Mic Mac, dan Missisauga, Kandungan utamanya berupa *shale* dengan *bedding* tipis dari Batu Karbonat, lanau, dan Batu Pasir. Formasi ini mengendap pada lingkungan prodelta, bagian luar *shelf* dan pada *slope* benua dengan ketebalan sekitar 360 meter di barat daya Cekungan Scotia hingga lebih dari 915 m di daerah timur laut.

H. Formasi Abenaki

Formasi Abenaki dibagi atas empat jenis member: Scatarie, Misaine, Baccaro, dan Artimon. Daerah ini membentuk sekuen seismik batuan karbonat kompleks. Berkembang sangat baik pada daerah *zone hinge* antara *LaHave Platform* dan Sub-Cekungan Shelburne dan Sable. Ketebalan maksimum yang dibor pada formasi ini sebesar 1644 m.

I. Formasi Mississauga

Formasi Mississauga tersebar sangat luas di Cekungan Scotia dimana formasi ini memiliki variasi fasies dan atau ketebalan. Formasi ini mencakup *LaHave* dan *Burin Platform* serta *Ridge Canso*, dengan ketebalan formasi kurang dari 1000 m dan terdiri atas 60-80% batu pasir dengan beberapa fasies Batuan Karbonat di daerah barat daya. Sub-Cekungan Sable dengan lebih dari 2.770m telah dibor pada area Pulau Sable dan total ketebalan diperkirakan lebih dari 3.000 m dengan kandungan 30-50% Batu Pasir.

J. Formasi Logan Canyon

Formasi Logan Canyon memiliki penyebaran yang serupa dengan Formasi Mississauga, akan tetapi ketebalannya diperkirakan sekitar 2.500 m. Formasi ini dibagi dalam empat member, dua member di dominasi oleh shale.

K. Formasi Dawson Canyon

*Shale, Chalk*, dan sedikit Batu Karbonat diendapkan melintasi Cekungan Scotia selama periode akhir Cretaceous. Pengendapan ini menghasilkan Formasi Dawson Canyon yang ketebalannya bervariasi hingga lebih dari 700m di selatan Sub Cekungan Whale.

L. Formasi Wyandot

Formasi Wyandot terdiri atas kapur, *chalky mudstones*, dan sedikit Batuan Karbonat. Ketebalannya kurang dari 50 m pada beberapa sumur di sekitar Pulau Sable sampai sekitar 400 m di sudut timur laut dari *shelf* Scotia.

M. Formasi Banquereau

Formasi Banquereau memiliki sedimen di daerah Top Wyandot. Ketebalannya sekitar nol hingga 4.000 m di tepi cekungan pada daerah lereng benua.

N. Formasi Laurentian

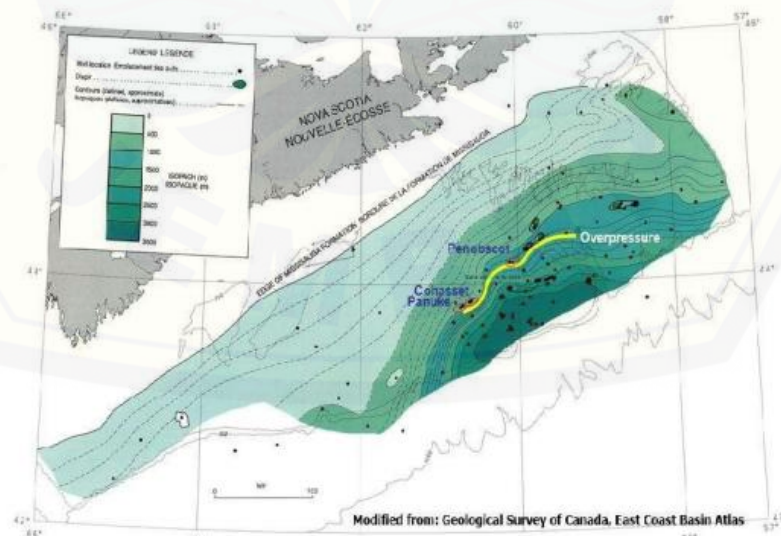
Formasi Laurentian merupakan pengendapan sedimen dari sedimen *Quaternary* dan bagian *Pliocene*. Pada sisi tertebalnya, di sepanjang daerah

luar *shelf* benua dan daerah atas *slope*, terdapat lebih dari 1500 m batu pasir laut, lanau dan *clay* (lempung).

(CNSOPB, 2010).

### 2.1.3 *Petroleum System* Lapangan Eksplorasi

Lapangan eksplorasi terletak miring keatas pada daerah *geopressure*. Terdapat dua puluh tiga penemuan gas kondensat dan *light oil* di paparan *Scotia* yang terletak sebagai dalam *Sable Sub Basin* (*Nova Scotia Departement of Energy*, 2011). Batuan sumber diprediksi berada pada area *Verril Canyon* dan *Misaine Member* yang diduga dekat dengan bagian atas *oil window*. Hidrokarbon akan bermigrasi kearah utara dan selatan dari struktur lapangan eksplorasi karena adanya pegunungan *Missisauga* (*Missisauga Ridge*). Reservoir hidrokarbon pada lapangan eksplorasi ini berada pada *Formasi Missisauga Tengah* dan *Barcon* dari *Formasi Abenaki*. *Formasi Missisauga* berisi lapisan *sandstone* yang menjadi fokus penelitian ini sebagai batuan reservoir yang tebal pada bagian tengah dan menipis kepinggir dengan porositas rata-rata 20% dan permeabilitas rata-rata 120 mD (*Nova Scotia Departement of Energy*, 2011).



Gambar 2.7 Peta *Isopach* Formasi *Missisauga* (Sumber: *Nova Scotia Departement of Energy*, 2011).

## 2.2 Tinjauan Geofisika

Metode geofisika diterapkan pada berbagai investigasi penelitian terhadap bumi secara menyeluruh. Dalam metode eksplorasi geofisika pengukuran wilayah geografis yang terbatas digunakan untuk menentukan sifat fisik distribusi kedalaman yang mencerminkan geologi bawah permukaan (Gadallah dan Fisher, 2009). Eksplorasi geofisika merupakan salah satu aplikasi dalam cabang ilmu geofisika, yakni aplikasi dari metode fisika (seismik, geomagnet, gravitasi, geoelektrositas, georadar, dan resistivitas) untuk mendapatkan gambaran dari anomali dibawah permukaan. Secara umum, eksplorasi geofisika ini digunakan untuk mencari kandungan mineral atau hidrokarbon yang tersimpan dibawah permukaan. Adapun penggunaan dibidang lain diantaranya untuk mengawasi perubahan keseimbangan lingkungan hidup, atau untuk mendapatkan pencitraan dari benda-benda arkeologi atau situs yang terkubur dibawah permukaan (Adityo, 2008)

Eksplorasi geofisika dalam penelitian ini bertujuan untuk mencari daerah dengan persebaran reservoir, sehingga metode yang paling cocok digunakan adalah analisis kecepatan. Berikut akan dijelaskan beberapa konsep dasar mengenai metode ini, termasuk bagaimana menginterpretasikannya sehingga mendapatkan hasil akhir yang memudahkan tercapainya tujuan dari penelitian.

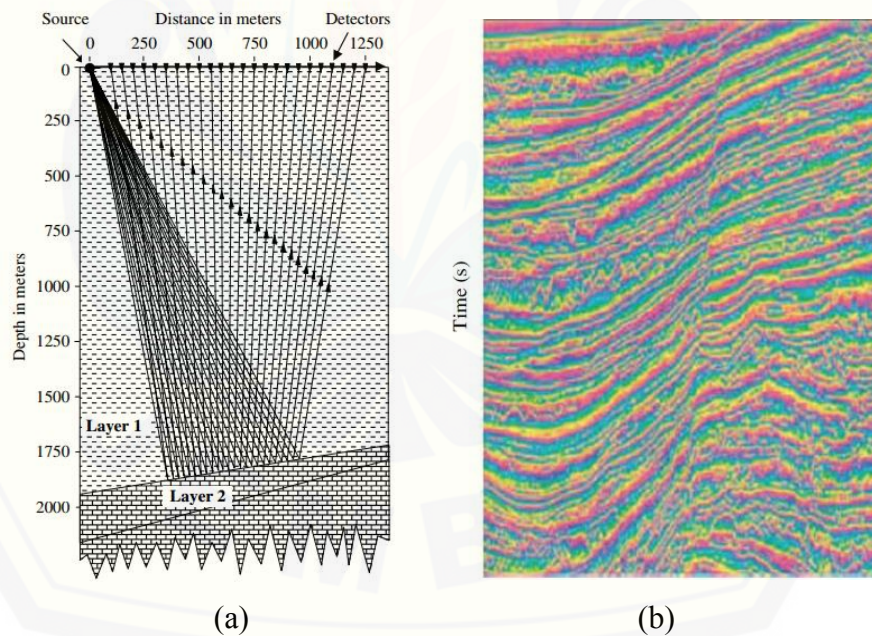
## 2.3 Konsep Dasar Seismik Refleksi

Metode seismik adalah salah satu metode geofisika yang didasarkan pada pengukuran respon gelombang yang dikirim kebawah permukaan dan kemudian direfleksikan sepanjang perbedaan lapisan tanah atau batas-batas batuan. Sumber dari gelombang seismik yang umumnya digunakan di darat adalah ledakan dinamit, sedangkan dilaut menggunakan sumber getaran berupa *air gun*. Respon yang tertangkap dari tanah diukur dengan sensor yang disebut *geophon* (survey di darat) atau *hrophon* (survey di laut). data yang terekam oleh *receiver* ini adalah waktu tempuh (*travel time*) gelombang pantul, yang akan memberikan informasi



kecepatan rambat gelombang pada lapisan batuan tersebut. Selain hal tersebut variabel lain yang dapat dimanfaatkan adalah frekuensi, amplitude, dan fasa gelombang (Kearey *et al.*, 2002).

Penyelidikan seismik dilakukan dengan cara membuat getaran dari suatu sumber getar. Getaran tersebut akan merambat ke segala arah di bawah permukaan sebagai gelombang getar. Gelombang yang datang mengenai lapisan-lapisan batuan akan mengalami pemantulan, pembiasan, dan penyerapan. Respon batuan terhadap gelombang yang datang akan berbeda-beda tergantung sifat fisik batuan yang meliputi densitas, porositas, umur batuan, kepadatan, dan kedalaman batuan. Gelombang yang dipantulkan akan ditangkap oleh *geophone* di permukaan dan diteruskan ke instrumen untuk direkam. Hasil rekaman akan mendapatkan penampang seismik seperti yang ditunjukkan pada (Gambar 2.8)



Gambar 2.8 (a) Metode Refleksi (b) Pencitraan Bawah Permukaan melalui Data Seismik Refleksi 2D (Sumber: Gadallah dan Fisher, 2009).

## 2.4 Gelombang Seismik

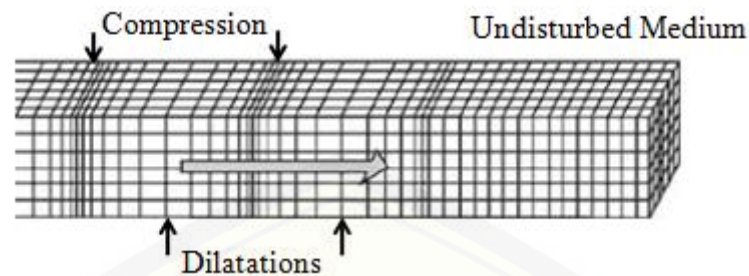
Gelombang seismik merupakan gelombang yang merambat pada medium bumi. perambatan gelombang seismik tergantung pada sifat elastisitas batuan. Gelombang seismik dapat dimunculkan dengan dua metode yaitu metode aktif dan metode pasif. Metode aktif adalah metode pemunculan gelombang seismik secara aktif atau disengaja menggunakan gangguan yang dibuat oleh manusia, biasanya digunakan untuk eksplorasi. Sedangkan metode pasif adalah gangguan yang terjadi secara ilmiah, seperti gempa, longsor, runtuh, dan lain-lain (Shearer, 2009).

Gelombang seismik termasuk dalam gelombang elastik karena medium yang dilalui yaitu bumi yang bersifat elastik. Oleh karena itu sifat penjarangan gelombang seismik bergantung pada elastisitas batuan yang dilewati. Teori lempeng tektonik telah menjelaskan bagaimana pergerakan dari lempeng bumi. pergerakan lempeng bumi mengakibatkan batuan berubah bentuk (deformasi) dan ukuran. (Gadallah dan Fisher, 2009).

Gelombang seismik ada yang merambat melalui interior bumi yang disebut sebagai gelombang badan, dan ada juga yang merambat melalui permukaan bumi yang disebut sebagai gelombang permukaan (Goodway, 2007).

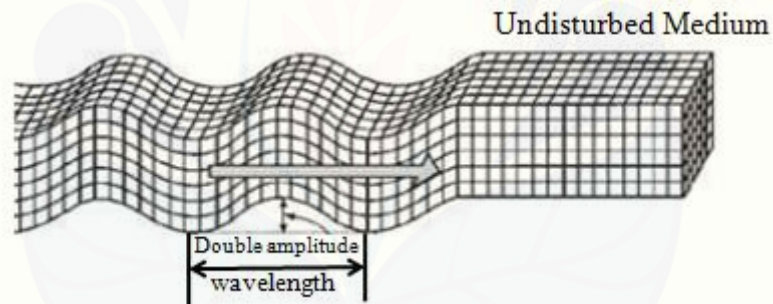
### a. Gelombang badan/*Body Wave*

Gelombang badan adalah gelombang yang menjalar dalam media elastik dan arah perambatannya keseluruhan bagian di bumi. berdasarkan gerak partikel pada media dan arah penjarannya gelombang badan dapat dibedakan menjadi gelombang P dan gelombang S. Gelombang P disebut juga gelombang kompresi / gelombang longitudinal. Gelombang P adalah gelombang yang arah gerak partikelnya sejajar dengan arah perambatan gelombangnya. Gelombang ini memiliki kecepatan rambat paling besar dibandingkan dengan gelombang seismik lain, dapat merambat melalui medium padat, cair, dan gas (Telford *et al.*, 1990).



Gambar 2.9 Gelombang P (Sumber: Sherrif dan Gendart, 1995)

Gelombang S disebut juga gelombang *shear*/gelombang transversal. Gelombang ini memiliki cepat rambat yang lebih lambat dibandingkan dengan gelombang P dan hanya dapat merambat pada medium padat saja. Gelombang S adalah gelombang yang arah gerak partikelnya tegak lurus terhadap arah perambatan gelombangnya (Telford *et al.*, 1990).

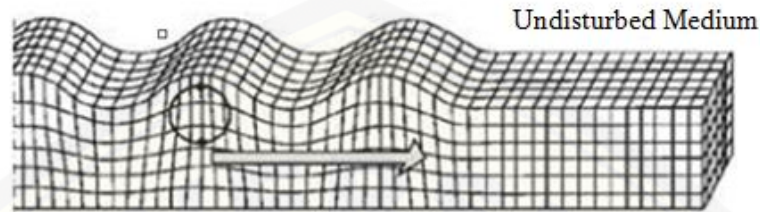


Gambar 2.10 Gelombang S (Sumber: Sherrif dan Gendart, 1995)

b. Gelombang permukaan/*Surface Wave*

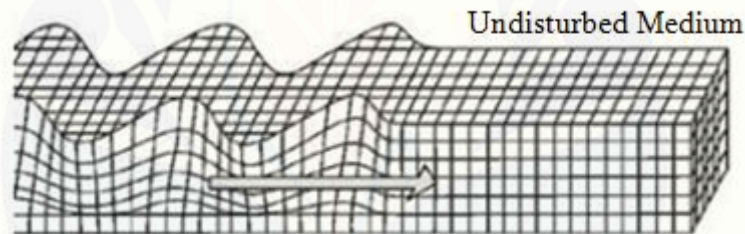
Gelombang permukaan merupakan salah satu gelombang seismik selain gelombang badan. Gelombang ini ada pada batas permukaan medium. Berdasarkan pada sifat gerak partikel media elastik, gelombang permukaan merupakan gelombang yang kompleks dengan frekuensi yang rendah dan amplitudo yang besar, yang menjalar akibat adanya efek *free surface* dimana terdapat perbedaan sifat elastik. Jenis gelombang permukaan ada dua yaitu gelombang *reyleigh* dan gelombang *love*. Gelombang *reyleigh* merupakan gelombang permukaan yang orbit gerakannya elips tegak lurus dengan permukaan

dan arah penjararannya. Gelombang jenis ini adalah gelombang permukaan yang terjadi akibat adanya interferensi antara gelombang tekan dengan gelombang geser secara konstruktif (Shearer, 2009).



Gambar 2.11 Gelombang *reyleigh* (Sumber: Gadallah dan Fisher, 2009)

Gelombang *love* merupakan gelombang permukaan yang menjalar dalam bentuk gelombang transversal yang merupakan gelombang S horizontal yang penjararannya paralel dengan permukaannya (Gadallah dan Fisher, 2009).



Gambar 2.12 Gelombang *love* (Gadallah dan Fisher, 2009)

#### 2.4.1 Kecepatan Gelombang Seismik

Menurut Sherrif dan Geldart (1995), secara alamiah kecepatan gelombang seismik tergantung pada karakteristik fisik dari medium. Selain itu, kecepatan gelombang seismik bervariasi tergantung pada jenis litologi, hal ini dapat dilihat secara detail dalam Tabel 2.1. Dari data dalam tabel tersebut terlihat bahwa range kecepatan seismik yang dihasilkan oleh litologi yang berbeda mempunyai harga yang saling tumpang tindih (*overlapping*). Secara umum kecepatan seismik yang tinggi dapat diidentifikasi dengan karbonat, sedangkan harga yang rendah

untuk *sands*, minyak, gas, dan air laut. untuk materi yang lain seperti *coal* memiliki harga yang menengah (Hilterman, 1977).

Tabel 2.1 Kecepatan Gelombang Seismik dari Beberapa Material

<b>Material</b>	<b>Kecepatan Gelombang P (Km/s)</b>
<i>Surface</i>	0,5 – 2,0
<i>2000 m deep</i>	3,0 – 3,5
<i>Marls</i>	1,8 – 3,8
<i>Sands</i>	0,2 – 2,0
<i>Limestone</i>	1,7 – 6,4
<i>Sandstone</i>	1,4 – 6,0
<i>Dolomite</i>	3,3 – 7,6
<i>Salt (NaCl)</i>	2,0 – 3,5
<i>Coal</i>	2,0 – 3,5
<i>Granite</i>	4,0 – 5,7
<i>Fresh Water</i>	1,44 – 1,53
<i>Oil</i>	1,3 – 1,4
<i>Methane Gas</i>	0,4

(Taher, 1992)

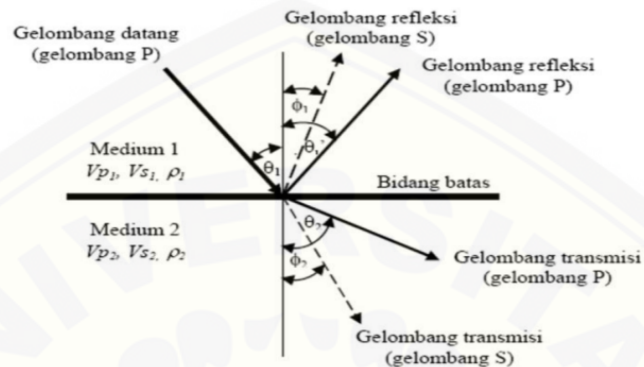
#### 2.4.2 Hukum Perambatan Gelombang

Hukum yang mendasari perambatan gelombang sebagai berikut:

##### a. Hukum Snellius

Gelombang seismik apabila dalam penjarannya menumbuk bidang batas antara dua medium yang memiliki sifat fisis yang berbeda maka gelombang tersebut sebagian terefleksikan kembali ke permukaan dan sebagian diteruskan merambat dibawah permukaan. Pejalaran gelombang seismik mengikuti Hukum Snellius yang dikembangkan dari Prinsip Huygens, menyatakan bahwa sudut pantul dan sudut bias

merupakan fungsi dari sudut datang dan kecepatan gelombang. Gelombang P yang datang akan menimbulkan gelombang refraksi dan refleksi (Sherrif dan Gendart, 1995).



Gambar 2.13 Refleksi dan Transmisi dari timbulnya Gelombang-P (Sumber: Sumirah, 2006)

dimana :

- $\theta_1$  = Sudut datang gelombang P
- $\theta'_1$  dan  $\theta_2$  = Sudut refleksi dan refraksi Gelombang-P
- $\Phi_1$  dan  $\Phi_2$  = Sudut refleksi dan refraksi Gelombang-S
- $V_{s1}$  dan  $V_{s2}$  = Vs pada medium pertama dan kedua
- $V_{p1}$  dan  $V_{p2}$  = Vp pada medium pertama dan kedua
- P = Parameter gelombang
- $\theta'_1$  =  $\theta_1$

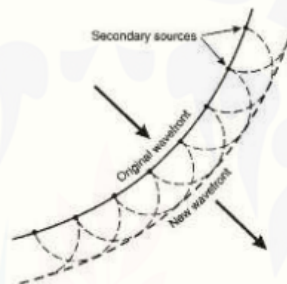
(Sumirah, 2007).

Menurut Sherrif dan Gendart pada bukunya yang berjudul “*Exploration Seismology*” pada tahun 1995, sebagian energi gelombang akan dipantulkan sebagai gelombang P dan gelombang S, serta sebagian lagi akan diteruskan sebagai gelombang P dan gelombang S. Hukum Snellius dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\frac{v}{\sin i} = \frac{v_{p1}}{\sin \theta_p} = \frac{v_{p2}}{\sin r_p} = \frac{v_{s1}}{\sin \theta_s} = \frac{v_{s2}}{\sin r_s} \quad (2.5)$$

### b. Prinsip Huygens

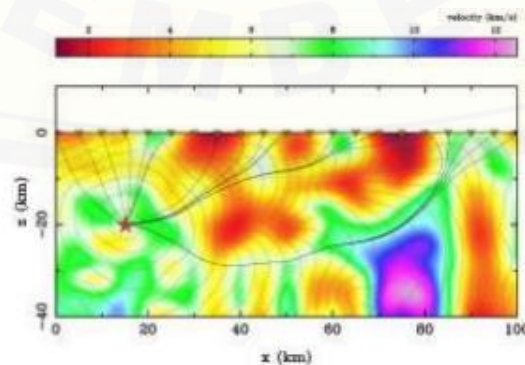
Prinsip Huygens menyatakan bahwa setiap titik pada muka gelombang merupakan sumber bagi gelombang baru. Posisi dari muka gelombang dalam dapat seketika ditemukan dengan membentuk garis singgung permukaan untuk semua *wevelet* sekunder. Prinsip Huygens mengungkapkan sebuah mekanisme dimana sebuah pulsa seismik akan kehilangan energi seiring dengan bertambahnya kedalaman (Shearer, 2009).



Gambar 2.14 Prinsip Huygens (sumber: Shearer, 2009).

### c. Prinsip Fermat

Gelombang menjalar dari satu titik ke titik lain melalui jalan yang tersingkat waktu penjarannya, dengan demikian jika gelombang melewati sebuah medium yang memiliki variasi kecepatan gelombang seismik, maka gelombang tersebut akan cenderung melalui zona-zona kecepatan tinggi dan menghindari zona-zona kecepatan rendah (Gadallah dan Fisher, 2009).



Gambar 2.15 Prinsip Fermat (Sumber: Gadallah dan Fisher, 2009)

## 2.5 Komponen Seismik Refleksi

### 2.5.1 Koefisien Refleksi

Koefisien refleksi adalah perbandingan antara amplitudo gelombang pantul dengan amplitudo gelombang datang. Besarnya refleksi pada sudut datang nol derajat atau gelombang yang datang tegak lurus terhadap bidang pemantul disebut juga koefisien refleksi sudut datang normal atau koefisien refleksi sudut datang nol yang dapat dilihat pada (Gambar 2.16) dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R = \frac{A_i}{A_o} = \frac{\rho_2 V_{p2} - \rho_1 V_{p1}}{\rho_2 V_{p2} + \rho_1 V_{p1}} \quad (2.6)$$

dimana

$R$  = Koefisien refleksi sudut datang nol

$A_i$  = Amplitude gelombang yang dipantulkan pada medium I

$A_o$  = Amplitude gelombang datang

$\rho_1$  = Densitas medium I

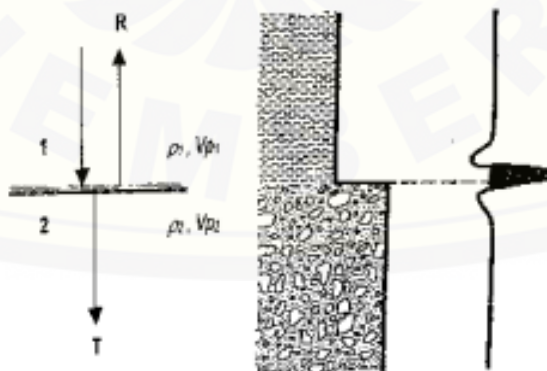
$\rho_2$  = Densitas medium II

$V_{p1}$  = Kecepatan gelombang P pada medium I

$V_{p2}$  = Kecepatan gelombang P pada medium II

$\rho V_p$  = Impedansi Akustik

(Brown, 2004)



Gambar 2.16 Koefisien refleksi sudut datang nol (Sumber: Munadi dan Pasaribu, 1984)



### 2.5.2 *Trace Seismic* (Jejak Seismik)

Mondol (2010) menyatakan bahwa jejak seismik yang tercatat merupakan konvolusi (\*) dari sinyal sumber dan sekuens reflektifitas bumi ditambah suara (Gambar 2.18). Dekonvolusi adalah suatu proses untuk menghilangkan *wavelet* seismik, sehingga yang tersisa hanya estimasi dari reflektifitas lapisan bumi. Sebuah jejak seismik dapat dinyatakan dengan persamaan (2.7). Hilangnya transmisi dan penyebaran geometris tidak termasuk dalam persamaan, penyerapan yang bergantung frekuensi juga terabaikan dalam persamaan ini.

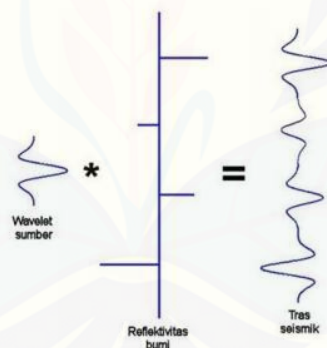
$$S = W * R + Noise \quad (2.7)$$

dimana S = *trace* seismik

W = *wavelet* sumber gelombang

r = reflektifitas bumi

\* = simbol dari operasi konvolusi



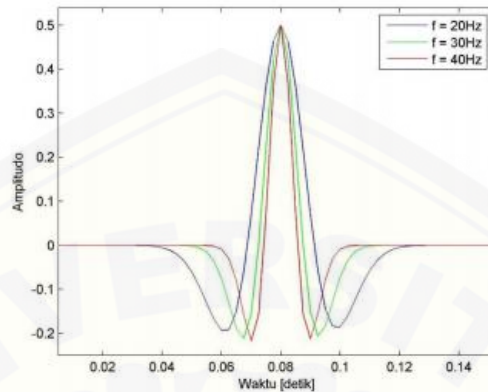
Gambar 2.17 Ilustrasi pembuatan *trace* seismik (Sumber: Young, 2004)

Konvolusi adalah penggantian setiap koefisien refleksi dalam skala *wavelet trace* yang kemudian terjadi interferensi konstruktif dan destruktif (Young, 2004).

### 2.5.3 *Wavelet*

*Wavelet* adalah gelombang seismik yang memiliki komponen amplitudo, panjang gelombang, frekuensi, dan fasa (Abdullah, 2007). *Wavelet* merupakan

gelombang yang menggambarkan satu reflektor yang terekam oleh satu *geophone* (Gambar 2.18).



Gambar 2.18 *Wavelet* fasa nol (*zero phase*) dengan frekuensi 20, 30, dan 40 Hz (Sumber: Abdullah, 2007).

Berdasarkan konsentrasi energinya, *wavelet* dibagi menjadi 4 jenis yaitu (Gambar 2.18).

1. *Mixed Phase Wavelet*

*Wavelet* berfasa campur (*mixed phase wavelet*) merupakan *wavelet* yang energinya tidak terkonsentrasi dibagian depan maupun belakang.

2. *Minimum Phase Wavelet*

*Wavelet* berfasa minimum (*minimum phase wavelet*) memiliki energi yang terpusat pada bagian depan. Dibandingkan jenis *wavelet* yang lain dengan spektrum amplitudo yang sama, *wavelet* berfasa minimum mempunyai perubahan atau pergeseran fasa terkecil pada tiap-tiap frekuensi.

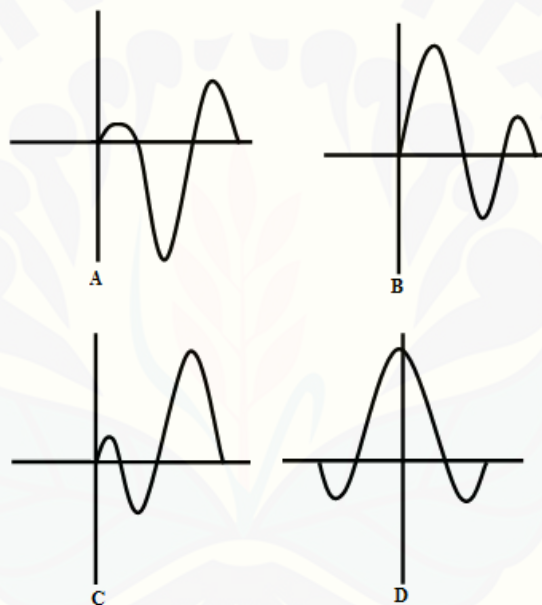
3. *Maximum Phase Wavelet*

*Wavelet* berfasa maksimum (*maximum phase wavelet*) memiliki energi yang terpusat secara maksimal dibagian akhir dari *wavelet* tersebut, kebalikan dari *wavelet* berfasa minimum.

#### 4. Zero Phase Wavelet

*Wavelet* berfase nol (*zero phase wavelet*) mempunyai konsentrasi energi maksimum di tengah dan waktu tunda nol, sehingga *wavelet* ini mempunyai resolusi dan *standout* yang maksimum. *Wavelet* berfase nol (disebut juga *wavelet* simetris) merupakan jenis *wavelet* yang lebih baik dari semua jenis *wavelet* yang mempunyai spectrum amplitude yang sama.

(Bacon dan Redshaw, 2003).

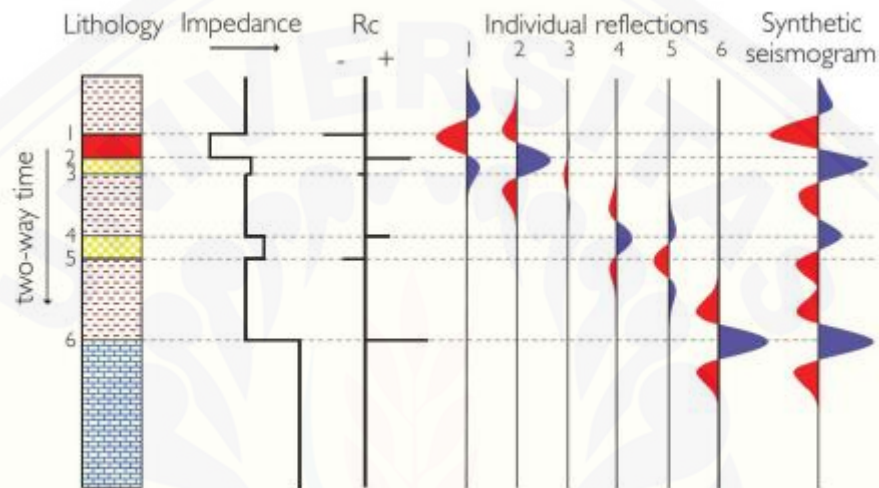


Gambar 2.19 Jenis-jenis *wavelet* berdasarkan konsentrasinya, (A) *mixed phase*, (B) *minimum phase*, (C) *maximum phase*, (D) *zero phase* (Sumber: Sismanto, 2003).

#### 2.5.4 Seismogram Sintetik

Seismogram sintetik adalah data seismik batuan yang di buat dari data sumur, yaitu *log* kecepatan, densitas, dan *wavelet* dari data seismik. dengan mengalikan kecepatan dengan densitas maka kita akan mendapatkan deret koefisien refleksi. koefisien refleksi ini kemudian dikonvolusi dengan *wavelet* (Gambar 2.17) sehingga akan didapatkan seismogram sintetik pada

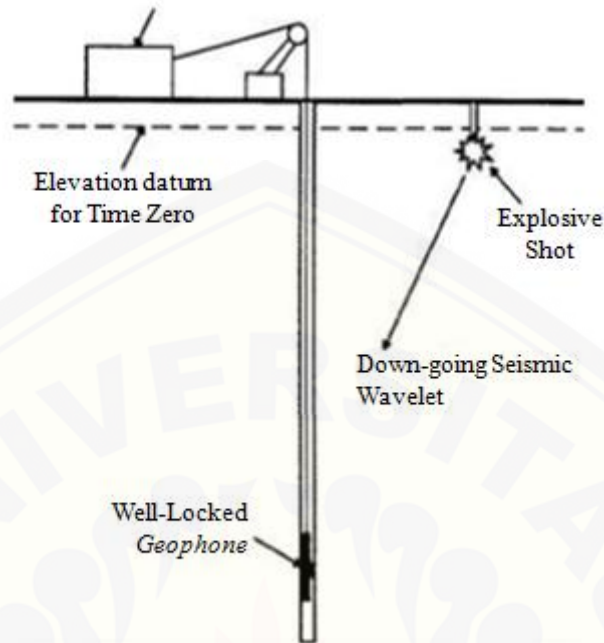
daerah sumur tersebut. Seismogram sintetik ini digunakan untuk mengikat data sumur dengan data seismik. Sebagaimana yang kita ketahui, data seismik umumnya berada dalam domain waktu sedangkan data sumur berada dalam domain kedalaman (*depth*). Sehingga, sebelum kita melakukan pengikatan, langkah awal yang harus dilakukan adalah konversi data sumur ke domain waktu dengan cara membuat seismogram sintetik dari data sumur (Bocon *et al.*, 2003).



Gambar 2.20 Contoh seismogram sintetik (Sumber: Bacon *et al.*, 2003)

### 2.5.5 Survei *Checkshot*

Survei *checkshot* adalah survei yang mengukur waktu tempuh gelombang seismik, dimana posisi sumber gelombang ditempatkan dalam lubang bor di dekat permukaan, sementara perekam dalam lubang bor. Sebaiknya sumber gelombang yang digunakan sama dengan sumber yang digunakan dalam survei seismik. Kegunaan dari data *checkshot* adalah untuk perhitungan kecepatan interval, kecepatan rata-rata, dan koreksi data sonik pada pembuatan seismogram sintetik (Gadallah dan Fisher, 2009).



Gambar 2.21 Survei *Checkshot* (Sumber: Gadallah dan Fisher, 2009)

### 2.5.6 Tinjauan Umum *Well-Logging*

Pengukuran listrik (*electrical logging*) bertujuan untuk mengetahui parameter-parameter fisik dari batuan. Secara umum *log* elektrik terbagi menjadi *log* radioaktif (yang terdiri dari *log* sinar gamma, *log* neutron, *log* densitas), *log* sonik dan *log* yang lain. Yang penjelasannya sebagai berikut:

- a. *Log* Sinar Gamma (GR) merupakan *log* yang diukur dengan mendeteksi adanya sinar gamma yang dipancarkan oleh batuan yang mengandung unsur radioaktif (Uranium, Thorium, dan Potassium) seperti serpih (*shale*) dan lempung, oleh karena itu *log* GR ini sering digunakan untuk membedakan antara lapisan serpih yang memiliki nilai positif dan *non shale* yang memiliki nilai negatif.
- b. *Log* Densitas memiliki prinsip kerja dengan cara memancarkan sinar gamma energi menengah kedalam suatu formasi sehingga akan bertumbukan dengan elektron-elektron yang ada. Tumbua tersebut akan menyebabkan hilangnya energi sinar gamma yang kemudian dipantulkan

dan diterima oleh detektor yang akan diteruskan untuk direkam ke permukaan. Hal ini mencerminkan fungsi dari harga rata-rata kerapatan batuan.

- c. *Log* Sonik adalah *log* yang bekerja berdasarkan kecepatan rambat gelombang suara. Gelombang suara yang dipancarkan ke dalam suatu formasi kemudian akan dipantulkan kembali ke penerima. Waktu yang dibutuhkan gelombang hingga sampai ke penerima dinamakan *interval transit time*. Besarnya selisih waktu yang tersebut tergantung pada jenis batuan sehingga *log* ini digunakan untuk mengetahui porositas suatu batuan. Pada batuan yang poros maka kerapatannya semakin kecil sehingga kurva *log* sonik akan mempunyai nilai yang besar seperti pada batu pasir, sedangkan pada batuan yang memiliki kerapatan tinggi maka kurva *log* sonik akan berharga kecil seperti pada batuan *shale*.

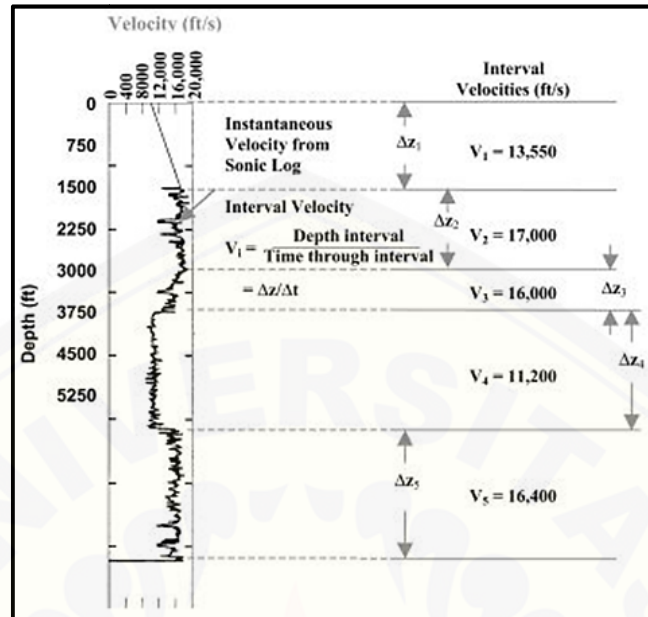
(Asquith dan Gibson, 2008).

## 2.6 Kecepatan Seismik

Kecepatan seismik secara umum berarti cepat rambat gelombang seismik jarak/waktu. Satuan kecepatan diukur dalam meter per detik atau *feet* per detik. Istilah kecepatan jarang diterapkan secara tunggal dalam eksplorasi seismik hal ini dikarenakan begitu banyak jenis kecepatan seismik, seperti kecepatan sesaat (*instantaneous velocity*), kecepatan interval, kecepatan rata-rata, kecepatan RMS (*Root Meansquare*), kecepatan NMO, *stacking velocity*, kecepatan migrasi, dan *apparent velocity* (Gadallah dan Fisher, 2005).

### 2.6.1 Kecepatan Interval

Kecepatan Interval merupakan perambatan rata-rata yang melalui interval waktu atau kedalaman tertentu, dan itu sama dengan interval tebal kedalaman dibagi interval waktu vertikal. Gambar 2.21 menunjukkan log sumur disebelah kiri dan penentuan log kecepatan disebelah kanan.



Gambar 2.22 Kecepatan Interval (Sumber: Gadallah dan Fisher, 2005)

### 2.6.2 Kecepatan Rata-rata

Kecepatan Rata-rata merupakan total kedalaman reflektor  $Z$ , dibagi dengan waktu menuju reflektor atau dua kali kedalaman menuju reflektor dibagi dengan dua arah (*two-way*) waktu refleksi *zero offset*  $T_i$ .

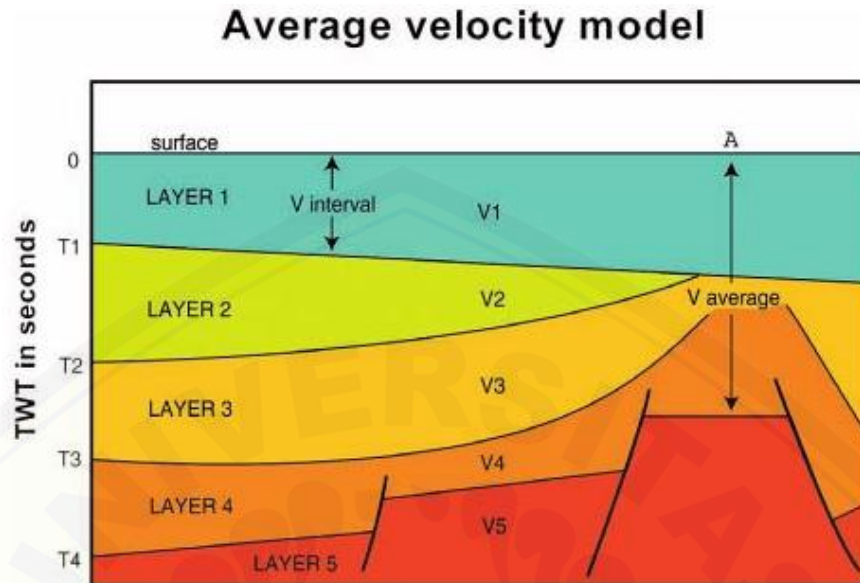
$$\bar{V} = \frac{2Z_i}{T_i} \quad (2.8)$$

Kecepatan rata-rata dapat dihitung dari kecepatan interval menggunakan:

$$\bar{V}_n = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i} \quad (2.9)$$

(Gadallah dan Fisher, 2005).

Kecepatan rata-rata diukur dari permukaan langsung ke level target. Kecepatan interval diukur antara dua horison, dan kecepatan konstan merupakan representatif interval tertentu. Jika ketebalan interval berkurang dan diambil yang sama seperti jarak seismik *sampling*, maka kecepatan sesaat yang akan dihitung (Veeken, 2007).



Gambar 2.23 Diagram Menunjukkan Kecepatan Interval dan konsep Kecepatan Rata-rata (Sumber: Veeken, 2007).

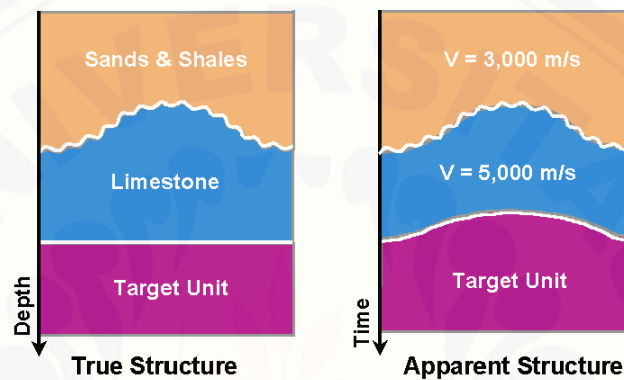
## 2.7 Konversi Waktu menjadi Kedalaman

Al-Sadi (1980) mengungkapkan bahwa proses transformasi seismik *time-section* ke *depth-section* bagi interpreter merupakan hal yang sangat penting. Prosedur yang tidak benar atau penggunaan parameter yang salah dapat menyebabkan gambaran geologi seluruhnya terdistorsi. Untuk mencapai hasil yang benar, *time-section* harus bermigrasi sebelum mengubahnya menjadi *depth-section*. Faktor lain yang sama penting adalah kecepatan. Tidak seperti migrasi, konversi kedalaman sangat sensitif terhadap variasi kecepatan. Oleh karena itu, kecepatan harus diterapkan sedekat mungkin dengan data geologi yang tersedia.

Data seismik refleksi menggambarkan bawah permukaan dengan mencatat waktu dua arah (TWT). Kebanyakan interpretasi seismik dilakukan dalam domain waktu, yang cepat dan dapat diterima untuk banyak keadaan. Interpretasi stratigrafi dalam domain waktu sesuai untuk analisa fasies seismik dan sekuen stratigrafi, karena interpretasi yang dilakukan sebagian besar masih seperti perubahan struktur. Menginterpretasikan struktur dalam domain waktu berarti menerima resiko model kecepatan yang konstan, atau segala penyimpangan



kecepatan yang tertangkap oleh interpreter. Zona tebal dengan materi berkecepatan tinggi dapat tersamarkan dalam domain waktu sebagai lapisan rata yang terendapkan oleh struktur tinggi batuan di atasnya (Gambar 2.23). Konversi kedalaman yang baik dapat menunjukkan keberadaan struktur yang sebenarnya, dari struktur yang dianggap ada, walaupun sebenarnya tidak ada, dan menunjukkan cadangan potensial yang terlewati (Etris *et al.*, 2001).



Gambar 2.24 Resiko interpretasi struktur dalam domain waktu (Sumber: Etris *et al.*, 2001)

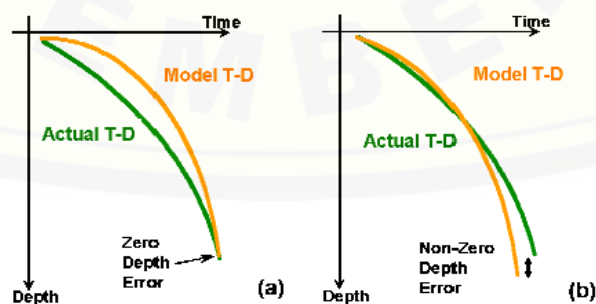
Konversi kedalaman merupakan cara untuk menghilangkan ambiguitas struktural yang melekat dalam domain waktu dan memastikan kondisi struktur yang ada. Explorationists perlu memastikan struktur untuk memastikan keberadaan struktur perangkat ketika merencanakan sumur eksplorasi. Banyak metode yang digunakan dalam konversi kedalaman. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri-sendiri, dan pemilihan metode seringkali secara subjektif, atau ditentukan oleh waktu dan kendala biaya. Hal ini karena tidak ada metode tunggal yang dapat terbukti baik untuk semua kasus (Etris *et al.*, 2001).

### 2.7.1 Konversi Langsung

Pendekatan paling sederhana adalah mengkonversi horizon waktu menjadi kedalaman secara langsung, yaitu tanpa memperhatikan variasi kecepatan

struktur. Waktu menjadi kedalaman secara langsung pada dasarnya terdiri atas menerapkan persamaan yang ditranslasi, membuat model regresi, atau fungsi orientasi-spasial, dan melakukan prosedur geostatistik. Pendekatan ini disebut sebagai “konversi langsung waktu kedalaman” karena langkah pemodelan kecepatan dilakukan secara implisit, yaitu kecepatan tidak benar-benar dimodelkan, melainkan direduksi menjadi fungsi translasi. Fungsi translasi yang sesuai sehingga menghasilkan prediksi kedalaman untuk meminimalkan kesalahan dan atau untuk mengikat kedalaman sumur sebenarnya (Etris *et al.*, 2001).

Pada dasarnya kecepatan tidak benar-benar dimodelkan dengan tujuan menyembunyikan banyak faktor kesalahan dalam fungsi translasinya. Salah satu penyebab utama kesalahan dalam prediksi kedalaman adalah *mistie* waktu antara horizon seismik dan geologi sumur yang dipilih dalam domain waktu. Metode langsung menyembunyikan masalah ini dengan memaksa sumur untuk saling mengikat, sehingga mengubah kecepatan sumur yang sebenarnya dan menciptakan (*fudging*) kecepatan baru yang dihitung kembali untuk memastikan ikatan yang benar. Hal ini berarti bahwa fungsi translasi tidak lagi hanya menjadi model kecepatan yang sebenarnya di tanah, dan itu merupakan faktor koreksi komposit (Gambar 2.24). Meskipun konversi langsung dapat dilakukan sehingga mampu menjamin hubungan sumur yang tepat, sesuai yang diinginkan. Namun, hilangnya independensi dimaknai sebagai reliabilitas kedalaman sumur yang belum dibor menjadi diragukan (Etris *et al.*, 2001).

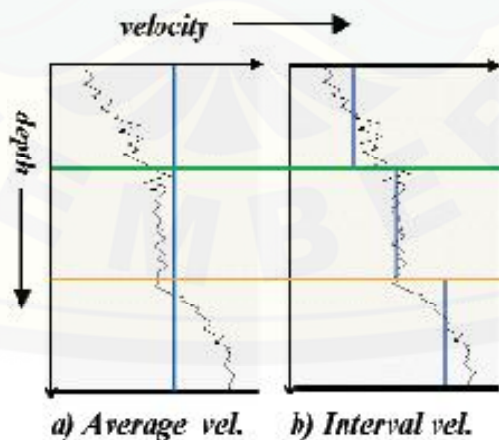


Gambar 2.25 Pemodelan kecepatan (a) Kesalahan diminimalkan pada titik ikatan (konversi langsung); (b) Fungsi yang sebenarnya tetap dipergunakan (Sumber: Etris *et al.*, 2001)

### 2.7.2 Pemodelan kecepatan

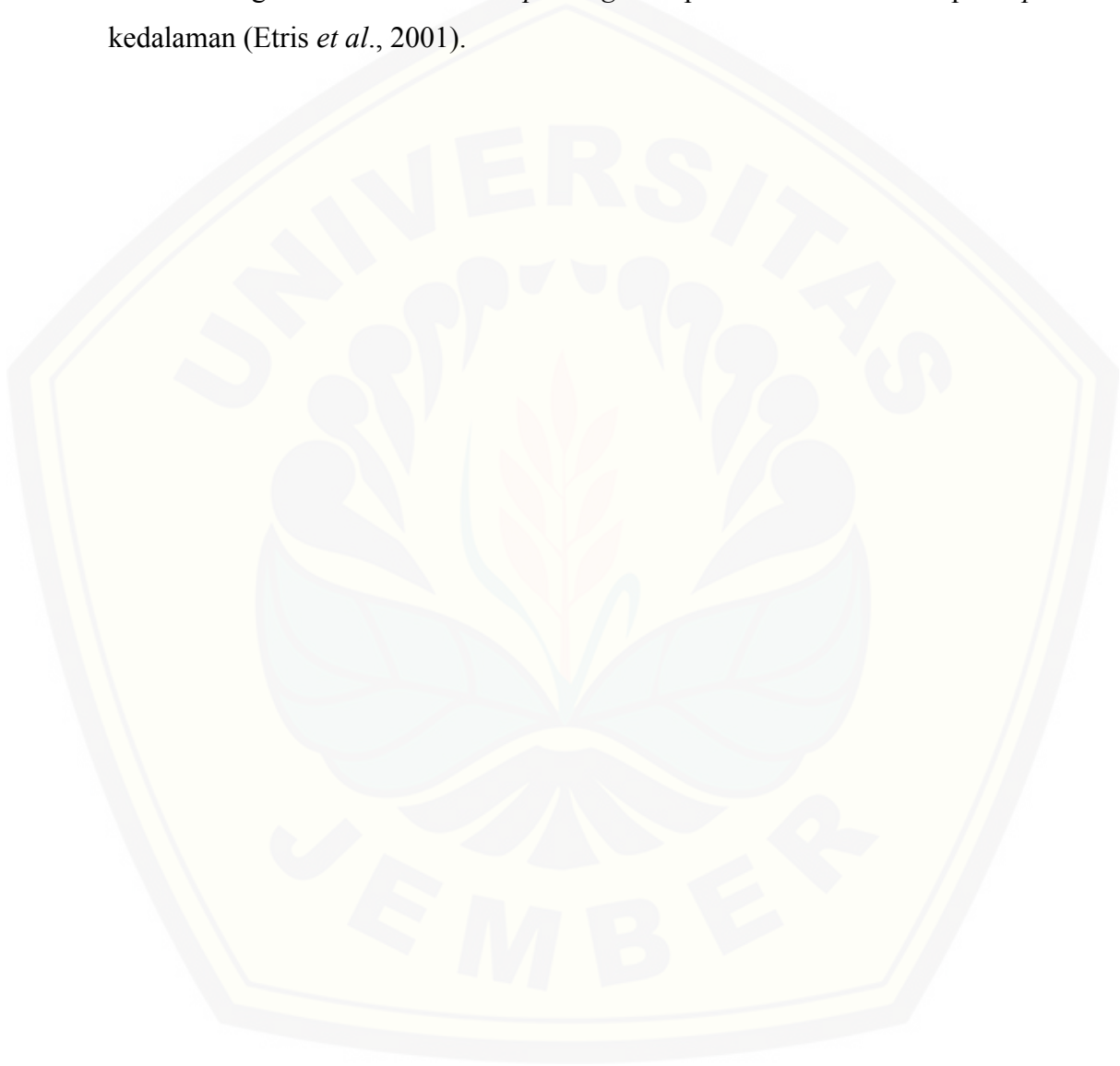
Berbagai jenis model kecepatan dipergunakan untuk tujuan yang berbeda (misalnya *stacking*, migrasi, konversi kedalaman). Pemodelan kecepatan menggunakan informasi kecepatan dalam menambahkan dua karakter untuk mengkonversi kedalaman: (i) model kecepatan dievaluasi secara numerik, visual, dan intuitif untuk kewajaran (yaitu diuji secara independen dari kemampuannya untuk memprediksi kedalaman, sehingga meningkatkan kemampuannya), sesuatu yang tidak dapat dilakukan dengan korelasi waktu kedalaman secara umum; (ii) model kecepatan memungkinkan penggunaan informasi kecepatan dari kedua data: seismik dan sumur, dalam menyediakan sekumpulan data yang lebih luas untuk tinjauan kritis dan kontrol kualitas (Etris *et al.*, 2001).

Penerapan model kecepatan tergantung pada kondisi kecepatan terhadap kedalaman. Tingkat yang paling sederhana adalah kecepatan rata-rata, dimana mengabaikan layering dan dapat langsung tertuju pada horizon target (Gambar 2.25(a)). Pendekatan *single-layer* ini memiliki keuntungan yang sederhana dan cepat untuk pelaksanaannya. Kerugian yang pasti adalah bahwa model tersebut tidak menggambarkan bawah permukaan secara rinci, sehingga keyakinan terhadap kedalaman yang diperkirakan menjadi berkurang (Etris *et al.*, 2001).



Gambar 2.26 Grafik kondisi kecepatan terhadap kedalaman (Sumber: Etris *et al.*, 2001)

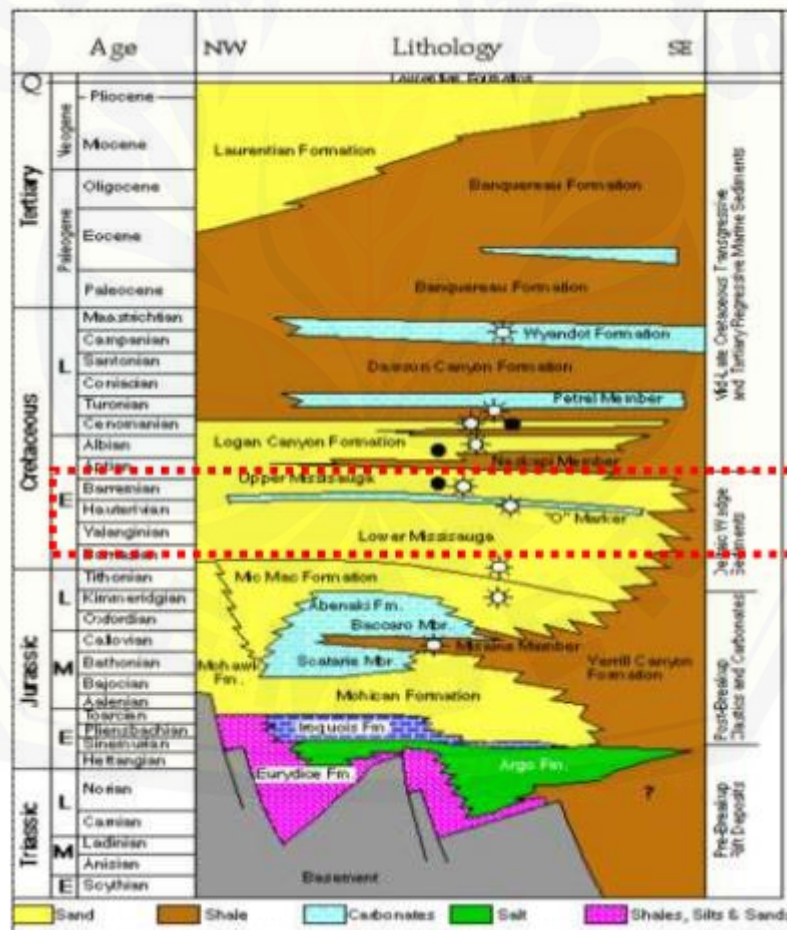
Kecepatan interval menetapkan kecepatan konstan untuk setiap lapisan dalam suatu sumur yang diberikan (Gambar 2.25(b)). Menggunakan kecepatan rata-rata atau interval memungkinkan variasi kecepatan spasial antara lokasi sumur. Dengan melakukan *cross plotting* kecepatan interval terhadap *midpoint* kedalaman (Etris *et al.*, 2001).



### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April – Agustus 2016 yang bertempat di Laboratorium Komputasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penelitian difokuskan berada pada Formasi *Upper Missisauga* sampai *Lower Missisauga* Lapangan Eksplorasi Penobscot. Stratigrafi zona target penelitian berikut:



Zona Target

Gambar 3.1 Stratigrafi Zona Target Penelitian (Sumber: Nova Scotia Department of Energy, 2011)

### 3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian “Karakterisasi Persebaran Reservoir Menggunakan Analisis Kecepatan pada Lapangan Eksplorasi Penobscot Nova-Scotia, Kanada” adalah sebagai berikut:

1. Komputer dengan spesifikasi

Processor : Intel®Core(TM)i5-3330CPU@3.00GHz 3.00GHz

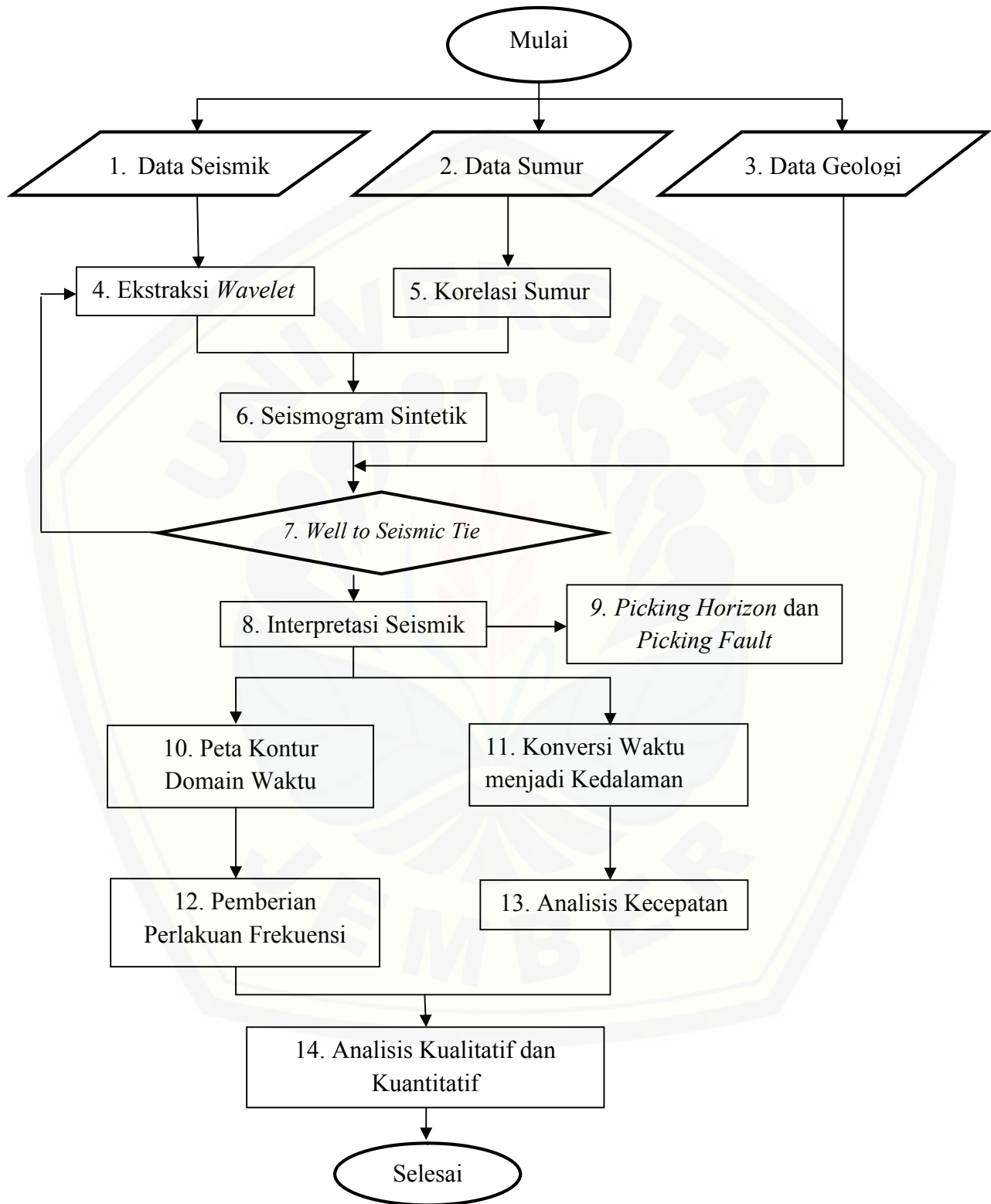
Memori : 8.00 GB (7.88 usable)

Sistem Operasi : 64-bit Operating System

2. *Software* yang digunakan untuk proses pengolahan data adalah *Software Opendtect* versi 5.0.9 2D/3D

### 3.3 Skema Kerja Penelitian

Skema kerja penelitian yang dilakukan seperti ditunjukkan pada gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.2 Skema Kerja Penelitian

### 3.4 Prosedur Penelitian

Berdasarkan skema kerja penelitian sebagai bekal pemecahan masalah yang akan diselesaikan.

#### 3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur yang bertujuan sebagai bekal pemecahan masalah yang akan diselesaikan.

#### 3.4.2 Persiapan Data

Dalam penelitian ini dari beberapa macam data dibutuhkan untuk karakterisasi reservoir Lapangan Penobscot, *Nova-Scotia*, Kanda. Data geologi berupa data log serta data-data dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya dijadikan referensi serta pembantu interpretasi yang nantinya dilakukan pada data seismik.

1. Data Sumur merupakan Data Log Sumur digunakan untuk memperoleh informasi lokasi penentuan horizon dan memperoleh informasi tentang karakter litologi di daerah penelitian.



Gambar 3.3 Posisi sumur pada *basemap* area penelitian



Data log yang digunakan dalam penelitian ini adalah *sonic log* yang nantinya digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan yang kemudian digunakan untuk mengetahui jenis reservoir yang ada pada setiap lapisan.

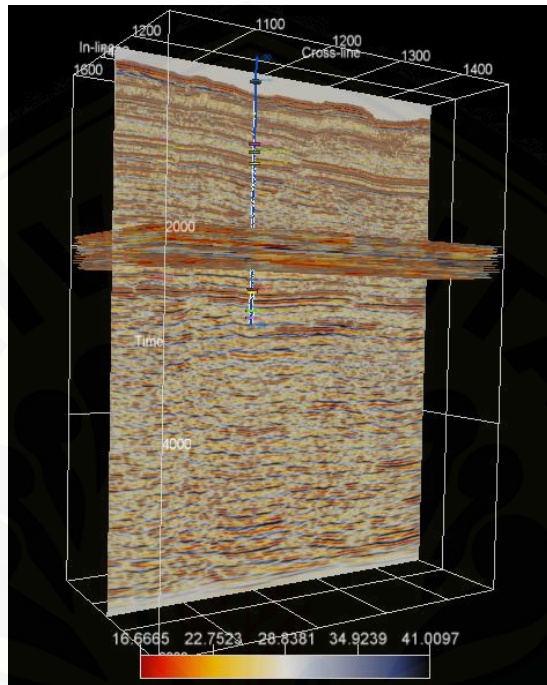
Data geologi yang berasal dari daerah Nova Scotia, terutama pada Cekungan Scotian dan Sub Cekungan Sable berasal dari data-data penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Selain itu data geologi ini berperan dalam membantu memahami karakter Lapangan penobscot, terutama dalam memahami sitem petroleum yang ada pada lapangan ini. Marker-marker dari setiap formasi juga telah diberikan sehingga dalam interpretasi formasi yang digunakan adalah marker tersebut dan mengalami sedikit perubahan dengan ditambahkan beberapa lapisan yang dianggap lapisan pasir. Dalam penelitian ini, interpretasi diutamakan pada target reservoir pada Formasi *Missiasauga* yaitu lapisan *upper missisauga*, *sand 2*, *sand 3*, *sand 4*, *sand 5*, *sand 6*, *sand 7*, dan *lower missisauga*.

Tabel 3.1 Informasi Data Sumur

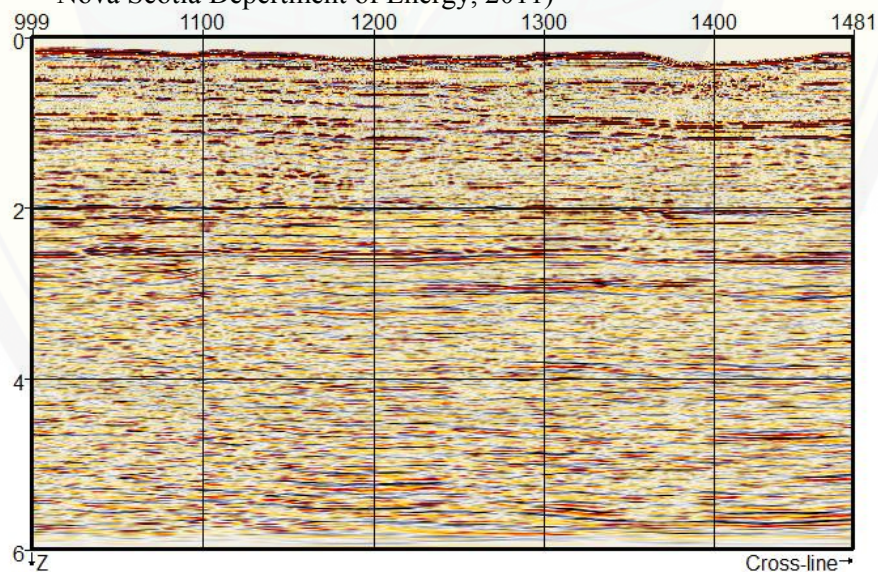
<b>Nama Sumur</b>	B-41	L-30
<b>Perusahaan Pengebor</b>	Shell-Petro-Canada	Shell-Petro-Canada
<b>Lattitude/</b>	44°10'02.44"/	44°09'43.55"/
<b>Longitude</b>	60°06'32.72"	60°04'09.33"
<b>Alat Pengebor</b>	Sedco H	Sedco H
<b>Waktu Pengeboran</b>	18/02/77 – 30/03/77	18/07/77 – 23/09/76
<b>RT Elevasi</b>	29,9-117,9	29,9-137,5
<b>Kedalaman Total m (ft)</b>	3.444 (11.300)	4.267 (14.000)
<b>Ketebalan Total m</b>	24	708
<b>Klasifikasi</b>	Kering	Menunjukkan minyak dan gas

2. Data seismik merupakan data seismik 3D *post-stack time migration* dengan domain waktu dengan rentang sebesar 0-6000 ms. Dilengkapi dengan jumlah inline 601 (1000 – 1600), jumlah crosline 482 (1000 – 1480). Hal

tersebut digunakan untuk menentukan *picking horizon*. Polaritas yang digunakan pada data ini adalah polaritas *reverse* SEG sesuai dengan yang ada pada teori dasar dan *wavelet* menggunakan fasa nol.



Gamabr 3.4 *Base Map* data seismik melalui Opendtect dalam tampilan 3D (Sumber: Nova Scotia Department of Energy, 2011)



Gamabr 3.5 *Base Map* data seismik melalui Opendtect dalam tampilan 2D (Sumber: Nova Scotia Department of Energy, 2011)

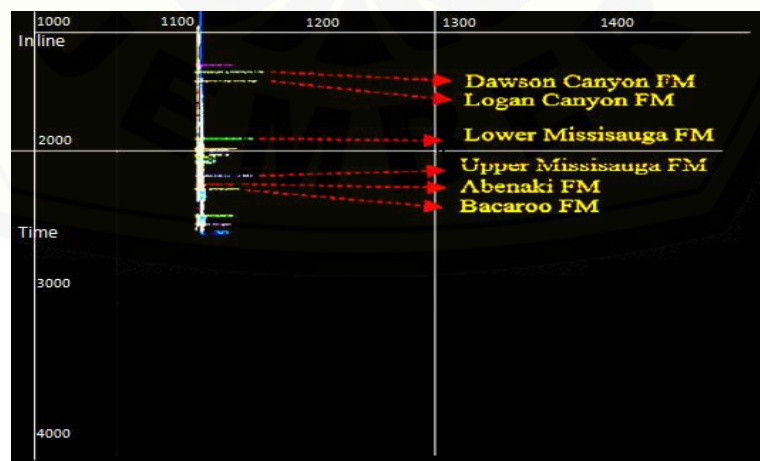
3. Data *checkshot* digunakan untuk mendapatkan hubungan antara waktu dan kedalaman. Data *checkshot* ini diterapkan dalam metode konversi waktu menjadi kedalaman untuk menghasilkan *time-depth curve* dan untuk mengikatkan data sumur dengan data seismik dalam proses *well to seismic tie*.

### 3.4.3 Pengolahan Data

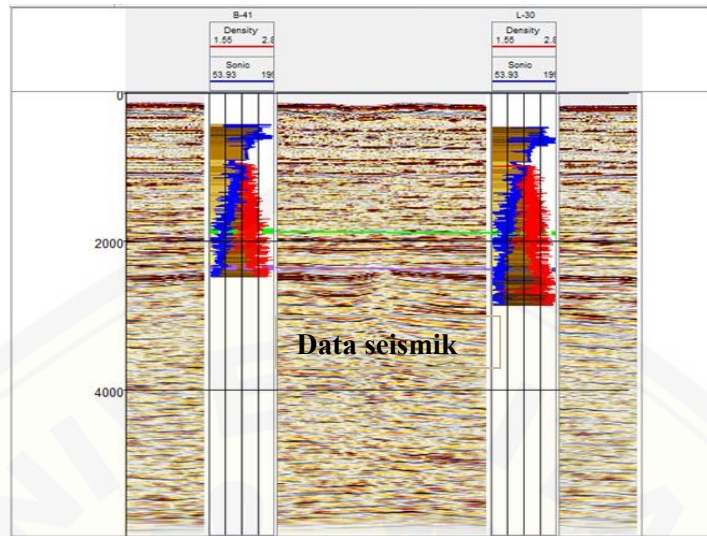
Setelah data-data yang digunakan tersedia dan terinput pada *software*, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pengolahan data.

1. Korelasi Sumur dan Input *top marker* data log

Korelasi sumur dilakukan dengan tujuan untuk menentukan batas-batas setiap lapisan yang terlihat dari parameter-parameter yang tersedia pada log. Korelasi ini dilakukan dengan melihat *sonic log* yang dikombinasikan dengan *densitas log*. Dengan melihat pola yang sama dari sumur satu dengan sumur berikutnya pada data log tersebut, dapat ditarik korelasi yang menunjukkan bahwa zona tersebut merupakan satu formasi. Korelasi berlangsung saat melakukan input *top marker* yang telah tersedia untuk kedua sumur dan menambahkan beberapa lapisan yang juga berkemungkinan merupakan lapisan pasir. Berikut merupakan hasil *marker* yang telah tersedia pada Gambar 3.6.



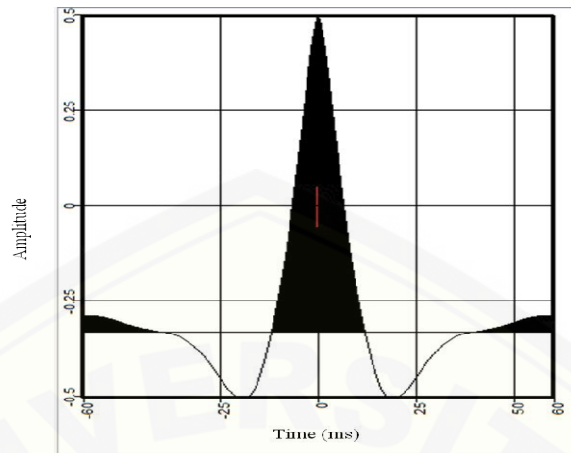
Gambar 3.6 Marker sumur (Sumber: *Opentect*, versi 5.0)

**Sumur 1 (sumur B-41)****Sumur 2 (sumur L-30)**

Gambar 3.7 Korelasi sumur B-41(kiri) dan L-30 (kanan) (Sumber: *Opendtect*, versi 5.0)

## 2. Ekstraksi *Wavelet*

Proses ekstraksi *wavelet* dapat dilakukan dengan beberapa metode. Pertama, dengan menggunakan cara statistik, yaitu dengan mengekstraksi *wavelet* dari data volume seismik disekitar daerah yang diprediksi sebagai zona target melalui korelasi data sumur. Kedua, dengan cara membuat *wavelet ricker*. Sumur dikonversi dari fungsi kedalaman menjadi fungsi waktu dengan menggunakan data *checkshot*. Ketiga, menggunakan data sumur, dimana *wavelet* diekstraksi di sekitar lokasi sumur. Pada penelitian ini metode yang dipakai adalah dengan cara statik. Metode ini dipilih karena menghasilkan *wavelet* dengan nilai korelasi yang lebih tinggi daripada metode lainnya pada saat melakukan *well to seismic tie*. Karena yang diubah adalah domain data sumur, maka perlu dilakukan pembuatan seismogram sintetik untuk masing-masing sumur. Seismogram sintetik merupakan hasil dari koefisien refleksi yang dikonvolusikan dengan *wavelet*. *Wavelet* di dapatkan dari hasil ekstraksi data seismik pada jendela disekitar zona yang diprediksi adalah zona resevoir.

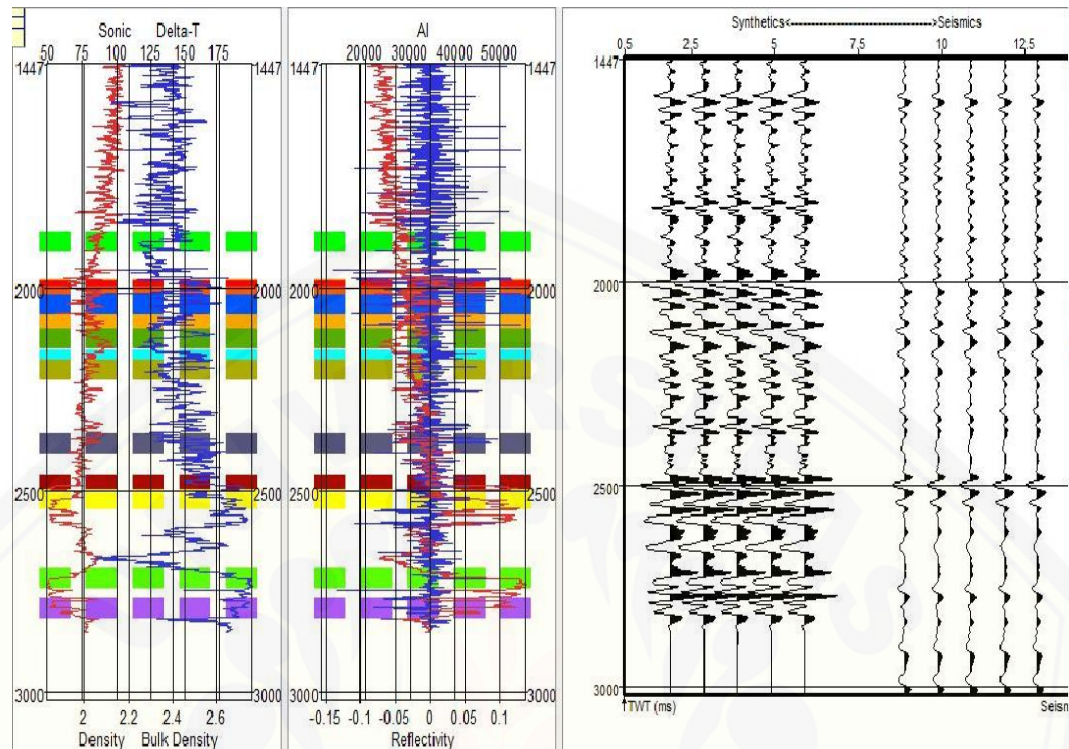


Gambar 3.8 *Wavelet statistical* 120ms (Sumber: *Opentect*, versi 5.0)

### 3. *Well to seismic tie*

*Well to seismic tie* adalah proses pengikatan data sumur dengan data seismik. Proses ini dilakukan untuk menyamakan domain sumur dengan seismik, karena domain sumur adalah kedalaman dalam meter sedangkan domain seismik adalah waktu dalam satuan milisekon. Domain yang diubah adalah domain sumur yang pada mulanya adalah kedalaman diubah menjadi waktu. Tujuan akhir dari proses pengikatan ini adalah untuk mengetahui posisi atau marker geologi pada data seismik.

Proses *well to seismic tie* dapat menghasilkan data yang baik jika dilakukan proses *stretching*, *squeezing*, dan *shifting*. *Stretching* dan *squeezing* adalah proses merenggangkan dan merapatkan *trace* seismik agar sesuai dengan *trace* sintetik, sedangkan *shifting* adalah cara untuk memindahkan atau menarik seluruh komponen seismogram sintetik ketempat yang diinginkan sesuai dengan data *trace* seismiknya.



Gambar 3.9 Pengikatan data sumur yang diwakili oleh seismogram sintetik terhadap data seismik (Sumber: *Opendtect*, versi 5.0)

#### 4. Interpretasi Sismik

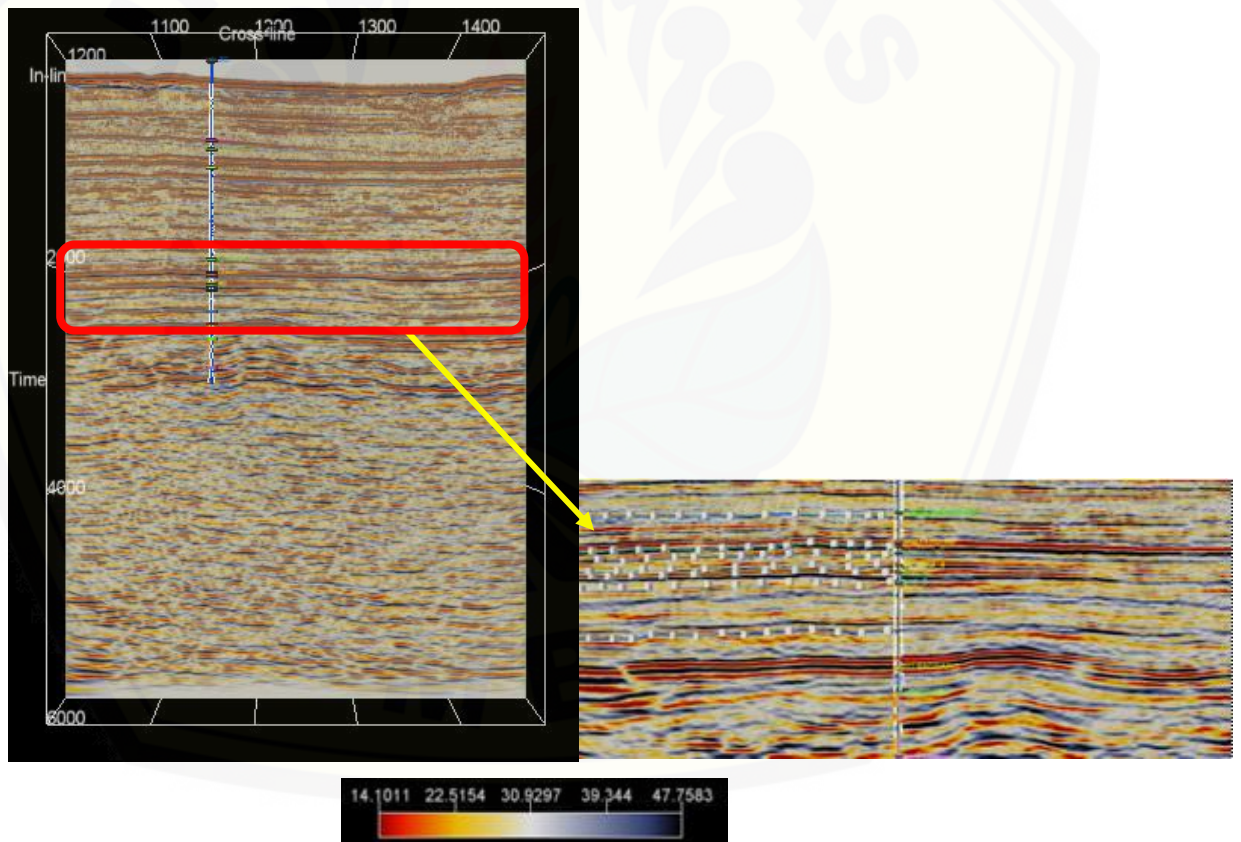
Setelah dilakukan pengikatan antara data sumur dan data seismik, maka artinya sudah ada kesamaan antara kedua data dari segi kedalaman target. *Marker* pada data sumur sudah dapat kita gunakan untuk *picking horizon* zona target pada data seismik. Dari hasil interpretasi, terdapat 8 horizon yang merupakan lapisan pasir pada formasi *missisauga*.

#### 5. *Picking Horizon* dan *Picking Fault*

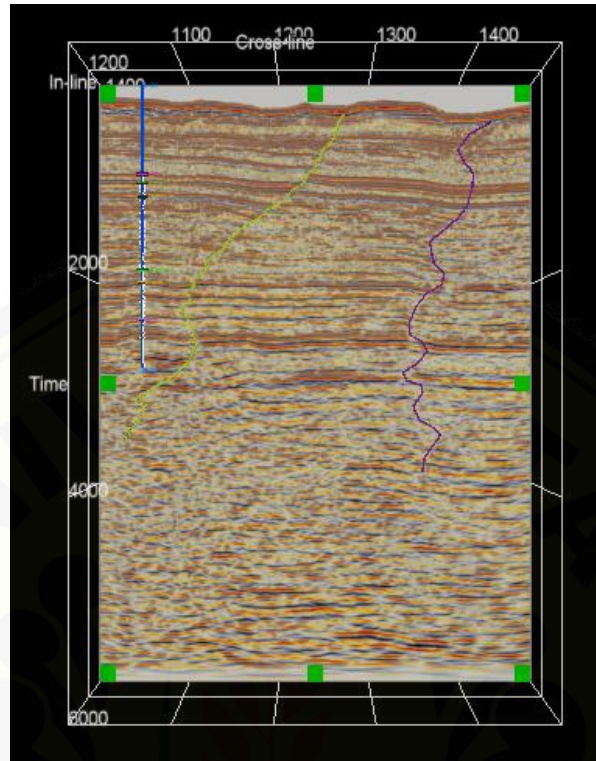
*Picking Horizon* dilakukan dengan menarik garis horizontal pada zona target mengikuti polaritas yang terlihat pada data seismik. Proses ini dilakukan pada setiap zona target yakni 8 buah lapisan pasir yang terdapat pada formasi *missisauga* dan dilakukan pada setiap *inline* dan *crossline*. Sebelum melakukan *picking* dianjurkan untuk menampilkan hasil *well to*

*seismik tie* untuk mengetahui horizon yang akan di *picking* berada pada fasa dan polaritas yang sama. *Picking* pertama kali dilakukan pada *line* yang berpotongan dengan sumur karena digunakan sebagai acuan untuk melakukan *picking* horizon selanjutnya.

*Picking Fault* atau fault merupakan rekahan pada batuan yang telah mengalami pergeseran, sehingga fault dalam seismik ditunjukkan dengan terpotongnya horizon seismik oleh bidang fault. *Picking* fault dilakukan dari pergeseran horizon yang tampak jelas dan diteruskan pada zona pergeseran itu secara vertikal.



Gambar 3.10 Hasil *picking horizon* pada lapisan target (Sumber: *Opentect*, versi 5.0)



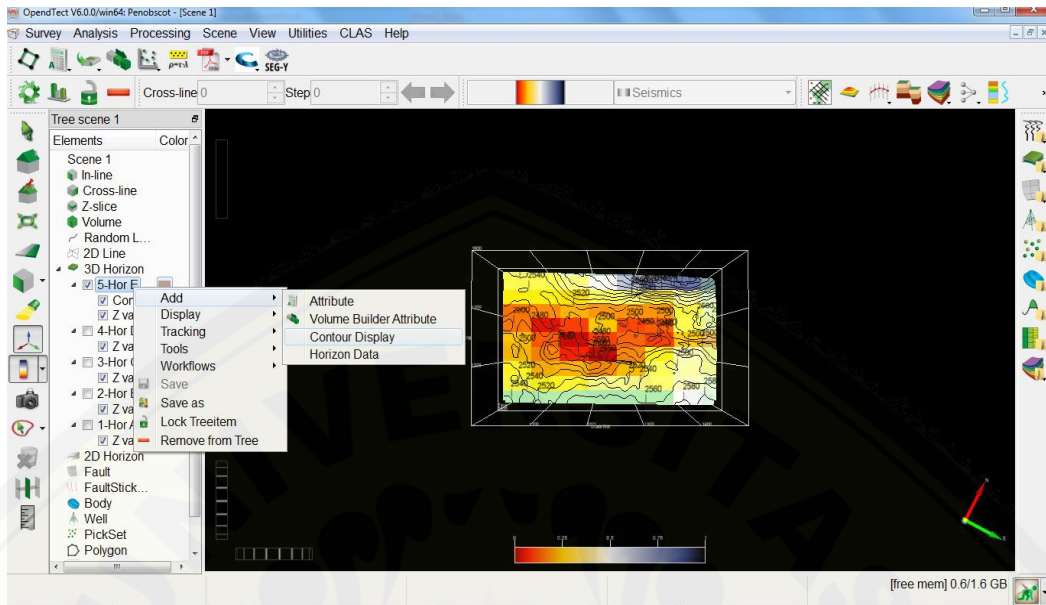
Gambar 3.11 Hasil *picking fault* (Sumber: *Opendtect*, versi 5.0)

#### 6. Peta Struktur Domain Waktu

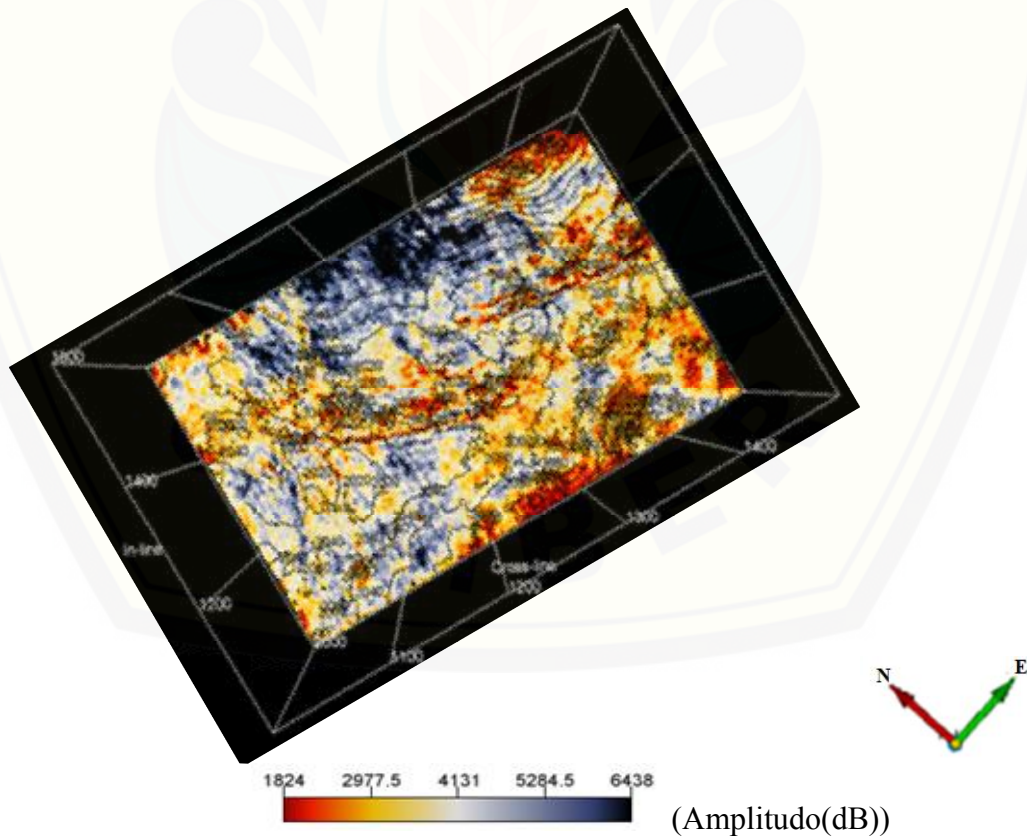
Struktur geologi dalam model reservoir yang meliputi horizon dapat terlihat setelah proses pembuatan model horizon. Visualisasi permukaan struktur utama yang dipetakan pada penelitian ini adalah 8 horizon. Pada peta struktur ini dibagi menjadi dua, peta adalah peta struktur dalam domain waktu, dan kedua adalah peta struktur dalam domain kedalaman.

Pada peta struktur dalam domain waktu merupakan peta awalan yang nantinya akan dikonversi menjadi domain kedalaman. Berikut ini merupakan salah satu contoh peta struktur dalam domain waktu dari setiap zona target yang meliputi formasi *upper missisauga*, *sand 2*, *sand 3*, *sand 4*, *sand 5*, *sand 6*, *sand 7*, dan formasi *lower missisauga* yang ditunjukkan pada Gambar 3.12.





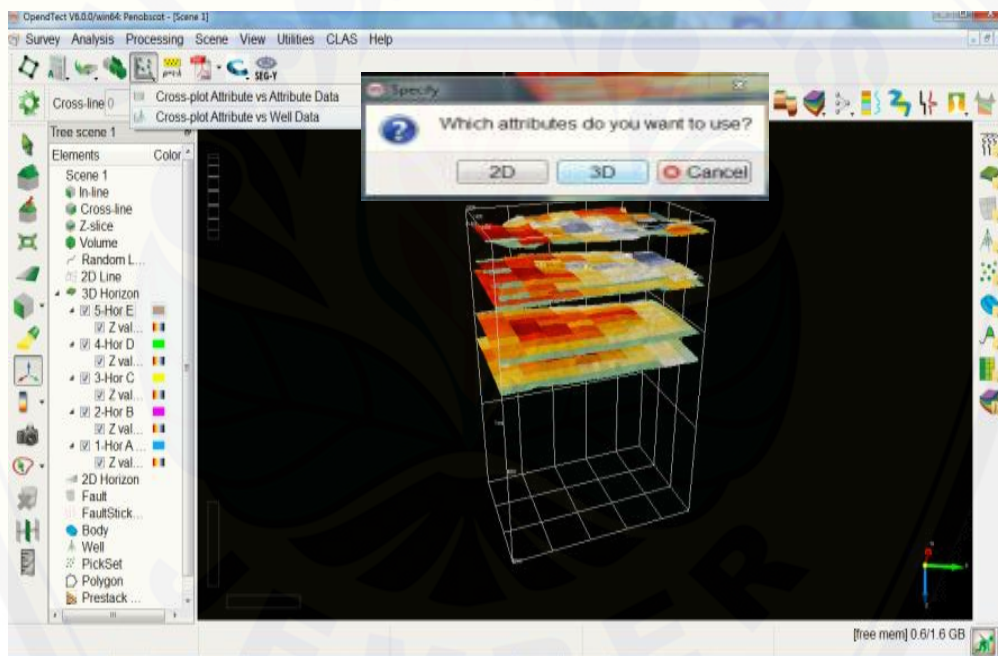
Gambar 3.12 Proses Peta Struktur Domain Waktu (Sumber: *Opentect*, versi 5.0)



Gambar 3.13 Salah satu contoh Peta struktur waktu pada permukaan lapisan *Sand 2*

## 7. Konversi domain waktu menjadi kedalaman

Untuk mengetahui zona-zona persebaran reservoir tersebut, maka dilakukan konversi domain yaitu dari domain waktu menjadi domain kedalaman. Proses konversi dilakukan dengan menggunakan metode *time-depth curve*. Metode *time-depth curve* dilakukan dengan menginterpolasi data *time* dan *depth* yang terdapat pada data *checkshot*. Data *checkshot* digunakan dalam proses konversi peta struktur domain waktu yang diperoleh dari hasil interpretasi seismik diubah menjadi peta struktur domain kedalaman dengan cara membentuk *time-depth curve* sehingga dihasilkan persamaan linier (Persamaan 3.1).



Gambar 3.14 Proses Konversi domain waktu menjadi kedalaman (Sumber: *Opendtect*, versi 5.0)

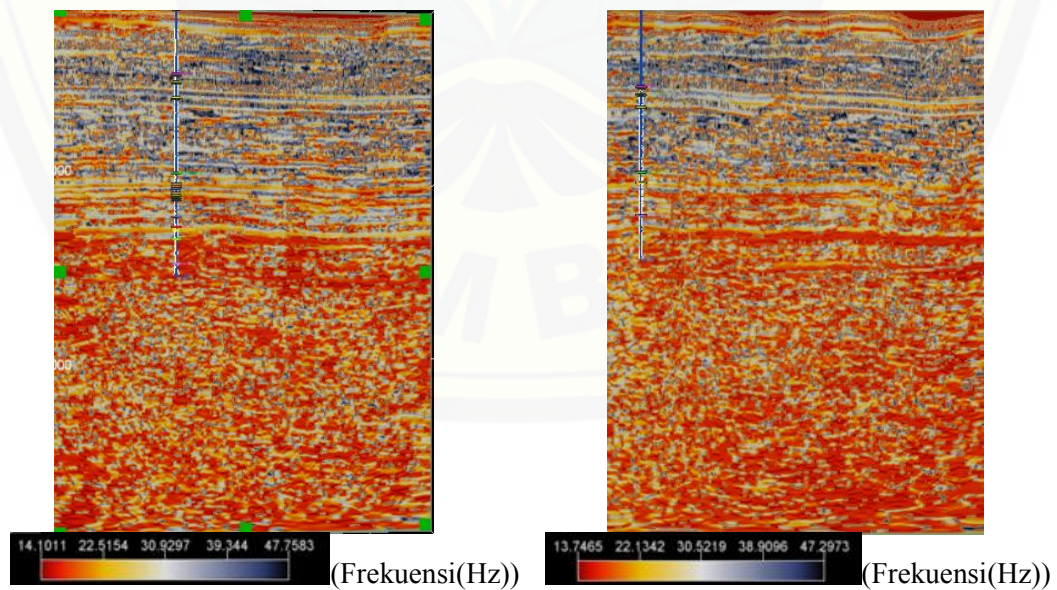
## 8. Analisa Kecepatan

Untuk mengetahui karakteristik material yang ada pada setiap lapisan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 3.2. Nilai kecepatan yang didapat ini merupakan hasil bagi dari kedalaman dibagi dengan waktu tempuh gelombang.

## 9. Frekuensi pada Vertikal

Frekuensi vertikal didefinisikan sebagai pendeteksi batas antara pengendapan geologi bawah permukaan bumi, data seismik sebagai input dan data sumur sebagai kontrol (Sukmono, 2007). Frekuensi akan berkurang akibat adanya efek atenuasi. Oleh karena itu dengan bertambahnya kedalaman, resolusi vertikal dan horizontal akan berkurang sedangkan efek interferensi akan semakin besar akibat meningkatnya panjang pulsa sambungan dengan berkurangnya frekuensi.

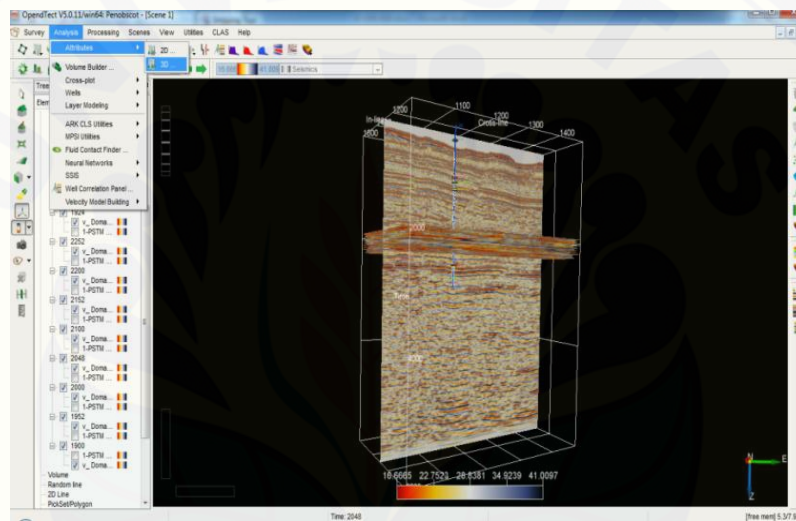
Sebelum memberikan perlakuan frekuensi dibuat model bumi (*initial model*). Model awal diperlukan untuk mengontrol proses perlakuan frekuensi yang akan dilakukan selanjutnya. Model geologi ini dibuat dengan menggunakan data sumur dan horizon. Untuk sumur yang digunakan sumur Penobscot L-30 dan B-41 sedangkan horizon yang digunakan adalah delapan horizon yang merupakan lapisan pasir pada formasi *missisauga* dan merupakan zona target. Untuk input parameternya adalah P-wave yang sudah dikoreksi dengan korelasi pada saat *well to seismic tie* yang ditunjukkan pada Gambar 3.15.



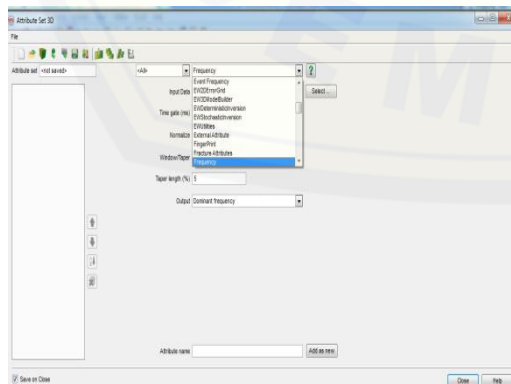
Gambar 3.15 Model bumi perlakuan frekuensi pada *inline* ( kiri sumur L-30 kanan sumur B-41)

10. Frekuensi pada Horizon

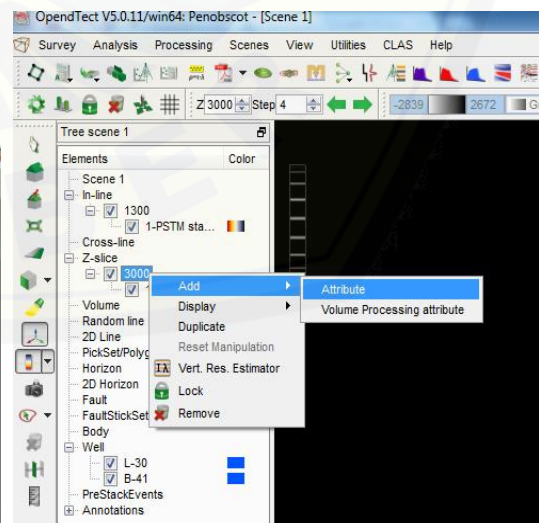
Setelah perlakuan frekuensi secara vertikal maka akan terlihat batas-batas lithologi yang berbeda. Untuk mengetahui persebaran reservoir, perlu dilakukan ekstraksi frekuensi pada setiap peta struktur waktu yang telah dibuat. Setelah ekstraksi frekuensi dilakukan pada setiap peta struktur domain waktu, maka akan terlihat daerah atau zona-zona persebaran reservoir yang menjadi target dalam penelitian ini. Persebaran ini terlihat pada Gambar 3.14.



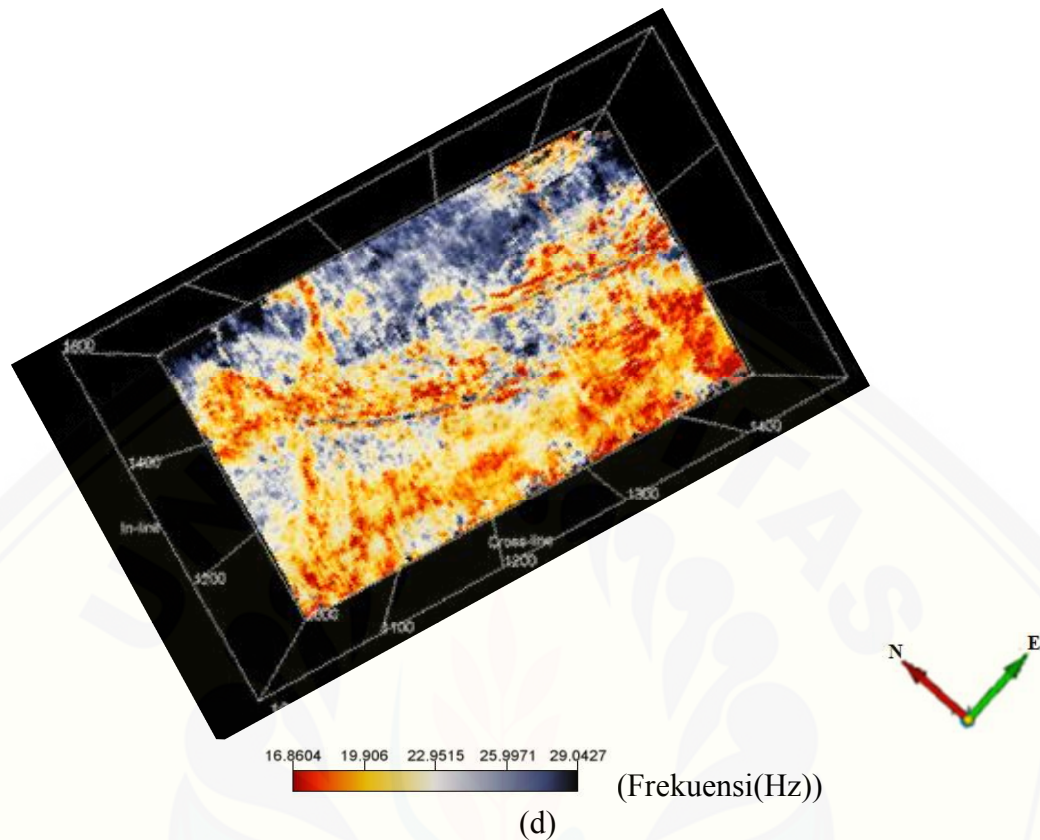
(a)



(b)



(c)



Gambar 3.16 (a) Proses penampilan horizon target pada data seismik (b) proses mengeluarkan respon frekuensi (c) pengolahan lapisan horizon dengan menggunakan respon frekuensi (d) Salah satu contoh persebaran frekuensi pada horizon *sand 2*

#### 3.4.4 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi:

##### 1. Metode *Time-Depth Curve*

Metode ini dilakukan dengan menggunakan *crospilot* data seismik formasi *Missisauga* pada lampiran 6 (data *time-depth*), sehingga dihasilkan persamaan linier. Persamaan liniernya yang dihasilkan adalah:

$$y = 1645x - 703,2 \quad (3.1)$$

Keterangan:

$x$  = data horizontal peta struktur waktu

## 2. Analisis Kecepatan

Data kecepatan yang dihasilkan merupakan data pada formasi *Missisauga* yang diperoleh dengan menggunakan (Persamaan 3.2). Dari data kecepatan tersebut digunakan untuk mengetahui material yang ada pada setiap formasi *Missisauga*.

$$V_i = \frac{\Delta z_i}{\Delta t_i} \quad (3.2)$$

Keterangan:

$V_i$  = Kecepatan interval ( $m/s$ )

$\Delta z_i$  = Tebal kedalaman pada lapisan ke-i ( $m$ )

$\Delta t_i$  = Waktu tempuh gelombang pada lapisan ke-i ( $s$ )

$i$  = 1, 2, ...,  $n$ .

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwasanya:

1. Daerah target penelitian pada lapisan *upper missisauga*, *sand 2*, *sand 3*, *sand 4*, *sand 5*, *sand 6*, *sand 7*, dan *lower missisauga* dengan menggunakan analisis kecepatan pada sumur Penobscot L-30 merupakan lapisan yang mengandung *surface*, *sands*, *sandstone*, *fresh water*, *sea water*, *oil*.
2. Peta respon frekuensi dapat menentukan adanya anomali persebaran reservoir dengan menunjukkan daerah yang tinggi (mendekati warna merah) dan daerah rendah (mendekati warna hitam), selain itu dengan menggunakan respon frekuensi dapat menunjukkan dua patahan besar yang ada pada setiap zona target.

### 5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan untuk pelaksanaan penelitian ini untuk keberlanjutannya, diantaranya sebagai berikut:

1. Pengambilan data kecepatan dapat menggunakan persamaan yang berhubungan dengan kecepatan gelombang P dan kecepatan gelombang S sehingga data kecepatan lebih akurat;
2. Diperlukan menggunakan ekstraksi nilai impedansi akustik dengan cara melakukan proses inversi dengan metode *linier sparse spike* pada zona target untuk mengetahui persebaran reservoir yang lebih akurat;
3. Diperlukan karakterisasi yang lebih lanjut meliputi porositas dan permeabilitas untuk mengetahui keakuratan persebaran reservoir pada zona target.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdullah, A. 2007. *Ensiklopedia Seismik*. <http://ensiklopediseismik.blogspot.com>. [20 Mei 2014].
- Adityo, Haryo. 2008. “Analisa kecepatan data seismik refleksi 2D zona darat menggunakan metode *Samblance*”.2011. Skripsi. Jakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Al-Sadi, H. N. 1980. *Seismic Exploration Technique and Processing*. Boston: Springer Basel AG.
- Asquith, G. B., & Gibson, C. R. 1983. *Basic Well Log Analysis for Geologists*. Tulsa: AAPG.
- Bacon, M., Simm, R., & Redshaw, T. 2003. *3-D Seismic Interpretation*. UK: Cambridge University Press.
- Brown, A. R. 2004. *Interpretation of Three-Dimensional Seismic Data*. Sixth Edition. USA: The American Association of Petroleum Geologists and the Society of Exploration Geophysicists.
- CNSOPB. 2000. *Technical Summaries of Scotian Shelf Significant and Commercial Discoveries*. Kanada: Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Board. [http://www.callforbids.cnsopb.ns.ca/2007/01/regional\\_geology.html](http://www.callforbids.cnsopb.ns.ca/2007/01/regional_geology.html)
- CNSOPB. 2008. Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Board Call for Bids 2007-2008. [http://www.callforbids.cnsopb.ns.ca/2007/01/regional\\_geology.html](http://www.callforbids.cnsopb.ns.ca/2007/01/regional_geology.html)
- CNSOPB. 2010. Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Board.Exploration History. <http://www.cnsopb.ns.ca/geoscience/geoscienceoverview/explorationhistory>



- Etris, E. L., Crabtree, N. J., & Pickford, J. D. S. 2001. True Depth Conversion: More Than A Pretty Picture. *CSEG Recorder*. November 2001; 11-16
- Fahrullah, W. 2014. "Deteksi Persebaran Reservoir Pasir Gas Menggunakan Analisis Amplitudo Versus Offset (AVO) Data Seismik 3D PSTM Penobscot Kanada". Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada.
- Fensome, R.A., & Williams, G.L. 2001. *The last billion years. Atlantic Geoscience Society*. Halifax: Nimbus Meister, Semaphor Design Company: 135-139.
- Gadallah, M. R., & Fisher, R. L. 2009. *Exploration Geophysics: An Introduction*. Norway: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Goodway, B., Chen, T., dan Downton, J., 1997. *Improved AVO fluid detection and lithology discrimination using Lamé petrophysical parameter; " $\lambda\rho$ ", " $\mu\rho$ " dan " $\lambda/\mu$  fluid stack", from P and S inversions, 1997 CSEG meeting abstracts, 148-151; 1997 SEG meeting abstracts, 183-186; 1999 EAGE meeting abstracts, 6-51.*
- Google Earth. 2015. Nova-Scotia Canada. [http://www.bing.com/maps/default.aspx?q=NOVA+SCOTIA+CANADA&mkt=en&FORM=HDRSC4#Y3A9MC4wMDAwMDB+MC4wMDAwMDAmbHZsPTEmc3R5PXImcT1Ob3ZhJTlwU2NvdGhhJTJDJTlwS2FuYWRh\[31 Mei 2015\].](http://www.bing.com/maps/default.aspx?q=NOVA+SCOTIA+CANADA&mkt=en&FORM=HDRSC4#Y3A9MC4wMDAwMDB+MC4wMDAwMDAmbHZsPTEmc3R5PXImcT1Ob3ZhJTlwU2NvdGhhJTJDJTlwS2FuYWRh[31 Mei 2015].)
- Hansen, M.D., Shimeld, J.W., Williamson, M. A., Anderse, H. L. 2004. Development of a major polygonal fault system in Upper Cretaceous chalk and Cenozoic mudrocks of the Sable Subbasin, Canadian Atlantic margin. *Marine and Petroleum Geology*. Vol. **21**: 1205–1219.
- Hilterman, F.J. 1977. *Seismic Lithology*. Las Vegas: Education Course, *53rd Annual International SEG Meeting*.
- Hiskiawan, Puguh. 2015. Investigasi Pengaruh Land-Subsidence pada Jalan Raya Menggunakan Data Seismik Refraksi dengan Teknik Filter Spektrum Frekuensi. *Jurnal Ilmu Dasar*. Vol. **2**: 7-10.

- Jansa, Lubomir, F., & Urrea, V. H. N. 1990. Geology and Diagenetic History of Overpressured Sandstone Reservoirs, Venture Gas Field, Offshore Nova Scotia, Canada. *The American Association of Petroleum Geologist Bulletin* Vol. **74** (10): 1640-1658.
- Kearey, P., Brooks, M., & Hill, I. 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration*. Third Edition. UK: Blackwell Science Ltd.
- Marsis, Wira. 2013. "Delineasi Reservoir Dengan Menggunakan Hasil Ekstraksi Nilai Impedansi akustik Pada Lapangan penobscot, Canada-Nova Scotia". Skripsi. Depok: Program Studi Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Mondol, N. H. 2010. *Exploration Geophysics*. Norway: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Munadi dan Pasaribu. 1984. *Aspek Fisis Seismologi Eksplorasi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Natural Resources Canada. 2011. *Stratigraphic overview*. <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geography/atlas-canada/selected-thematic-maps/16872>[31 mei 2015].
- Shearer, Peter M. 2009. *Introduction to Seismology Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press
- Sherrif, Robert E., and Gendart, Lloyd P. 1995. *Exploration Seismology*. Cambridge: Cambridge University Press
- Sismanto. 1996. "Pengolahan dan Interpretasi Data Seismik". Skripsi. Yogyakarta: Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika, fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada.
- Sumirah. 2006. "Deteksi Reservoir Gas Menggunakan Analisis AVO dan Inversi  $\lambda\rho$  dan  $\mu\rho$  Data Seismik 3D". Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada.

- Telford, W. M., Geldart, L.P., dan Sherrif, R.E. 1990. *Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press
- Wade, J.A., MacLean, B.C., and Williams, G.L. 1995. Mesozoic and Cenozoic stratigraphy, Eastern Scotian Shelf: New Interpretations. *Canadian Journal of Earth Sciences*. Vol. **32**: 1462-1473.
- W.A Taher., dan Emmert, M.A. 1992. *Public Sector Professional: The Effects of Public Sector Jobs on Motivation, Job Satisfaction and Work Involvement*. American Review of Public Administration. Vol. **22**. No 1: 37 – 48.
- Veeken, P. C.H. 2007. Seismic Stratigraphy, Basin Analysis and Reservoir Characterization: Elsevier. Amsterdam. *Seismic Exploration*. Vol. **37**: 509.
- Yusuf, A. dan Romli, M. 2012. *Batuan Inti Penyimpan Minyak dan Gas Bumi*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi LEMIGAS.
- Young, Roger A. 2004. *A Lab Manual of Reflection Processing*. Netherland: EAGE Publication University of Oklahoma

## DAFTAR ISTILAH

- Anomali : Penyimpangan atau keanehan yang terjadi atau dengan kata lain tidak seperti biasanya
- Atenuasi : Melemahnya suatu sinyal yang disebabkan oleh adanya jarak yang semakin jauh, yang harus ditempuh oleh suatu sinyal tersebut dan karena frekuensi sinyal yang semakin tinggi
- Batuan karbonat : Batuan dengan kandungan material karbonat lebih dari 50% yang tersusun atas partikel karbonat klastik yang tersemankan
- Basin : Cekungan didalam laut yang lebar dan luas
- Chaotic* : Zona acak
- Coal* atau batu bara : Batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan
- Crossline : Lintasan yang tegak lurus dengan inline
- Crossplot* : Salah satu proses untuk mengetahui karakterisasi suatu reservoir
- Data checkshot* : Data olahan yang menjadi pendukung dalam proses interpretasi, hal ini berkaitan dengan konversi waktu menjadi kedalaman
- Difraksi : Gelombang yang menjalar melalui lubang kecil dan menyebar keluar
- Deformasi : Perubahna bentuk dan ukuran dari kondisi semula ke kondisi terkini

Detektor	Alat pendeteksi
<i>Dolomite</i>	: Material (kalsium magnesium karbonat) merupakan komponen utama dari batuan sedimen yang dikenal sebagai marmer dolomit
Diagenesa	Perubahan dari sedimen atau batuan sedimen yang ada menjadi batuan sedimen yang lain
Eksplorasi seismik	Istilah yang dipakai di dalam bidang geofisika untuk menerangkan aktifitas pencarian sumber daya alam dan mineral yang ada di bawah permukaan bumi dengan bantuan gelombang seismik
Elastisitas	Kemampuan benda untuk kembali ke bentuk semula
Formasi	Suatu susunan batuan yang memiliki keseragaman ciri-ciri geologi, baik terdiri dari satu macam batuan atau lebih yang terletak dibawah permukaan
<i>Fresh water</i> atau air tawar	: Larutan yang tidak mengandung garam maupun mineral didalamnya
Geologi	Ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang evolusi bumi secara menyeluruh beserta penghuninya, sejak awal pembentukannya hingga sekarang yang dapat dikenal dalam batuan-batuan
Horizon	Permukaan yang memisahkan dua lapisan batuan yang berbeda, dan juga refleksi berasal dari permukaan ini
Inline	Lintasan lurus atau sejajar dengan garis pengambil data
<i>Interest</i>	: Zona atau titik dimana suatu lapisan memiliki anomali tertentu sebagai karakter reservoir yang terdapat di lapisan tersebut
Karakterisasi	: Suatu proses untuk menjabarkan secara kualitatif dan atau kuantitatif sifat reservoir menggunakan semua data yang

	ada
Koefisien refleksi	: Suatu nilai yang mempresentasikan bidang batas antara dua medium yang memiliki impedansi akustik yang berbeda
Koheren	Keselaran
Kompaksi	: Proses penyatuan pada material-material sedimen sehingga jarak antar material lebih dekat
Lakustrin	: Berupa danau tempet berkumpulnya sedimen (carbon dll) : yang nantinya berubah menjadi reservoir hidrokarbon
<i>Limestone</i> atau batu gamping	: Batuan sedimen yang memiliki komposisi mineral utama dari kalsit
<i>Log</i>	Suatu grafik kedalaman (bisa juga waktu) dari suatu set
<i>Logging</i>	: data yang menunjukkan parameter yang diukur secara berkesinambungan didalam sebuah sumur
<i>Marls</i> atau napal	: Batuan lempung yang mempunyai komposisi karbonat : yang tinggi
Metode seismik refleksi	: Metode geofisika aktif yang memanfaatkan gelombang pantul dengan sumber seismik batuan (dapat berupa ledakan atau pukulan)
Reservoir	: Suatu tempat atau wadah terakumulasinya suatu hidrokarbon
Refleksi	: Gelombang yang dipantulkan setelah menumbuk medium yang berbeda
Refraksi	: Peristiwa pembelokan arah perambatan gelombang yang melalui medium yang berbeda
Resolusi Horizontal	: Kemampuan untuk mendeteksi lapisan tipis dalam bentuk horizon
Resolusi Vertikal	: Kemampuan untuk mendeteksi adanya patahan

<i>Sandstone</i> atau batu pasir	Batuan sedimen dengan ukuran butiran antara 1/16 : milimeter dan 2 milimeter
Seismogram sintetik	Proses pembuatan <i>trace</i> seismik dari kovolusi <i>wavelet</i> : dengan <i>log</i> refektifitas
Stratigrafi	Suatu ilmu yang mempelajari tentang lapisan-lapisan : batuan serta hubungan lapisan batuan itu dengan lapisan batuan yang lainnya yang bertujuan untuk mendapatkan : pengetahuan tentang sejarah bumi
<i>Syn-rift</i>	Proses pengendapan sedimen berlangsung sebelum terbentuk cekungan (basin) atau sedimentasi bersamaan dengan aktifitas pembentukan basin atau sedimentasi pada : basin yang belum stabil
Topografi	Penampilan relief permukaan
<i>Trace envelope</i>	Selubung <i>trace</i>
Transgresi	Naiknya permukaan air laut
<i>Trap</i>	: Jebakan hidrokarbon untuk menjebak hidrokarbon agar : tetap dilapisan tersebut
Visibilitas	: Keadaan dapat dilihat dan diamati
<i>Well-logging</i>	: Cara untuk mendapatkan rekaman <i>log</i> yang detail mengenai informasi geologi yang terpenetrasi dalam : lubang bor
<i>Wiggly line</i>	: Garis bergelombang
<i>Wavelet</i>	Gelombang seismik yang memiliki komponen amplitudo, frekuensi, dan fasa.
	:
	:

**LAMPIRAN****LAMPIRAN 1. DATA SGY****\* Provided information \***

File name : D:\TA\opendtech\F3\_Demo\_2012\Rawdata\Seismic\_data.sgy

**\* Position scanning results \***

Sorting : In-line sorted (increasing); Cross-lines go up

Total number of positions : 600515

Number of unique positions : 600515

X-Coordinate range : 605416.7 - 629576.3 (d=24159.6)

Y-Coordinate range : 6073556.4 - 6090463.2 (d=16906.8)

Inlines : 100 - 750 [step=1]

Crosslines : 300 - 1250 [step=1]

Gaps in inlines : No

Gaps in crosslines : Yes

Duplicate positions : None

**\* Clipping data \***

Value range : -29974 - 28025 [scl 16/8-bits: 1.09318078 ; 0.00423701]

0.1% clipping range : -13305 - 9510 [scl 16/8-bits: 2.4627583 ; 0.00954528]

0.25% clipping range : -9946 - 8494 [scl 16/8-bits: 3.29449034 ; 0.01276895]

0.5% clipping range : -8599 - 7847 [scl 16/8-bits: 3.81055927 ; 0.01476916]

1% clipping range : -7005 - 6868 [scl 16/8-bits: 4.67765903 ; 0.01812991]

2.5% clipping range : -5568 - 5689 [scl 16/8-bits: 5.75971174 ; 0.02232378]

5% clipping range : -4679 - 4810 [scl 16/8-bits: 6.81226635 ; 0.02640333]

10% clipping range : -3832 - 3781 [scl 16/8-bits: 8.55088711 ; 0.03314196]

25% clipping range : -2457 - 2442 [scl 16/8-bits: 13.33618259 ; 0.05168905]

Median value : 0

**\* Status \***

Successfully scanned : D:\TA\opendtech\F3\_Demo\_2012\Rawdata\Seismic\_data.sgy

**- General info**

Number of traces found : 600515 (all usable)

Number of samples in file : 462

Z range in file : 0.004`1.848

Z step in file : 0.004

File marked as REV. 1 : Yes

**- Ranges**

Inline range : 100`750

Crossline range : 300`1250



LAMPIRAN 2. DATA SEISMIK

1000.000	1000.000	731982.000	4890109.000	Penbscot stack data_agc
1000.000	1481.000	742640.000	4895683.000	Penbscot stack data_agc
1600.000	1000.000	728506.000	4896752.000	Penbscot stack data_agc

Gambar 1. Input Data Survey Seismik

LAMPIRAN 3. DATA SUMUR

```

VERS. 2.0 : CWLS Log ASCII Standard - version 2.0
WRAP. NO : One line per depth step
~WELL INFORMATION
#MNEMONIC .UNIT VALUE :DESCRIPTION
#-----
STRT .M 319.4610 :START DEPTH
STOP .M 4221.4243 :STOP DEPTH
STEP .M 0.1521 :STEP
NULL . -999.2500 :NULL
COMP . :COMPANY
WELL . L-30 :WELL
FLD . :FIELD
LOC . UNKNOWN :LOCATION
CNTY . UNKNOWN :LOCATION
STAT . UNKNOWN :STATE
CTRY . UNKNOWN :COUNTRY
SRVC . UNKNOWN :SERVICE COMPANY
DATE . :LOG DATE
API . L-30 :API NUMBER
XCOORD . 734338.860000 :SURFACE X
YCOORD . 4893837.880000 :SURFACE Y
LAT . -999.250000 :LATITUDE
LON . -999.250000 :LONGITUDE
ELEV .M -999.250000 :SURFACE ELEV
ELEV_TYPE . 30.449500KB :ELEV TYPE
~CURVE INFORMATION
#MNEMONIC.UNIT API CODE: CURVE DESCRIPTION
#-----
DEPTH .M : Measured Depth
DT . UNKNOWN :
GR .GAPI UNKNOWN :
ILM .OHMM UNKNOWN :
NPHI .V/V UNKNOWN :
RHOB . UNKNOWN :
SP .MV UNKNOWN :
    
```

Gambar 2. Input data Sumur 1

```

VERS. 2.0 : CWLS Log ASCII Standard - version 2.0
WRAP. NO : One line per depth step
~WELL INFORMATION
#MNEMONIC .UNIT VALUE :DESCRIPTION
#-----
STRT .M 331.7750 :START DEPTH
STOP .M 3444.1577 :STOP DEPTH
STEP .M 0.1523 :STEP
NULL . -999.2500 :NULL
COMP . :COMPANY
WELL . B-41 :WELL
FLD . :FIELD
LOC . UNKNOWN :LOCATION
CNTY . UNKNOWN :LOCATION
STAT . UNKNOWN :STATE
CTRY . UNKNOWN :COUNTRY
SRVC . UNKNOWN :SERVICE COMPANY
DATE . :LOG DATE
API . B-41 :API NUMBER
XCOORD . 731133.470000 :SURFACE X
YCOORD . 4894307.880000 :SURFACE Y
LAT . -999.250000 :LATITUDE
LON . -999.250000 :LONGITUDE
ELEV .M -999.250000 :SURFACE ELEV
ELEV_TYPE . 0.000000KB :ELEV TYPE
~CURVE INFORMATION
#MNEMONIC.UNIT API CODE: CURVE DESCRIPTION
#-----
DEPTH .M : Measured Depth
DT . UNKNOWN :
GR .GAPI UNKNOWN :
ILM .OHMM UNKNOWN :
NPHI .V/V UNKNOWN :
RHOB . UNKNOWN :
SP .MV UNKNOWN :
    
```

Gambar 3. Input data Sumur 2

## LAMPIRAN 4. DATA MARKER

	Name	MD (m)	TVD (m)	TVDSS (m)
Marker 1	quaternary	167	167	137.1
Marker 2	WyanDot FM	867.15600586	867.15600586	837.25598145
Marker 3	DAWSON CANYON FM	984.50402832	984.50402832	954.60400391
Marker 4	LOGAN CANYON FM	1136.90405273	1136.90405273	1107.00402832
Marker 5	U. MISSISAUGA FM	2251.25292969	2251.25292969	2221.35302734
Marker 6	Base O-Marker	2469.20703125	2469.20703125	2439.30712891
Marker 7	Pay_sand_1-rft	2478	2478	2448.1
Marker 8	pay_sand_2	2499	2499	2469.1
Marker 9	pay_sand_3	2543	2543	2513.1
Marker 10	pay_sand_4	2637	2637	2607.1
Marker 11	sand_5	2699	2699	2669.1
Marker 12	sand_6	2795	2795	2765.1
Marker 13	sand_7	2835	2835	2805.1
Marker 14	L. MISSISAUGA FM	3190.64648438	3190.64648438	3160.74658203
Marker 15	ABENAKI FM	3404.3112793	3404.3112793	3374.41137695
Marker 16	MID BACCARO	3485.08325195	3485.08325195	3455.18334961
Marker 17	L. BACCARO	3964.53369141	3964.53369141	3934.63378906
Marker 18	Shale tongue	4112.79980469	4112.79980469	4082.9

Gambar 4. Input data marker sumur 1

	Name	MD (m)	TVD (m)	TVDSS (m)
Marker 1	WyanDot FM	858.62158203	858.62158203	828.72155762
Marker 2	DAWSON CANYON FM	985.11358643	985.11358643	955.21356201
Marker 3	LOGAN CANYON FM	1157.02075195	1157.02075195	1127.12072754
Marker 4	U. MISSISAUGA FM	2246.9855957	2246.9855957	2217.08569336
Marker 5	Base O-Marker	2472.56103516	2472.56103516	2442.66113281
Marker 6	L. MISSISAUGA FM	3190.64648438	3190.64648438	3160.74658203

Gambar 4. Input data marker sumur 2

LAMPIRAN 5. DATA *CHECKSOT*

Waktu (ms)	Kedalaman	Kecepatan (m/s)
1903,51	2428,07395	1275,577197
1903,98	2428,8471	1275,668389
1904,66	2429,9657	1275,800248
1905,19	2430,83755	1275,902955
1905,81	2431,85745	1276,02303
1906,39	2432,81155	1276,135287
1906,95	2433,73275	1276,243609
1907,49	2434,62105	1276,348002
1908,03	2435,50935	1276,452336
1908,56	2436,3812	1276,55468
1909,19	2437,41755	1276,676261
1909,68	2438,2236	1276,770768
1910,16	2439,0132	1276,863299
1910,65	2439,81925	1276,957711
1911,22	2440,7569	1277,067475
1911,8	2441,711	1277,179098
1912,4	2442,698	1277,294499
1913,01	2443,70145	1277,411749
1913,61	2444,68845	1277,527004
1914,18	2445,6261	1277,636429
1914,75	2446,56375	1277,745789
1915,32	2447,5014	1277,855084
1915,89	2448,43905	1277,964314
1916,45	2449,36025	1278,071565
1917,01	2450,28145	1278,178752
1917,57	2451,20265	1278,285877
1918,13	2452,12385	1278,39294
19187	30859,415	1608,350185
1919,25	2453,96625	1278,606878
1919,79	2454,85455	1278,709937
1920,35	2455,77575	1278,816752
1920,91	2456,69695	1278,923505
1921,43	2457,55235	1279,022577
1922,03	2458,53935	1279,136824
1922,58	2459,4441	1279,241488
1922,58	2459,4441	1279,241488

Waktu (ms)	Kedalaman	Kecepatan (m/s)
1924,25	2462,19125	1279,558919
1924,79	2463,07955	1279,661444
1925,27	2463,86915	1279,752528
1925,72	2464,6094	1279,837879
1926,18	2465,3661	1279,925085
1926,78	2466,3531	1280,038769
1927,31	2467,22495	1280,139132
1927,86	2468,1297	1280,243223
1928,42	2469,0509	1280,349146
1928,97	2469,95565	1280,453117
1929,49	2470,81105	1280,551363
1930,05	2471,73225	1280,657107
1930,61	2472,65345	1280,76279
1931,18	2473,5911	1280,870297
1931,74	2474,5123	1280,975856
1932,28	2475,4006	1281,077587
1932,82	2476,2889	1281,179261
1933,37	2477,19365	1281,28276
1933,93	2478,11485	1281,38808
1934,48	2479,0196	1281,49146
1935,04	2479,9408	1281,59666
1935,58	2480,8291	1281,698044
1936,12	2481,7174	1281,799372
1936,66	2482,6057	1281,900643
1937,24	2483,5598	1282,009354
1937,82	2484,5139	1282,117999
1938,96	2486,3892	1282,331353
1939,55	2487,35975	1282,441675
1940,13	2488,31385	1282,550061
1940,72	2489,2844	1282,66025
1941,29	2490,22205	1282,76664
1941,86	2491,1597	1282,872967
1942,42	2492,0809	1282,977368
1942,99	2493,01855	1283,083572
1943,57	2493,97265	1283,191575
1944,13	2494,89385	1283,295793

LAMPIRAN 6. DATA *TIME-DEPTH*

x	y	Waktu (ms)	Kedalaman
7.343.388.571	4893837.87	1903,51	2428,07395
7.343.388.571	4893837.87	1903,98	2428,8471
7.343.388.571	4893837.87	1904,66	2429,9657
7.343.388.571	4893837.87	1905,19	2430,83755
7.343.388.571	4893837.87	1905,81	2431,85745
7.343.388.571	4893837.87	1906,39	2432,81155
7.343.388.571	4893837.87	1906,95	2433,73275
7.343.388.571	4893837.87	1907,49	2434,62105
7.343.388.571	4893837.87	1908,03	2435,50935
7.343.388.571	4893837.87	1908,56	2436,3812
7.343.388.571	4893837.87	1909,19	2437,41755
7.343.388.571	4893837.87	1909,68	2438,2236
7.343.388.571	4893837.87	1910,16	2439,0132
7.343.388.571	4893837.87	1910,65	2439,81925
7.343.388.571	4893837.87	1911,22	2440,7569
7.343.388.571	4893837.87	1911,8	2441,711
7.343.388.571	4893837.87	1912,4	2442,698
7.343.388.571	4893837.87	1913,01	2443,70145
7.343.388.571	4893837.87	1913,61	2444,68845
7.343.388.571	4893837.87	1914,18	2445,6261
7.343.388.571	4893837.87	1914,75	2446,56375
7.343.388.571	4893837.87	1915,32	2447,5014
7.343.388.571	4893837.87	1915,89	2448,43905
7.343.388.571	4893837.87	1916,45	2449,36025
7.343.388.571	4893837.87	1917,01	2450,28145
7.343.388.571	4893837.87	1917,57	2451,20265
7.343.388.571	4893837.87	1918,13	2452,12385
7.343.388.571	4893837.87	19187	30859,415
7.343.388.571	4893837.87	1919,25	2453,96625
7.343.388.571	4893837.87	1919,79	2454,85455
7.343.388.571	4893837.87	1920,35	2455,77575
7.343.388.571	4893837.87	1920,91	2456,69695
7.343.388.571	4893837.87	1921,43	2457,55235
7.343.388.571	4893837.87	1922,03	2458,53935

x	y	Waktu (ms)	Kedalaman
7.343.388.571	4893837.87	1924,25	2462,19125
7.343.388.571	4893837.87	1924,79	2463,07955
7.343.388.571	4893837.87	1925,27	2463,86915
7.343.388.571	4893837.87	1925,72	2464,6094
7.343.388.571	4893837.87	1926,18	2465,3661
7.343.388.571	4893837.87	1926,78	2466,3531
7.343.388.571	4893837.87	1927,31	2467,22495
7.343.388.571	4893837.87	1927,86	2468,1297
7.343.388.571	4893837.87	1928,42	2469,0509
7.343.388.571	4893837.87	1928,97	2469,95565
7.343.388.571	4893837.87	1929,49	2470,81105
7.343.388.571	4893837.87	1930,05	2471,73225
7.343.388.571	4893837.87	1930,61	2472,65345
7.343.388.571	4893837.87	1931,18	2473,5911
7.343.388.571	4893837.87	1931,74	2474,5123
7.343.388.571	4893837.87	1932,28	2475,4006
7.343.388.571	4893837.87	1932,82	2476,2889
7.343.388.571	4893837.87	1933,37	2477,19365
7.343.388.571	4893837.87	1933,93	2478,11485
7.343.388.571	4893837.87	1934,48	2479,0196
7.343.388.571	4893837.87	1935,04	2479,9408
7.343.388.571	4893837.87	1935,58	2480,8291
7.343.388.571	4893837.87	1936,12	2481,7174
7.343.388.571	4893837.87	1936,66	2482,6057
7.343.388.571	4893837.87	1937,24	2483,5598
7.343.388.571	4893837.87	1937,82	2484,5139
7.343.388.571	4893837.87	1938,96	2486,3892
7.343.388.571	4893837.87	1939,55	2487,35975
7.343.388.571	4893837.87	1940,13	2488,31385
7.343.388.571	4893837.87	1940,72	2489,2844
7.343.388.571	4893837.87	1941,29	2490,22205
7.343.388.571	4893837.87	1941,86	2491,1597
7.343.388.571	4893837.87	1942,42	2492,0809
7.343.388.571	4893837.87	1942,99	2493,01855
7.343.388.571	4893837.87	1943,57	2493,97265
7.343.388.571	4893837.87	1944,13	2494,89385
7.343.388.571	4893837.87	1944,68	2495,7986

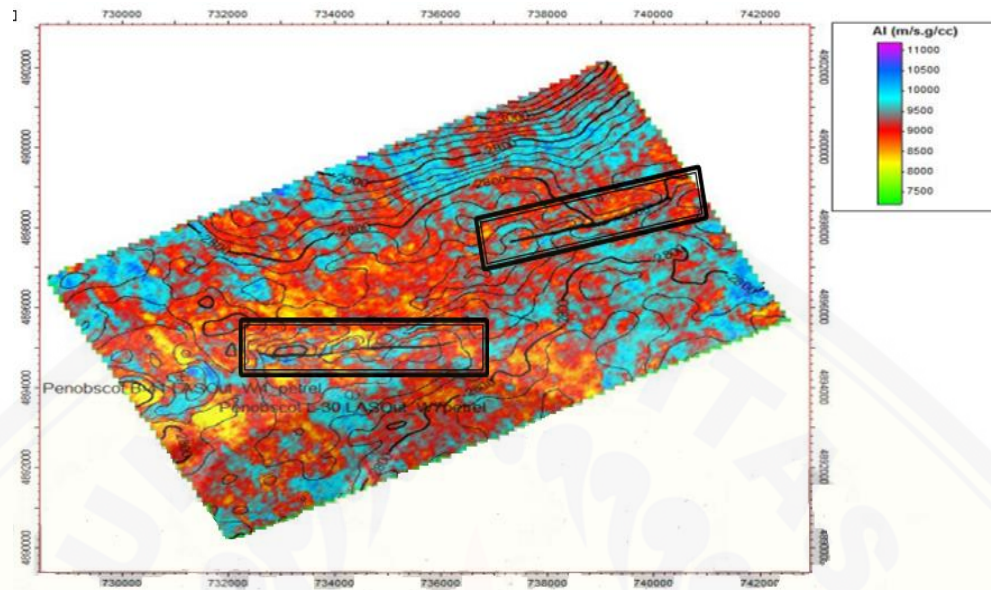
x	y	Waktu (ms)	Kedalaman
7.343.388.571	4893837.87	1945,75	2497,55875
7.343.388.571	4893837.87	1946,3	2498,4635
7.343.388.571	4893837.87	1946,85	2499,36825
7.343.388.571	4893837.87	1947,39	2500,25655
7.343.388.571	4893837.87	1947,93	2501,14485
7.343.388.571	4893837.87	1948,48	2502,0496
7.343.388.571	4893837.87	1949,02	2502,9379
7.343.388.571	4893837.87	1949,57	2503,84265
7.343.388.571	4893837.87	1950,14	2504,7803
7.343.388.571	4893837.87	1950,59	2505,52055
7.343.388.571	4893837.87	1951,04	2506,2608
7.343.388.571	4893837.87	1951,45	2506,93525
7.343.388.571	4893837.87	1951,91	2507,69195
7.343.388.571	4893837.87	1952,42	2508,5309
7.343.388.571	4893837.87	1952,82	2509,1889
7.343.388.571	4893837.87	1953,35	2510,06075
7.343.388.571	4893837.87	1954,01	2511,14645
7.343.388.571	4893837.87	1954,76	2512,3802
7.343.388.571	4893837.87	1955,27	2513,21915
7.343.388.571	4893837.87	1955,9	2514,2555
7.343.388.571	4893837.87	1956,53	2515,29185
7.343.388.571	4893837.87	1956,98	2516,0321
7.343.388.571	4893837.87	1957,49	2516,87105
7.343.388.571	4893837.87	1958,02	2517,7429
7.343.388.571	4893837.87	1958,47	2518,48315
7.343.388.571	4893837.87	1958,9	2519,1905
7.343.388.571	4893837.87	1959,38	2519,9801
7.343.388.571	4893837.87	1960,01	2521,01645
7.343.388.571	4893837.87	1960,7	2522,1515
7.343.388.571	4893837.87	1961,44	2523,3688
7.343.388.571	4893837.87	1961,88	2524,0926
7.343.388.571	4893837.87	1962,6	2525,277
7.343.388.571	4893837.87	1963,15	2526,18175
7.343.388.571	4893837.87	1963,62	2526,9549
7.343.388.571	4893837.87	1964,23	2527,95835
7.343.388.571	4893837.87	1964,77	2528,84665
7.343.388.571	4893837.87	1965,31	2529,73495

x	y	Waktu (ms)	Kedalaman
7.343.388.571	4893837.87	1966,41	2531,54445
7.343.388.571	4893837.87	1966,96	2532,4492
7.343.388.571	4893837.87	1967,5	2533,3375
7.343.388.571	4893837.87	1968,02	2534,1929
7.343.388.571	4893837.87	1968,55	2535,06475
7.343.388.571	4893837.87	1969,06	2535,9037
7.343.388.571	4893837.87	1969,6	2536,792
7.343.388.571	4893837.87	1970,09	2537,59805
7.343.388.571	4893837.87	1970,6	2538,437
7.343.388.571	4893837.87	1971,15	2539,34175
7.343.388.571	4893837.87	1971,71	2540,26295
7.343.388.571	4893837.87	1972,26	2541,1677
7.343.388.571	4893837.87	1972,79	2542,03955
7.343.388.571	4893837.87	1973,33	2542,92785
7.343.388.571	4893837.87	1973,75	2543,61875
7.343.388.571	4893837.87	1974,15	2544,27675
7.343.388.571	4893837.87	1974,55	2544,93475
7.343.388.571	4893837.87	1974,95	2545,59275
7.343.388.571	4893837.87	1975,35	2546,25075
7.343.388.571	4893837.87	1975,82	2547,0239
7.343.388.571	4893837.87	1976,4	2547,978
7.343.388.571	4893837.87	1976,95	2548,88275
7.343.388.571	4893837.87	1977,51	2549,80395
7.343.388.571	4893837.87	1978,09	2550,75805
7.343.388.571	4893837.87	1978,7	2551,7615
7.343.388.571	4893837.87	1979,35	2552,83075
7.343.388.571	4893837.87	1979,94	2553,8013
7.343.388.571	4893837.87	1980,37	2554,50865
7.343.388.571	4893837.87	1980,78	2555,1831
7.343.388.571	4893837.87	1981,24	2555,9398
7.343.388.571	4893837.87	1981,7	2556,6965
7.343.388.571	4893837.87	1982,16	2557,4532
7.343.388.571	4893837.87	1982,63	2558,22635
7.343.388.571	4893837.87	1983,07	2558,95015
7.343.388.571	4893837.87	1983,5	2559,6575
7.343.388.571	4893837.87	1983,94	2560,3813
7.343.388.571	4893837.87	1984,36	2561,0722

x	y	Waktu (ms)	Kedalaman
7.343.388.571	4893837.87	1985,21	2562,47045
7.343.388.571	4893837.87	1985,64	2563,1778
7.343.388.571	4893837.87	1986,1	2563,9345
7.343.388.571	4893837.87	1986,62	2564,7899
7.343.388.571	4893837.87	1987,19	2565,72755
7.343.388.571	4893837.87	1987,74	2566,6323
7.343.388.571	4893837.87	1988,19	2567,37255
7.343.388.571	4893837.87	1988,64	2568,1128
7.343.388.571	4893837.87	1989,1	2568,8695
7.343.388.571	4893837.87	1989,55	2569,60975
7.343.388.571	4893837.87	1989,98	2570,3171
7.343.388.571	4893837.87	1990,45	2571,09025
7.343.388.571	4893837.87	1990,92	2571,8634
7.343.388.571	4893837.87	1991,37	2572,60365
7.343.388.571	4893837.87	1991,87	2573,42615
7.343.388.571	4893837.87	1992	2573,64
7.343.388.571	4893837.87	1992	2573,64
7.343.388.571	4893837.87	1993	2575,285
7.343.388.571	4893837.87	1993,64	2576,3378
7.343.388.571	4893837.87	1994,1	2577,0945
7.343.388.571	4893837.87	1994,53	2577,80185
7.343.388.571	4893837.87	1994,97	2578,52565
7.343.388.571	4893837.87	1995,4	2579,233
7.343.388.571	4893837.87	1995,82	2579,9239
7.343.388.571	4893837.87	1996,21	2580,56545
7.343.388.571	4893837.87	1996,42	2580,9109
7.343.388.571	4893837.87	1996,64	2581,2728
7.343.388.571	4893837.87	1996,85	2581,61825
7.343.388.571	4893837.87	1997,07	2581,98015
7.343.388.571	4893837.87	1997,36	2582,4572
7.343.388.571	4893837.87	1997,77	2583,13165
7.343.388.571	4893837.87	1998,19	2583,82255
7.343.388.571	4893837.87	1998,69	2584,64505
7.343.388.571	4893837.87	1999,36	2585,7472
7.343.388.571	4893837.87	2000,02	2586,8329
7.343.388.571	4893837.87	2000,7	2587,9515
7.343.388.571	4893837.87	2000,99	2588,42855

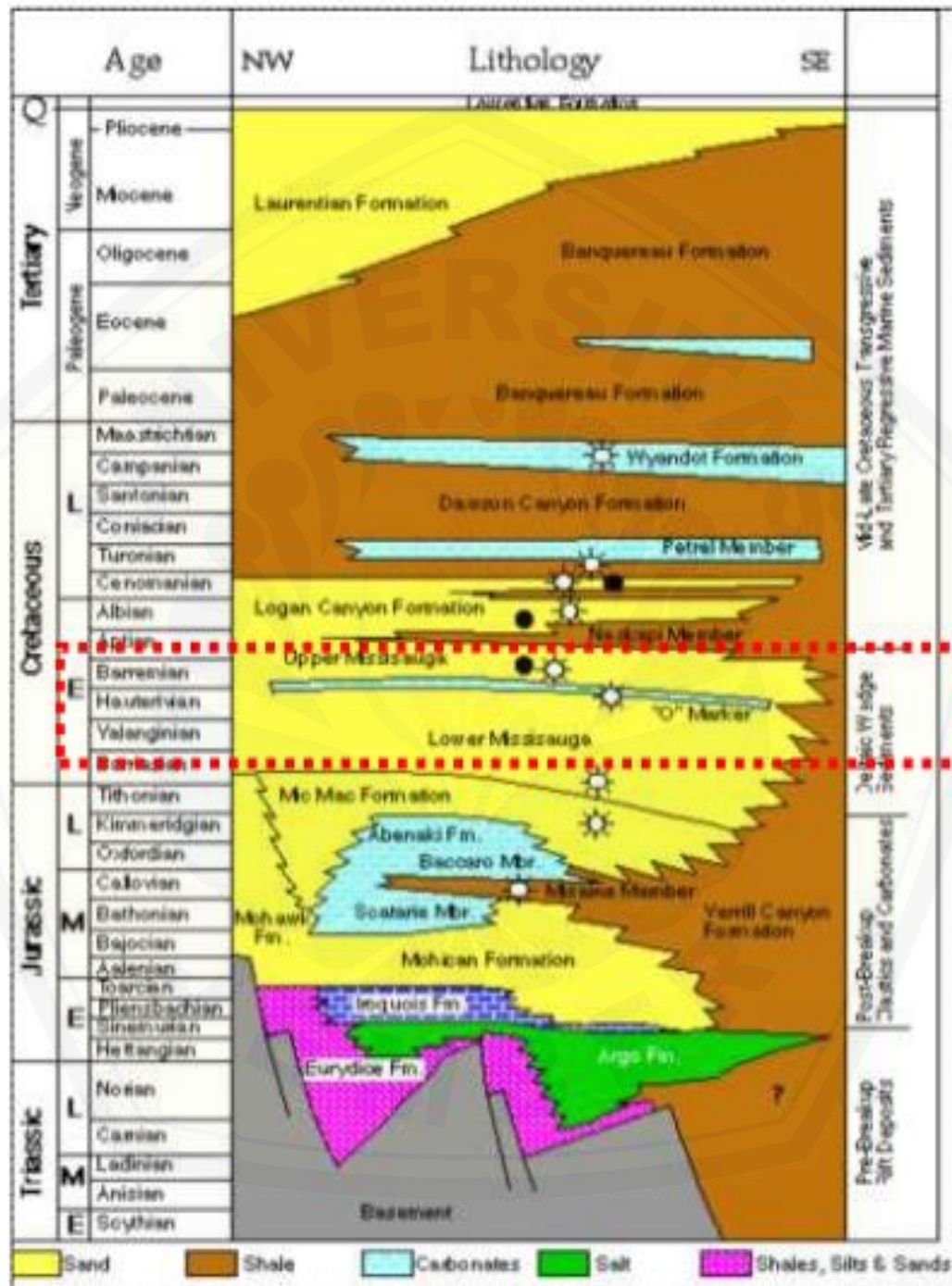
x	y	Waktu (ms)	Kedalaman
7.343.388.571	4893837.87	2002,52	2590,9454
7.343.388.571	4893837.87	2003,02	2591,7679
7.343.388.571	4893837.87	2003,69	2592,87005
7.343.388.571	4893837.87	2004,31	2593,88995
7.343.388.571	4893837.87	2004,77	2594,64665
7.343.388.571	4893837.87	2005,13	2595,23885
7.343.388.571	4893837.87	2005,66	2596,1107
7.343.388.571	4893837.87	2006,18	2596,9661
7.343.388.571	4893837.87	2006,73	2597,87085
7.343.388.571	4893837.87	2007	2598,315
7.343.388.571	4893837.87	2007	2598,315
7.343.388.571	4893837.87	2008	2599,96
7.343.388.571	4893837.87	2009	2601,605
7.343.388.571	4893837.87	2009	2601,605
7.343.388.571	4893837.87	2010	2603,25
7.343.388.571	4893837.87	2010	2603,25
7.343.388.571	4893837.87	2011	2604,895
7.343.388.571	4893837.87	2011	2604,895

## LAPIRAN 7. PERSEBARAN RESERVOAR MENGGUNAKAN AI



Gambar 7.1 Persebaran reservoir batu pasir dari nilai impedansi akustik yang rendah formasi *Missisauga* lapisan *sand 2*

LAMPIRAN 8. STRATIGRAFI LAPANGAN EKSPLORASI PENOBSCOT



Gambar 8.1 Stratigrafi Zona Target Penelitian (Sumber: Nova Scotia Department of Energy, 2011)