



**ASSESSMENT KUALITATIF KONVERSI WAKTU MENJADI  
KEDALAMAN PADA LAPANGAN EKSPLORASI PENOBSCOT  
NOVA-SCOTIA, KANADA**

**SKRIPSI**

Oleh :

**FITRI RIZQI 'AZIZAH  
NIM 111810201015**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**ASSESSMENT KUALITATIF KONVERSI WAKTU MENJADI  
KEDALAMAN PADA LAPANGAN EKSPLORASI PENOBSCOT  
NOVA-SCOTIA, KANADA**

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**FITRI RIZQI 'AZIZAH  
NIM 111810201015**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT serta shalawat kepada Nabi Muhammad SAW, skripsi ini penulis persembahkan dengan penuh cinta dan kasih teruntuk :

1. Ibunda Hj. Chomsyah Yulia Nugraheni S.P. dan Ayahanda (Alm.) Setiabudi S.H; terkhusus untuk Ibunda yang telah memberikan doa, dukungan, bimbingan, segala pengorbanan, kerja keras dan cinta kasihnya untuk kesuksesan keempat buah hatinya.
2. Adik-adik yang selalu memberikan keceriaan, dukungan dan semangat.
3. Seluruh pendidik dari taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu yang luar biasa kepada penulis.
4. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

**MOTO**

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Dia mendapat (pahala) dari (kebajikan) yang dikerjakannya dan dia mendapat (siksa) dari (kejahatan) yang diperbuatnya.”

Terjemahan Surat Al-Baqarah : 286<sup>\*)</sup>

Kalau anda percaya bisa berhasil, anda akan betul-betul berhasil. <sup>\*\*)</sup>

---

<sup>\*)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 2006. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Surabaya: Duta Ilmu Surabaya.

<sup>\*\*)</sup> Schwartz, D. J., dalam Izzudin, S. A. 2006. *Zero To Hero: Mendahsyatkan Pribadi Biasa menjadi Luar Biasa*. Yogyakarta: Pro-U Media.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fitri Rizqi ‘Azizah

NIM : 111810201015

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Assessment Kualitatif Konversi Waktu menjadi Kedalaman pada Lapangan Eksplorasi Penobscot, Nova-Scotia, Kanada” adalah benar-benar hasil karya bersama dosen pembimbing, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, Desember 2015

Yang menyatakan,

Fitri Rizqi ‘Azizah

NIM 111810201015

**SKRIPSI**

**ASSESSMENT KUALITATIF KONVERSI WAKTU MENJADI  
KEDALAMAN PADA LAPANGAN EKSPLORASI PENOBSCOT  
NOVA-SCOTIA, KANADA**

Oleh :

**Fitri Rizqi 'Azizah  
111810201015**

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Sri Hartanto, S.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Assesment Kualitatif Konversi Waktu menjadi Kedalaman pada Lapangan Eksplorasi Penobscot, Nova-Scotia, Kanada” telah diuji dan disahkan secara akademis pada:

hari :

tanggal :

tempat : Jurusan Fisika, 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

Sri Hartanto, S.T.  
NIP. 1905061

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

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

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

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D.  
NIP. 19611010819860 2 001

## RINGKASAN

**Assessment Kualitatif Konversi Waktu menjadi Kedalaman pada Lapangan Eksplorasi Penobscot, Nova-Scotia, Kanada;** Fitri Rizqi 'Azizah, 111810201015; 2015: 73 halaman; Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Minyak bumi yang merupakan bahan bakar dari fosil organisme-organisme yang telah terpendam di bawah permukaan bumi berjuta-juta tahun yang lalu, sehingga disebut sebagai sumber energi nonrenewable. Sumber energi ini telah lama dieksploitasi, sehingga memiliki indikator geologi yang semakin terbatas. Dalam mengatasi hal tersebut, survei geofisika sangat berperan dalam kegiatan eksplorasi minyak. Terdapat tiga metode umum yang digunakan dalam eksplorasi geofisika, salah satunya survei seismik yang merupakan langkah akhir dari eksplorasi sebelum penentuan lokasi sumur pengeboran. Seismik refleksi merupakan teknik yang paling banyak digunakan dalam eksplorasi hidrokarbon, teknik ini memberikan citra bawah permukaan dalam 2D atau 3D.

Penelitian ini terdiri dari tiga langkah besar: (i) persiapan data, (ii) pengolahan data, dan (iii) interpretasi seismik. Persiapan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data yang diperlukan, diantaranya yaitu: data survei regional, data seismik, data log sumur, data marker dan data checkshot; dan kemudian melakukan input data pada software. Langkah selanjutnya yaitu pengolahan data yang meliputi beberapa tahapan, seperti pembuatan ekstraksi wavelet, membentuk synthetic seismogram dan melakukan well-seismic tie serta korelasi sumur, sehingga terbentuk sebuah penampang seismik yang siap untuk diinterpretasi. Interpretasi seismik dimulai dari picking horizon dan/atau picking fault untuk mendapatkan sebuah peta kontur struktur dalam domain waktu. Tujuan penelitian yaitu untuk menghasilkan sebuah peta kontur struktur kedalaman. Oleh karena itu, domain peta kontur struktur waktu harus mengubah domainnya menjadi kedalaman melalui proses



konversi. Dalam hal ini dipergunakan dua metode konversi, yaitu metode Time-Depth Curve dan metode Dynamic Depth Conversion. Kedua metode tersebut dipergunakan untuk mengetahui metode konversi yang tepat, yang dapat diterapkan dengan baik pada daerah penelitian. Penelitian ini menggunakan dua data sumur eksplorasi yang berperan sebagai kontrol dan peningkatan kualitas data penelitian satu dan lainnya.

Metode Time-Depth Curve memanfaatkan kecepatan seismik yang terdapat pada data check-shot secara rerata yang terukur dari titik awal pengukuran sampai pada titik zona target untuk melakukan proses konversi Peta Kontur. Sedangkan pada metode Dynamic Depth Conversion dengan penerapan unsur Kecepatan Interval dari data seismik dan data marker dalam proses konversi untuk membentuk suatu Peta Kontur Domain Kedalaman. Setelah proses konversi dilakukan, setiap peta konversi tersebut akan diketahui posisi kedalaman pada lubang sumur yang sebenarnya. Namun, setiap metode konversi yang diterapkan akan memberikan hasil keakuratan yang bervariasi. Nilai keakuratan tersebut ditinjau dari seberapa besar nilai selisih yang dihasilkan antara nilai kedalaman hasil konversi dengan nilai kedalaman sesungguhnya pada lubang sumur (data marker), dengan semakin kecil selisih yang terbentuk mengindikasikan peta kontur hasil konversi telah tepat dan sesuai dengan kondisi geologi yang sesungguhnya pada zona target. Pada penelitian ini, lapisan Top Sand 5 pada Sumur 1 menjadi daerah target dalam membandingkan hasil konversi dari kedua metode yang diterapkan. Metode konversi Time-Depth Curve dengan proses konversi yang dilakukan memberikan hasil selisih kedalaman terendah yaitu sebesar 53 meter. Sedangkan pada metode Dynamic Depth Conversion mendapatkan nilai selisih terendah sebesar 0 meter. Berdasarkan parameter keakuratan metode tersebut, dapat dikatakan bahwa metode Dynamic Depth Conversion mampu mengonversikan peta kontur dengan baik untuk zona target penelitian Formasi Missisauga dan peta kedalaman yang dihasilkan mampu menginterpretasikan sesuai dengan kondisi geologi yang sesungguhnya, sehingga memberikan keyakinan yang tinggi untuk melakukan kegiatan selanjutnya yaitu eksplorasi dan eksploitasi hidrokarbon pada lubang pengeboran sumur penelitian.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Assessment Kualitatif Konversi Waktu menjadi Kedalaman pada Lapangan Eksplorasi Penobscot, Nova-Scotia, Kanada”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Sri Hartanto, S.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah banyak membantu meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Bapak Dr. Artoto Arkundato, S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Bapak Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan masukan yang membangun dalam keberhasilan penulisan skripsi ini;
3. Bapak Drs. Yuda Cahyoargo H, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dalam 4 tahun masa perkuliahan;
4. Bapak Sri Hartanto “Ook” dan Mas Rano selaku Pembimbing Eksternal dari PT. Pertamina Hulu Energi yang telah mengajarkan, mengenalkan dan membuka pikiran tentang banyak hal baik akademis maupun non-akademis bagi penulis;
5. Bapak dan Ibu Dosen, Kombi Fisika, Ketua Jurusan Fisika, seluruh keluarga besar Jurusan Fisika dan seluruh staf di Lingkungan FMIPA Universitas Jember, atas segala keikhlasan hati membantu penulis selama masa perkuliahan;
6. Kedua orang tua tercinta Ayahanda (Alm.) Setiabudi S.H dan Ibunda Hj. Chomsyah Yulia Nugraheni S.P., terkhusus Ibunda tercinta yang telah mencurahkan segala cinta kasih, kelembutannya, segala kerja keras dan pengorbanannya untuk membesarkan keempat buah hatinya seorang diri, dan untuk Ayahanda tercinta, semoga beliau bangga atas pencapaian ini;

7. Adik-adikku tercinta, Ihsanul Fikri, Nida'ul 'Adilah dan M. Fathurrobbani, yang selalu menjadi penyemangat dan memberi keceriaan bagi kehidupan penulis;
8. Seluruh keluarga besar Budhie Soeharto dan Garudo yang telah memberikan dukungan dan partisipasinya dalam keberhasilan studi ini;
9. Sahabat-sahabat dan teman-teman angkatan Fisika 2011 “GP ‘11”, terima kasih atas memori, motivasi, diskusi, dan canda yang menyertai perjalanan pendidikan penulis di Universitas Jember;
10. Para senior Fisika 2006-2010 dan para junior 2012-2015, atas support dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
11. “Geng TA” PHE Tower 2011, Nyoman UI; Septi, Andika, dan Deswara UNDIP; Katiti UGM; Fitri UNILA; Dinar TRISAKTI; Indra dan Dani UNSUD; Yuyun UPN; Warni dan Gita UNRAM, terima kasih atas perhatian, waktu, ilmu dan pengalaman yang luar biasa bagi penulis;
12. Semua Civitas dan Manajemen PT. PHE Tower, Bapak Joe, Mas Andri, Mas Roby, Mas Uki, Mas Adi, Mas Reza, Mas Fredi, Mas Bondan, Mas Alfian, Mbak Listi, Mbak Ulfa, Mbak Tika, Mbak Ria, dan karyawan PHE lainnya yang banyak membantu penulis untuk kesuksesan penyusunan Tugas Akhir ini;
13. Dan masih banyak lagi yang tidak dapat disebutkan dalam kesempatan ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak dalam kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi Fisika.

Jember, Desember 2015

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTO</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 TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	5
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	5
<b>1.4 Tujuan</b> .....	6
<b>1.5 Manfaat</b> .....	6
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
<b>2.1 Tinjauan Geologi</b> .....	7
2.1.1 Geologi Struktur .....	7
2.1.2 Geologi Regional .....	8
2.1.3 Stratigrafi Regional.....	9
<b>2.2 Tinjauan Geofisika</b> .....	13
<b>2.3 Konsep Dasar Eksplorasi Seismik</b> .....	13
<b>2.4 Hukum Perambatan Gelombang Seismik</b> .....	15

2.4.1	Gelombang Seismik .....	15
2.4.2	Hukum Snellius .....	17
2.4.3	Prinsip Fermat .....	19
<b>2.5</b>	<b>Komponen Seismik Refleksi .....</b>	<b>19</b>
2.5.1	Impedansi Akustik .....	19
2.5.2	Koefisien Refleksi .....	20
2.5.3	Polaritas .....	21
2.5.4	Trace Seismic (Jejak Seismik) .....	22
2.5.5	Porositas dan Permeabilitas .....	23
<b>2.6</b>	<b>Kecepatan Seismik .....</b>	<b>24</b>
2.6.1	Kecepatan Interval .....	24
2.6.2	Kecepatan Rata-rata .....	25
<b>2.7</b>	<b>Konversi Waktu menjadi Kedalaman .....</b>	<b>26</b>
2.7.1	Konversi Langsung .....	28
2.7.2	Pemodelan Kecepatan.....	30
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1</b>	<b>Lokasi dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2</b>	<b>Alat dan Bahan .....</b>	<b>34</b>
<b>3.3</b>	<b>Prosedur Penelitian .....</b>	<b>34</b>
3.3.1	Desain Penelitian .....	34
3.3.2	Persiapan Data .....	35
3.3.3	Pengolahan Data .....	38
3.3.4	Interpretasi Seismik .....	41
3.3.5	Analisis Metode .....	43
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
<b>4.1.</b>	<b>Hasil .....</b>	<b>44</b>
<b>4.2.</b>	<b>Pembahasan .....</b>	<b>50</b>
<b>BAB 5.</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>56</b>
<b>5.1</b>	<b>Kesimpulan .....</b>	<b>56</b>

<b>5.2 Saran</b> .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	57
<b>LAMPIRAN</b> .....	61



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
3.1 Informasi dasar Data Sumur .....	37
3.2 Ketersediaan Data Log Sumur .....	37
3.3 Data Marker sumur 1 Lapangan Eksplorasi Penobscot .....	37
3.4 Data Marker sumur 2 Lapangan Eksplorasi Penobscot .....	38
4.1 Nilai time dan depth dari lapisan target masing-masing sumur .....	49
4.2 Nilai kedalaman pada data marker dan peta kedalaman hasil konversi serta selisih nilai kedalaman dari keduanya .....	49

**DAFTAR GAMBAR**

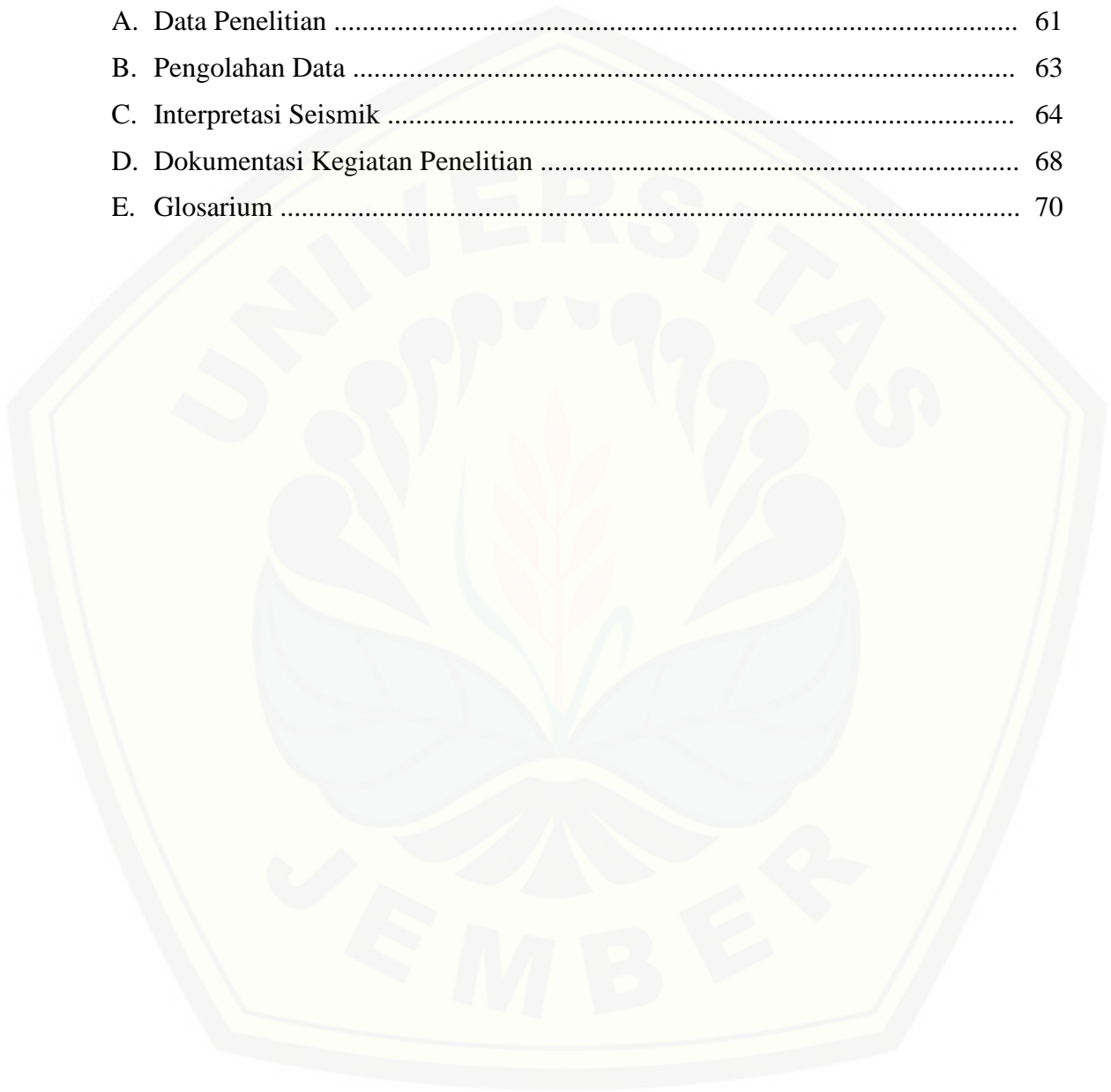
	Halaman
1.1 Proses konversi waktu menjadi kedalaman .....	4
2.1 Lapangan Eksplorasi Penobscot .....	7
2.2 Lokasi sub-basins dan platform yang menyusun Cekungan Scotian .....	8
2.3 Stratigrafi Umum Lapangan Eksplorasi Penobscot .....	9
2.4 Refleksi dan Refraksi .....	14
2.5 Pencitraan Bawah Permukaan melalui Data Seismik Refleksi 2D (Kiri) dan 3D (Kanan) .....	15
2.6 Perubahan gerak partikel gelombang tubuh .....	16
2.7 Refleksi dan Refraksi dari Timbulnya Gelombang-P Saat $V_{p_2} > V_{s_2} >$ $V_{p_1} > V_{s_1}$ .....	17
2.8 Hukum Snell untuk pembiasan gelombang suara .....	18
2.9 Sketsa dari Syncline dan refleksi garis edar cahaya .....	19
2.10 Diagram gelombang refleksi pada sekuen sedimen yang berlapis .....	20
2.11 Bagian seismik yang menunjukkan kontras impedansi besar pada zona target (ditandai dengan lingkaran merah) .....	21
2.12 Polaritas (American dan European) bentuk wavelet zero phase dan minimum phase. Puncak warna biru dan lembah warna merah .....	22
2.13 Jejak seismik hasil konvolusi dari wavelet dan serangkaian reflektifitas ditambah bising .....	23
2.14 Kecepatan Interval .....	25
2.15 Diagram yang menunjukkan Kecepatan Interval dan konsep Kecepatan Rata-rata .....	26
2.16 Risiko interpretasi struktur dalam domain waktu .....	27
2.17 Pemodelan kecepatan .....	29
2.18 Grafik kondisi Kecepatan terhadap Kedalaman .....	31
3.1 Target penelitian di Lapangan Eksplorasi Penobscot. Garis merah	



menunjukkan area lapisan target .....	33
3.2 Diagram alir proses Konversi Waktu menjadi Kedalaman .....	35
3.3 Basemap Lapangan Eksplorasi Penobscot .....	36
3.4 Wavelet hasil ekstraksi dari data seismik .....	39
3.5 Synthetic seismogram pada sumur 1 .....	40
3.6 Synthetic seismogram pada sumur 2 .....	40
4.1 Picking Horizon dan Arbitrary Line dari Lapangan Penobscot .....	45
4.2 Grafik kurva time-depth Sumur 1 dari Data Check-shot .....	46
4.3 Grafik kurva time-depth Sumur 2 dari Data Check-shot .....	46
4.4 Pemodelan kecepatan volume cube 3D .....	48

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Data Penelitian .....	61
B. Pengolahan Data .....	63
C. Interpretasi Seismik .....	64
D. Dokumentasi Kegiatan Penelitian .....	68
E. Glosarium .....	70



## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Minyak bumi sebagai salah satu sumber kekayaan yang sangat penting, memiliki pengaruh besar dalam peradaban manusia. Minyak bumi mempunyai peranan khusus karena bukan semata-mata bersifat bahan galian, tetapi juga berupa bahan bakar. Sehingga menjadikannya sumber energi yang penting. Minyak bumi merupakan bahan bakar yang terbuat dari fosil, karena dibentuk dari sisa binatang dan tumbuhan laut kecil atau organisme-organisme yang telah punah berjuta-juta tahun yang lalu. Minyak bumi disebut sebagai sumber energi nonrenewable karena memerlukan waktu berjuta-juta tahun untuk pembentukannya, dan manusia tidak dapat membuat cadangan baru dari minyak bumi (Makhrani, 2012).

Yusuf dan Romli (2012) menyatakan bahwa minyak sebagai sumber energi fosil telah lama dieksploitasi, memiliki indikator geologi yang semakin terbatas. Untuk membantu mengatasi hal ini survei geofisika sangat berperan dalam kegiatan eksplorasi minyak. Biaya eksplorasi yang sangat besar, sehingga pemilihan metode yang digunakan harus yang terbaik dan hasilnya dapat menjamin penemuan jebakan hidrokarbon. Geofisika merupakan perpaduan antara ilmu geologi dan ilmu fisika. Pada industri perminyakan, geologi lebih menitik beratkan kajian tentang bumi dengan menelaah langsung batuan dari singkapan atau serpihan pengeboran, sehingga dapat memberikan informasi tentang struktur, komposisi, dan kejadiannya. Sementara itu, geofisika mencoba mengkaji yang belum terungkap dari keterbatasan pengamatan langsung geologi dengan cara mengukur dan mengenal sifat-sifat fisika dengan instrumen tertentu.

Metode geofisika berhubungan dengan komposisi dan sifat-sifat fisik batuan. Terdapat tiga metode umum yang digunakan dalam eksplorasi geofisika: survei magnetik, gravitasi dan seismik. Medan magnet yang kuat pada bumi menjadi dasar

dalam metode Survei Magnetik. Magnetometer, alat untuk mengukur magnetisasi dari batuan, umumnya dibawa dengan pesawat terbang untuk mengukur medan magnet suatu daerah luas dengan waktu relatif singkat. Dengan cara ini daerah yang sulit didatangi, seperti rawa dan gurun pasir akan lebih mudah untuk diselidiki. Magnetometer merekam perbedaan relatif antara magnetisasi bermacam batuan terhadap medan magnet bumi. Batuan yang banyak mengandung mineral magnetis seperti batuan beku, sulit sekali untuk mengandung hidrokarbon, sedangkan batuan sedimen yang kurang magnetis, lebih besar kemungkinan untuk mengandung minyak/gas bumi (Moehadi, Tanpa Tahun).

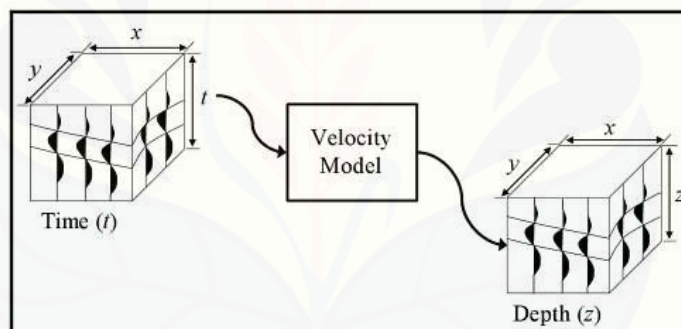
Geofisikawan juga memanfaatkan medan gravitasi bumi yang bervariasi tergantung dengan distribusi massa dekat permukaan bumi. Secara umum dapat diterangkan bahwa batuan yang berbeda densitasnya akan menghasilkan besaran gravitasi yang berbeda pula. Jika suatu batuan dengan densitas tinggi terletak dekat dengan permukaan bumi, maka akan direkam besaran gravitasinya yang relatif tinggi pada sebuah gravitimeter dengan metode Survei Gravitasi. Suatu survei seismik umumnya merupakan akhir dari langkah eksplorasi sebelum suatu lokasi sumur pengeboran ditentukan. Berbeda dengan survei magnetik dan gravitasi yang memberikan informasi umum, survei seismik menyuguhkan gambaran struktur dan stratigrafi batuan yang lengkap di bawah permukaan tanah. Data bawah tanah diterima oleh seismometer yang merekamnya pada seismograph, yang selanjutnya menghasilkan seismogram. Seismogram inilah yang digunakan untuk membuat seismic section, yang berupa penampang lintang dari keadaan bawah tanah. Pada survei seismik, lubang-lubang (shot point) dengan jarak sama dibuat dan diisi dengan bahan peledak. Gelombang seismik yang timbul karena ledakan akan dipantulkan oleh batuan di bawah permukaan tanah dan diterima oleh detektor yang peka (geophone) dari seismometer (Moehadi, Tanpa Tahun).

Dalam perkembangannya, dikenal dua jenis seismik, yaitu seismik bias (refraction) dan seismik pantul (reflection). Metode seismik bias (refraction) mengukur gelombang datang yang dipantulkan sepanjang formasi geologi di bawah

permukaan tanah. Peristiwa bias ini biasanya terjadi pada permukaan air tanah dan bagian teratas formasi bantalan batuan. Pada seismik pantul (reflection), prinsip utamanya adalah mencatat waktu yang dibutuhkan oleh gelombang suara yang berasal dari sumber suara di permukaan tanah dan merambat cepat ke bawah permukaan tanah. Kemudian, gelombang suara akan dipantulkan kembali oleh lapisan formasi geologi ke permukaan, diterima oleh suatu alat penerima suara (receiver), yang disebut sebagai geophone. Analisis seismik pantul lebih dipusatkan pada energi yang diterima setelah getaran pertama dikirim. Gelombang-gelombang yang dicari adalah yang dipantulkan oleh semua antar muka lapisan yang ada di bawah permukaan tanah (Yusuf dan Romli, 2012).

Deliniasi sumur sebagai kepastian lapisan pengandung migas, tidak bisa hanya tergantung struktur, sebab sering syaratnya terpenuhi, tetapi terbukti hanya mengandung air dengan pori-porinya yang sempit dan permeabilitasnya rendah. Pada struktur seismik terlihat puncak dan dasar formasi reservoir, sedangkan data seismik menunjukkan penampang dalam skala waktu. Mengubah skala tersebut ke skala kedalaman tergantung pada kecepatan rambat gelombang seismik dari permukaan tanah sampai puncak atau dasar formasi reservoir. Sementara itu, dalam beberapa tahun terakhir, perusahaan minyak telah menaikkan biaya survei seismik sedemikian besarnya, tapi kebanyakan hasilnya kurang memuaskan, tidak sebanding dengan biaya yang sudah dikeluarkan. Kegiatannya tidak memenuhi sasaran yang disebabkan oleh teknologinya belum optimal memproses data yang ada, tetapi juga kegiatannya tidak direncanakan dengan baik (Yusuf dan Romli, 2012). Sehingga, berdasarkan pertimbangan-pertimbangan yang ada, perlu dipastikan kondisi bawah permukaan yang sebenarnya untuk meminimalkan kerugian yang diperoleh dari kegiatan pengeboran yang dilakukan. Usaha yang dapat dilakukan untuk memperoleh informasi keadaan bawah permukaan yang mendekati dengan keadaan yang sebenarnya, yaitu salah satunya dengan mengonversikan domain waktu menjadi domain kedalaman.

Medvin dan Rennie (1996) menyatakan, salah satu masalah utama dalam pengolahan data seismik adalah menentukan konversi waktu menjadi kedalaman yang dapat dianggap sebagai titik pertemuan antara geologi dan geofisika. Selain itu, menurut Fanchi (2006) konversi data waktu tempuh menjadi formasi kedalaman mengharuskan hubungan kecepatan dengan setiap zona geologi yang dapat diketahui atau dapat disimpulkan sebagai gelombang yang berkembang terhadap waktu. Perhitungan konversi Waktu menjadi kedalaman membutuhkan model kecepatan seismik di berbagai jenis bahan. Gambar 1.1 menggambarkan proses konversi waktu menjadi kedalaman untuk satu set jejak seismik dalam elemen volume 3-D. Model kecepatan pada gambar mengandung kecepatan seismik yang dapat digunakan untuk memetakan nilai waktu untuk nilai-nilai kedalaman.



Gambar 1.1 Proses konversi waktu menjadi kedalaman (Sumber: Fanchi, 2006)

Penelitian tentang konversi waktu menjadi kedalaman telah dilakukan dalam beberapa metode, diantaranya seperti yang dilakukan oleh Prihantoro (1997) tentang Metode Kue Lapis yaitu dengan membagi penampang seismik menjadi lima lapisan pada kecepatan interval tertentu untuk menghasilkan peta struktur kedalaman mampu mengidentifikasi kesalahan prediksi kedalaman rata-rata di bawah 1% dibandingkan dengan hasil pengeboran sumur. Serupa dengan Prihantoro (1997), Adityo (2008) menerapkan metode Layering Cake dengan memanfaatkan pemodelan residual

kecepatan untuk koreksi tahap akhir yang mampu menghasilkan peta kedalaman riil dan menunjukkan keberadaan dua lokasi prospek migas pada daerah penelitiannya. Sedangkan, menurut Faizah (2014) yang menerapkan metode tiga metode yaitu Stacking Velocity, Linear Regression dan Single Equation, telah mampu menghasilkan peta kedalaman dengan kelebihan dan kelemahannya masing-masing dari setiap metode, dengan metode Stacking Velocity yang mampu menghasilkan nilai error sebesar 8.70 feet, Linear Regression dengan nilai error 15.04 feet dan Single Equation pada 34.71 feet untuk nilai error yang diperoleh.

Berdasarkan kendala operasional yang terjadi pada kegiatan pengeboran, serta evaluasi proses dan hasil yang diperoleh pada metode-metode penelitian yang telah diterapkan sebelumnya, maka untuk penelitian ini akan lebih difokuskan terhadap konversi waktu menjadi kedalaman dengan menerapkan metode Time-Depth Curve dan Dynamic Depth Conversion. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi metode-metode dalam usaha untuk melakukan konversi waktu menjadi kedalaman dengan tingkat kualitas yang dapat diandalkan pada beberapa area penelitian yang sesuai.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan di atas, maka diperoleh perumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana nilai validasi yang diperoleh dari peta hasil konversi waktu menjadi kedalaman melalui metode Time-Depth Curve dan metode Dynamic Depth Conversion, dan bagaimana kelebihan dan kelemahan dari masing-masing metode dalam mengonversikan peta domain waktu menjadi peta domain kedalaman untuk daerah penelitian Lapangan Eksplorasi Penobscot?

## **1.3 Batasan Masalah**

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

- a. Data yang digunakan merupakan data regional Lapangan Eksplorasi Penobscot.
- b. Data log sumur yang digunakan berasal dari dua titik sumur, sumur 1 dan sumur 2; dengan data log yang digunakan yaitu data log GR, log RHOB, log sonic dan log NPHI.
- c. Data seismik yang digunakan ialah data seismik 3D Post-Stack Time Migration yang dipublikasikan oleh Opendtect.org dengan lisensi Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Board (CNSOPB).
- d. Metode konversi yang digunakan yaitu Metode Time-Depth Curve dan Metode Dynamic Depth Conversion.
- e. Kajian masalah terfokus pada evaluasi metode konversi domain waktu menjadi kedalaman yang mampu diterapkan dengan baik pada Lapangan Eksplorasi Penobscot.

#### **1.4 Tujuan**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang menjadi dasar dilakukannya penelitian ini, maka tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan interpretasi seismik dari beberapa lapisan target dan mengonversikannya menjadi peta kontur domain kedalaman sehingga diperoleh nilai error dari setiap peta kontur tersebut. Nilai error validasi selanjutnya diidentifikasi untuk mengetahui kelemahan dan kelebihan dari masing-masing metode, sehingga diketahui metode yang dapat diterapkan dengan baik pada area target Lapangan Eksplorasi Penobscot.

#### **1.5 Manfaat**

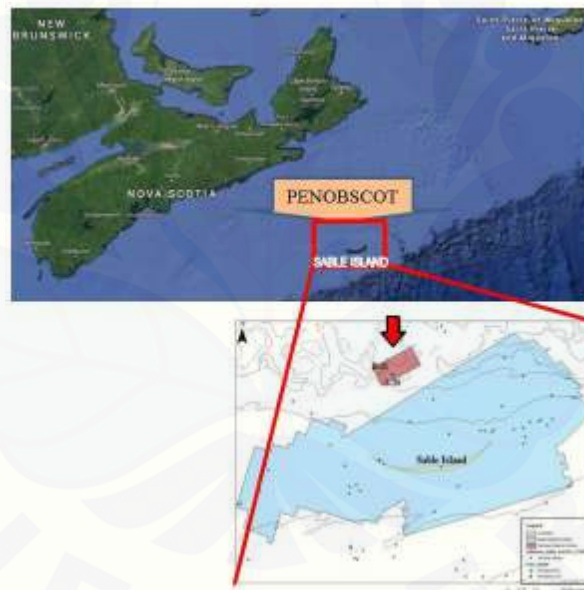
Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini diantaranya yaitu mengetahui peta kontur struktur kedalaman pada area lapangan eksplorasi dari metode konversi yang telah digunakan dan memberikan wawasan dalam hal mengonversikan domain peta kontur sehingga diperoleh peta kontur struktur kedalaman secara baik dalam menunjang proses kegiatan eksplorasi dan eksploitasi hidrokarbon.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Geologi

Eksplorasi pada Cekungan Scotian dimulai sejak 1959 dan saat ini berjumlah 207 sumur yang telah dibor. Lepas Pantai Nova Scotia memiliki sejumlah besar lahan lepas pantai yang prospektif. Lahan tersebut terletak pada Sub-Cekungan Sable, Abenaki dan Shelburne, sepanjang Carbonate Bank Abenaki, serta wilayah lereng laut dalam (CNSOPB, 2010).



Gambar 2.1 Lapangan Eksplorasi Penobscot (Sumber: Google Earth, 2015)

#### 2.1.1 Geologi Struktur

Lapangan Penobscot terletak di atas Cekungan Scotia yang berada di wilayah Samudera Atlantik bagian utara, sebelah tenggara Provinsi Nova Scotia, Kanada. Lebih tepatnya, lapangan ini berada pada 25 km NW dari Pulau Sable dengan

kedalaman air dari 50 sampai 150 meter. Terdapat dua patahan utama pada Lapangan Eksplorasi Penobscot, patahan pertama terletak di sebelah barat dan patahan kedua terdapat di sebelah timur laut, yang menjadikan daerah tersebut memiliki potensi hidrokarbon. Patahan yang mengontrolnya merupakan patahan yang tumbuh dan aktif hingga Paleogene dan terlihat memanjang hingga Jurassic (CNSOPB, 2010).

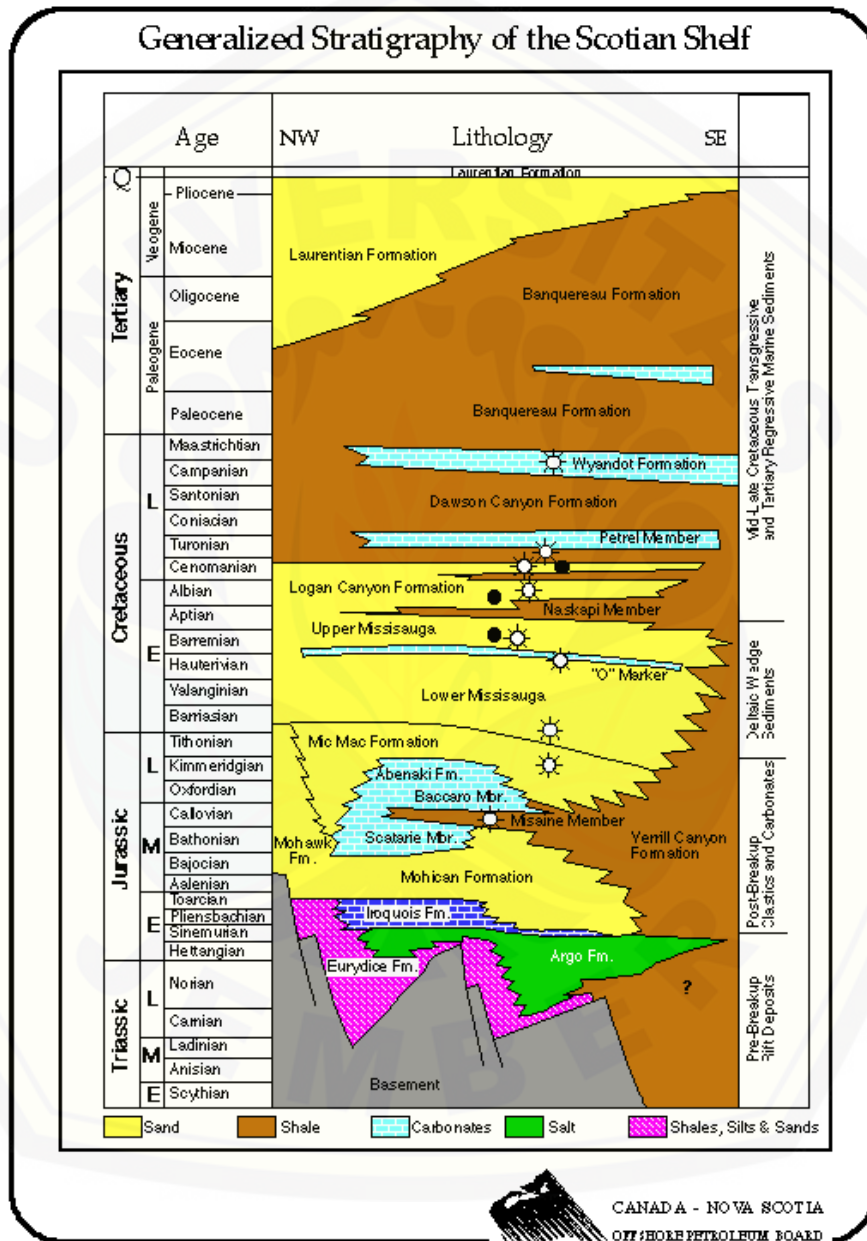
### 2.1.2 Geologi Regional

Daerah penelitian terletak di Cekungan Scotian. Cekungan Scotian merupakan cekungan hasil dari lempeng Amerika Utara yang terpisah dari lempeng Afrika selama pecahnya Pangea. Cekungan ini memiliki luas sekitar 300.000 km<sup>2</sup> (Hansen et al., 2004), terdiri dari empat sub-cekungan dan tiga dataran tinggi yang membentuk topografi tinggian hingga rendahan dari Barat Daya ke Timur Laut: Shelburne Sub-Basin, La Have Platform, Sable dan Abenaki Sub-Basins, Banquereau Platform, Orpheus Graben dan Laurentian Sub-Basin (Mukhopadhyay et al., 2003). 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). Tata letak sub-cekungan dan tinggian dalam Cekungan Scotian dapat diamati pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Lokasi sub-cekungan dan tinggian penyusun Cekungan Scotian (Sumber: Natural Resources Kanada, 2010)

2.1.3 Stratigrafi Regional



Gambar 2.3 Stratigrafi Umum Lapangan Eksplorasi Penobscot (Sumber: Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Board, 2000)

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, telah dilakukan pengeboran hampir sepanjang 600 m dan berdasarkan data seismik diindikasikan ketebalannya mencapai 3 km.

B. Formasi Argo

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

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 La Have 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 La Have 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.

Formasi Mic Mac memiliki ketebalan sekitar 6 km 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 sampai 5 km. Pada arah utara dan barat dari Pulau Sable, sepanjang zona 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.

F. 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 meter di daerah timur laut.

G. 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.

H. Formasi Missisauga

Formasi Missisauga tersebar sangat luas di Cekungan Scotia dimana formasi ini memiliki variasi fasies dan atau ketebalan. Formasi ini mencakup La Have 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 2770 m telah dibor pada area Pulau Sable dan total ketebalan diperkirakan lebih dari 3 km dengan kandungan 30-50% Batu Pasir.

I. Formasi Logan Canyon

Formasi Logan Canyon memiliki penyebaran yang serupa dengan Formasi Mississauga, akan tetapi ketebalannya diperkirakan sekitar 2.5 km. Formasi ini dibagi dalam empat member, dua member didominasi oleh shale.

J. 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 700 m di selatan Sub-Cekungan Whale.

K. 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.

L. Formasi Banquereau

Formasi Banquereau memiliki sedimen di daerah Top Wyandot. Ketebalannya sekitar nol hingga 4 km di tepi cekungan pada daerah lereng benua.

M. 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).

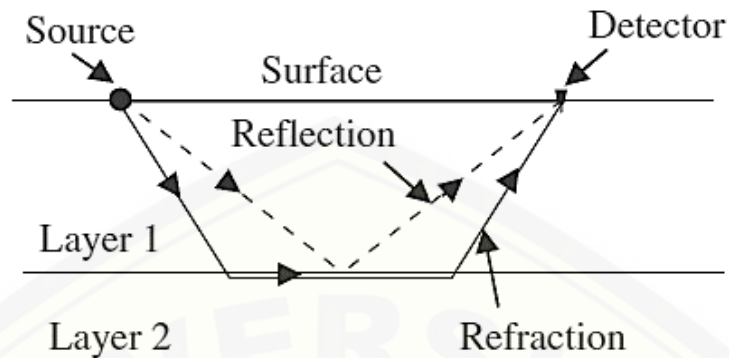
(CNSOPB, 2010).

## 2.2 Tinjauan Geofisika

Metode geofisika diterapkan pada berbagai investigasi penelitian terhadap bumi secara menyeluruh. Dalam metode eksplorasi geofisika (juga disebut sebagai survei geofisika), pengukuran wilayah geografis yang terbatas digunakan untuk menentukan sifat fisik distribusi kedalaman yang mencerminkan geologi bawah permukaan. Survei geofisika cukup rentan terhadap ambiguitas dan ketidakpastian interpretasi, namun juga menyediakan sarana yang relatif cepat dan hemat biaya. Eksplorasi geofisika umumnya berlangsung dalam beberapa tahap. Misalnya, dalam pencarian minyak dan gas di lepas pantai, awal pengamatan survei gravitasi dapat mengungkapkan adanya cekungan sedimen besar yang kemudian dieksplorasi menggunakan metode seismik (Kearey et al., 2002).

## 2.3 Konsep Dasar Eksplorasi Seismik

Gadallah dan Fisher (2009) mengemukakan bahwa terdapat dua bagian antara sumber dan penerima dengan pemfokusan tertentu - Refleksi dan Refraksi. Pada Gambar 2.4, lapisan 1 dan 2 dengan jenis batuan yang berbeda, dengan tingkat di mana gelombang seismik menjalar (akustik atau kecepatan seismik), dan densitas (massa per satuan volume). Ketika gelombang seismik mengenai batas antara lapisan 1 dan 2, beberapa energi dipantulkan kembali ke permukaan di lapisan 1 dan beberapa ditransmisikan ke lapisan 2. Jika kecepatan seismik dari lapisan 2 lebih cepat daripada lapisan 1, akan terdapat sudut di mana gelombang seismik yang ditransmisikan akan dibengkokkan atau dibiarkan untuk menjalar sepanjang batas antar lapisan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Kedua jenis bagian tersebut merupakan dasar dari refleksi dan refraksi survei seismik.

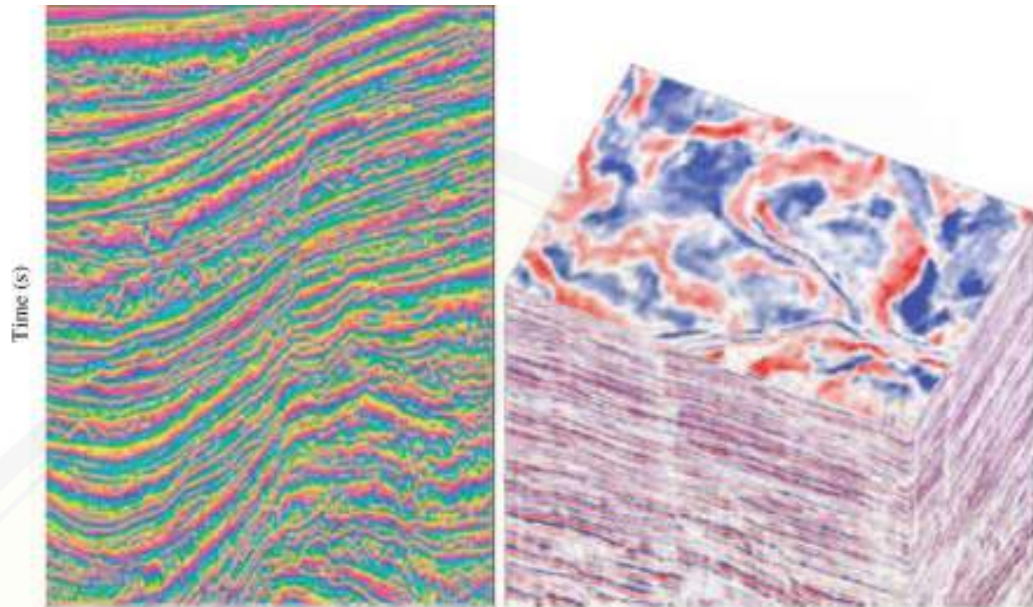


Gambar 2.4 Refleksi dan Refraksi (Sumber: Gadallah dan Fisher, 2009)

Survei seismik refleksi merupakan teknik geofisika yang terkenal. Bagian seismik dapat dihasilkan untuk mengungkapkan struktur geologi secara detail dalam skala di atas puluhan meter hingga ke seluruh litosfer. Bagian keberhasilan metode terletak pada kondisi data mentah yang diproses untuk menghasilkan penampang seismik yang merupakan gambaran struktur bawah permukaan (Kearey et al., 2002).

Mondol (2010) menyatakan bahwa refleksi seismik merupakan teknik yang paling banyak digunakan dalam eksplorasi hidrokarbon. Teknik ini memberikan citra bawah permukaan dalam dua atau tiga dimensi (2D atau 3D) seperti pada gambar 2.5. Pencitraan seismik bawah permukaan yang dihasilkan dengan membuat, merekam dan menganalisa gelombang suara yang merambat di tanah (gelombang tersebut juga disebut gelombang seismik).





Gambar 2.5 Pencitraan Bawah Permukaan melalui Data Seismik Refleksi 2D (Kiri) dan 3D (Kanan) (Sumber: Mondol, 2010)

## 2.4 Hukum Perambatan Gelombang Seismik

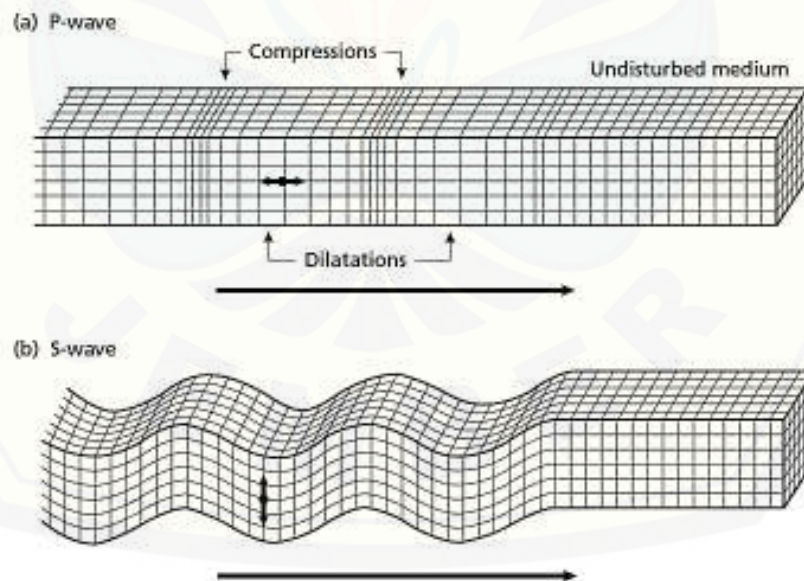
### 2.4.1 Gelombang Seismik

Dalam survei seismik, gelombang seismik diciptakan oleh sumber yang dikendalikan dan menjalar melalui bawah permukaan. Beberapa gelombang akan kembali ke permukaan setelah refraksi atau refleksi pada batas geologi di bawah permukaan. Alat yang dipasang sepanjang permukaan akan mendeteksi gerakan tanah yang disebabkan oleh gelombang kembali dan mengukur waktu gelombang datang pada jarak yang berbeda dari sumber. Waktu tempuh ini dapat dikonversi menjadi nilai kedalaman, sehingga penyebaran antarmuka geologi bawah permukaan dapat dipetakan secara sistematis (Kearey et al., 2002).

Gelombang seismik merupakan energi bidang regangan elastis yang merambat keluar dari sumber gempa seperti gempa bumi atau ledakan. Sumber yang sesuai untuk survei seismik biasanya menghasilkan pergerakan gelombang pendek, yang dikenal sebagai pulsa, yang biasanya mengandung berbagai frekuensi. Kecuali di

sekitar sumbernya, strain berhubungan dengan bergeraknya pulsa seismik dalam menit dan dapat dianggap elastis. Pada asumsi ini kecepatan perambatan pulsa seismik ditentukan oleh modulus elastisitas dan kepadatan bahan di mana pulsa merambat. Terdapat dua kelompok gelombang seismik: gelombang tubuh dan gelombang permukaan (Kearey et al., 2002).

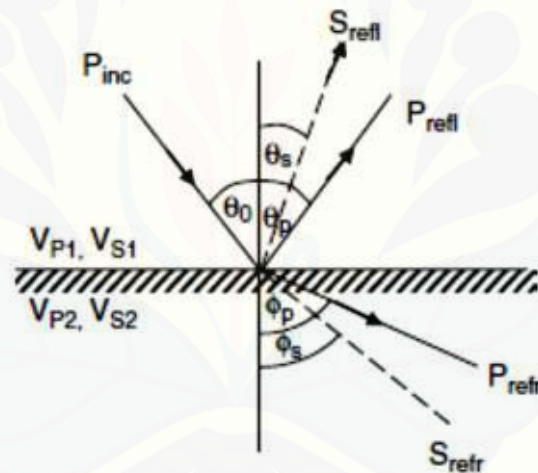
Gelombang tubuh dapat merambat melalui volume solid elastis internal dan terdapat dua jenis: (i) gelombang kompresional (longitudinal, primer atau gelombang-P) merambat melalui gelombang strain kompresi dengan melibatkan osilasi, sekitar titik acuan, pada arah perambatan gelombang (Gambar 2.6 (a)), dan (ii) gelombang geser (transversal, sekunder atau gelombang-S) menyebar melalui stress strain murni dalam arah tegak lurus terhadap arah penjalaran gelombang. Gerakan partikel individu melibatkan osilasi, sekitar titik acuan, pada benda di sudut kanan ke arah perambatan gelombang (Gambar 2.6 (b)). Jika semua osilasi partikel terbatas pada bidang datar gelombang geser dapat dikatakan bidang-terpolarisasi (Bolt, 1982).



Gambar 2.6 Perubahan gerak partikel gelombang tubuh (Sumber: Bolt, 1982)

### 2.4.2 Hukum Snellius

Hukum Snellius menyatakan bahwa sudut refleksi selalu menunjukkan sudut yang sama dengan sudut datangnya. Sudut datang dan sudut pantul diukur dari batas normal antara dua lapisan dengan impedansi seismik yang berbeda. Energi yang ditransmisikan melewati bidang batas lapisan akan mengalami perubahan arah perambatan yang disebut dengan refraksi gelombang akustik. Arah gelombang akustik yang dibiaskan bergantung pada perbandingan kecepatan kedua lapisan yang dilalui (Gambar 2.7). Akibatnya, sudut refraksi untuk kedua Gelombang-P dan Gelombang-S lebih besar dari sudut refleksi yang ditimbulkan (Gadallah dan Fisher, 2009).



Gambar 2.7 Refleksi dan Refraksi dari Timbulnya Gelombang-P Saat  $V_{p2} > V_{s2} > V_{p1} > V_{s1}$  (Sumber : Gadallah dan Fisher, 2009)

dimana :  $P_{inc}$  = Gelombang-P datang

$P_{refl}$  = Refleksi Gelombang-P

$P_{refr}$  = Refraksi Gelombang-P

$S_{refl}$  = Refleksi Gelombang-S

$S_{refr}$  = Refraksi Gelombang-S

$\theta_0$  = Sudut datang gelombang terhadap garis normal

$\theta_p$  = Sudut refleksi Gelombang-P

$\theta_s$  = Sudut refleksi Gelombang-S

$\Phi_p$  = Sudut refraksi Gelombang-P

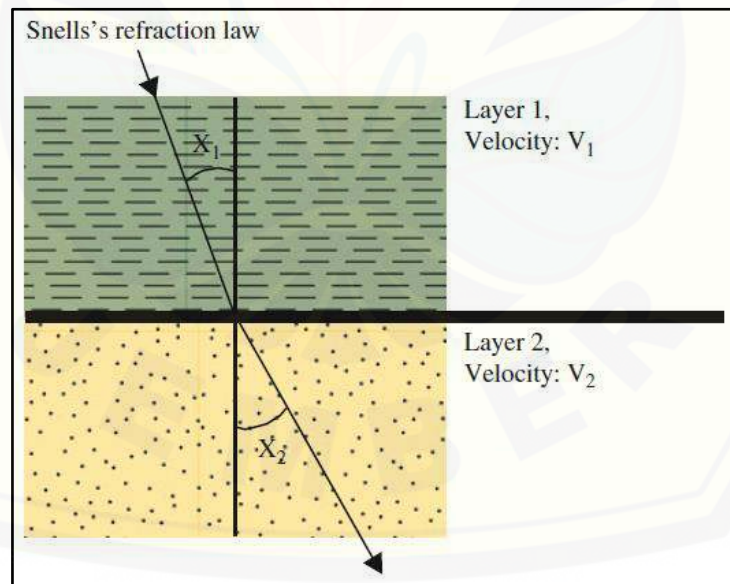
$\Phi_s$  = Sudut refraksi Gelombang-P

(Gadallah dan Fisher, 2009).

Menurut Bjorlykke (2010), ketika gelombang suara menjalar di antara dasar sedimen dengan kecepatan yang berbeda, gelombang tersebut akan dibiaskan menurut hukum Snell (Gambar 2.8):

$$\frac{\sin x_1}{\sin x_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad (2.1)$$

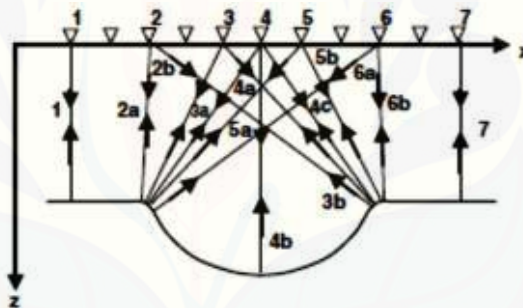
di mana  $x_1$  adalah sudut datang gelombang tempat bertemu pada bidang batas antara dua lapisan, dan  $x_2$  adalah sudut bias gelombang datang.  $v_1$  dan  $v_2$ , masing-masing adalah kecepatan yang melalui lapisan batuan.



Gambar 2.8 Hukum Snell untuk pembiasan gelombang suara (Sumber: Bjorlykke, 2010)

### 2.4.3 Prinsip Fermat

Sebuah pulsa seismik yang merambat dalam suatu medium akan mengikuti jalur yang menghubungkan antara source dan receiver. Namun, menurut prinsip Fermat, hal ini hanya berlaku pada beberapa jalur rambatan. Hal ini berarti bahwa mungkin ada lebih dari satu fenomena refleksi primer. Dalam penjalaran gelombang dari satu titik ke titik selanjutnya yang melewati suatu medium tertentu akan mencari suatu lintasan dengan waktu tempuh yang paling sedikit. Gambar 2.9 merupakan representasi dari sinklin dan merupakan garis edar cahaya menuju ketujuh receiver dari source yang cocok. Hanya ada satu garis edar untuk nomor cahaya ke-1 dan ke-7. Sedangkan untuk cahaya ke-2, 3, 5 dan 6 memiliki dua garis edar dan untuk cahaya ke-4 memiliki tiga garis edar (Gadallah dan Fisher, 2009).

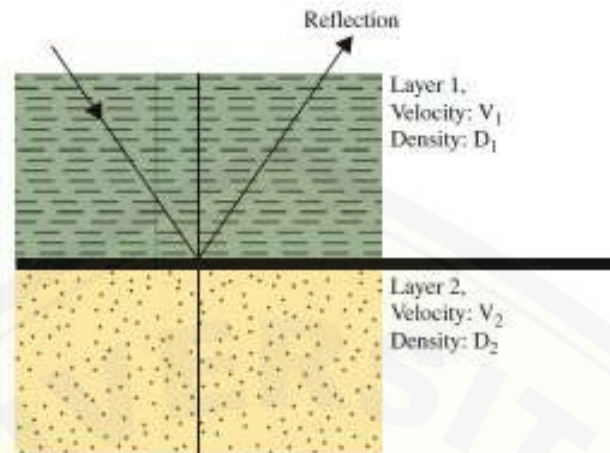


Gambar 2.9 Sketsa dari Syncline dan Refleksi Garis Edar Cahaya (Sumber : Gadallah dan Fisher, 2009)

## 2.5 Komponen Seismik Refleksi

### 2.5.1 Impedansi Akustik

Bjorlykke (2010) mengemukakan bahwa jika dua lapisan memiliki kecepatan yang berbeda, akan menjadi ketentuan bahwa densitas yang dimiliki juga berbeda, dan bagian dari energi akustik tidak akan dibiarkan, tetapi dipantulkan. Banyaknya energi yang terpantulkan bergantung pada perbedaan impedansi akustik, yang merupakan hasil dari kecepatan ( $v$ ) dan densitas ( $\rho$ ).



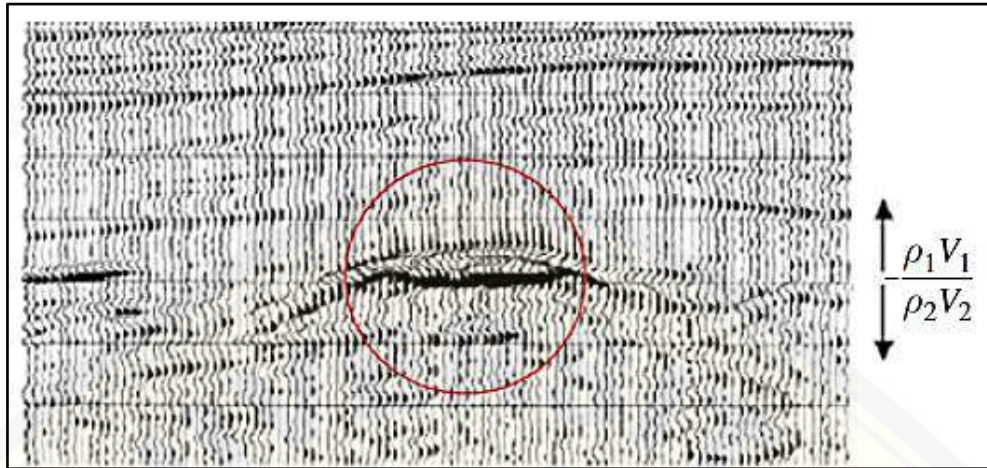
Gambar 2.10 Diagram gelombang refleksi pada sekuen sedimen yang berlapis (Sumber: Bjorlykke, 2010)

### 2.5.2 Koefisien Refleksi

Mondol (2010) mengemukakan bahwa koefisien refleksi ( $R$ ) gelombang-P yang datang secara normal pada lapisan batas, diberikan oleh:

$$R = \frac{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1}{\rho_2 V_2 + \rho_1 V_1} \quad (2.2)$$

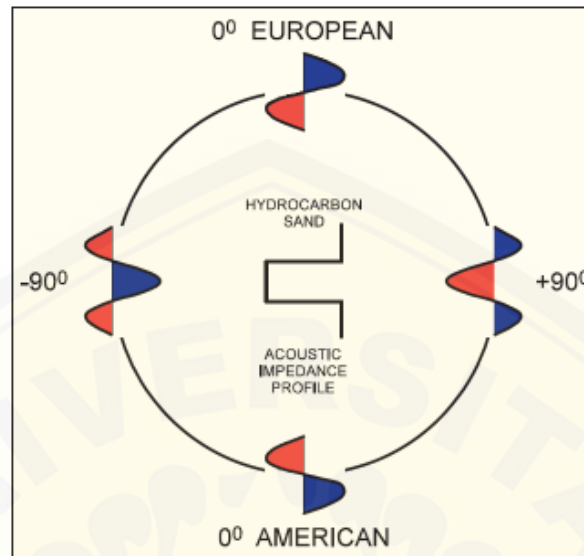
di mana  $\rho_1 V_1$  Dan  $\rho_2 V_2$  adalah impedansi akustik dari masing-masing lapisan atas dan bawah. Oleh karena itu, kontras besar dalam impedansi dapat menyebabkan refleksi yang kuat di zona target (Gambar 2.11). Kategori yang termasuk diantaranya: perubahan litologi, porositas, fluida pori, tingkat kejenuhan dan diagenesis. Semakin besar perbedaan kepadatan dan kecepatan dari dua lapisan, semakin besar jumlah energi yang akan terpantulkan. Sandstone sering memiliki impedansi akustik yang berbeda secara signifikan dari shale, dan sejumlah besar energi suara akan direfleksikan dari batas antara lapisan sand dan lapisan shale. Limestones cenderung memiliki kecepatan dan kepadatan tinggi. Sehingga menghasilkan kontras lebih besar pada impedansi akustik antara Limestones dan, misalnya, shale.



Gambar 2.11 Bagian seismik yang menunjukkan kontras impedansi besar pada zona target (ditandai dengan lingkaran merah) (Sumber: Mondol, 2010)

### 2.5.3 Polaritas

Polaritas menurut Brown (2004), merupakan penggambaran koefisien refleksi sebagai bentuk gelombang yang bernilai positif atau negatif. Jika  $Z_2 > Z_1$  maka akan didapatkan bentuk puncak (peak), dan akan berbentuk palung (trough) jika  $Z_2 < Z_1$ . Karena terdapat ketidakpastian dari bentuk gelombang seismik yang direkam maka dilakukan pendekatan bentuk polaritas yang berbeda yaitu polaritas normal dan polaritas terbalik (reverse). Saat ini terdapat dua jenis konversi polaritas: Standar SEG (Society of Exploration Geophysicist) dan Standar Eropa dan keduanya saling berkebalikan, seperti yang terlihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Polaritas (American dan European) bentuk wavelet zero phase dan minimum phase. Puncak (peak) dalam warna biru dan lembah (trough) dalam warna merah. Konvensi polaritas SEG Reverse sama dengan American Polarity, yaitu kenaikan AI ditunjukkan pada puncak (peak amplitude) (Sumber: Brown, 2004)

#### 2.5.4 Trace Seismic (Jejak Seismik)

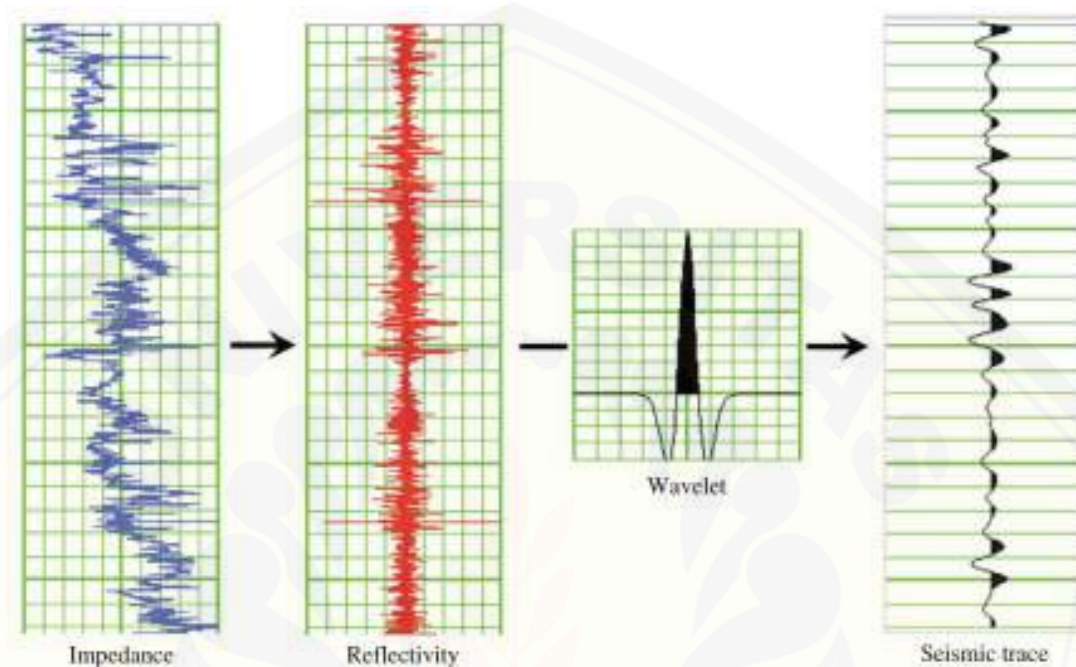
Mondol (2010) menyatakan bahwa jejak seismik yang tercatat merupakan konvolusi (\*) dari sinyal sumber dan sekuen reflektifitas bumi ditambah suara (Gambar 2.13). Sebuah jejak seismik dapat dinyatakan dengan persamaan (2.3). Hilangnya transmisi dan penyebaran geometris tidak termasuk dalam persamaan, penyerapan yang bergantung frekuensi juga terabaikan dalam persamaan ini.

$$S = W * R + Noise \quad (2.3)$$

dimana  $S$  adalah jejak seismik yang tercatat,  $R$  adalah reflektifitas dan  $W$  adalah wavelet. Sebuah wavelet merupakan jenis fungsi matematika yang digunakan untuk membagi fungsi yang diberikan ke dalam komponen frekuensi yang berbeda dan mengkaji setiap komponen dengan resolusi yang sesuai dengan skalanya. Keakuratan estimasi wavelet merupakan mutlak penting untuk keberhasilan setiap inversi



seismik. Bentuk yang disimpulkan dari wavelet seismik dapat sangat mempengaruhi hasil inversi seismik dan oleh karena itu penilaian berikutnya pada kualitas reservoir.



Gambar 2.13 Jejak seismik hasil konvolusi dari wavelet dan serangkaian reflektifitas ditambah bising (Sumber: Mondol, 2010)

### 2.5.5 Porositas dan Permeabilitas

Sifat batuan atau karakteristik yang mempengaruhi pengukuran logging: porositas, permeabilitas, saturasi air, dan resistivitas. Memahami sifat-sifat dan konsep yang mewakili batuan sangat penting dilakukan sebelum melanjutkan mengkaji interpretasi log. Porositas, dapat didefinisikan sebagai persentase pori terhadap volume total batuan. Hal ini diukur dalam persentase dan mempunyai simbol  $\emptyset$ .

$$\text{porositas } \emptyset = \frac{\text{volume pori} - \text{pori}}{\text{total volume batuan}} \quad (2.4)$$

Jumlah ruang internal atau rongga pada volume batuan tertentu merupakan ukuran jumlah fluida yang mengalir dalam batuan. Jumlah ruang kosong yang saling berhubungan, sehingga mampu mengalirkan fluida, disebut porositas efektif. Pori-pori yang terisolasi dan volume pori yang terisi oleh air teradsorpsi tidak termasuk dalam definisi porositas efektif (Asquith dan Gibson, 1983).

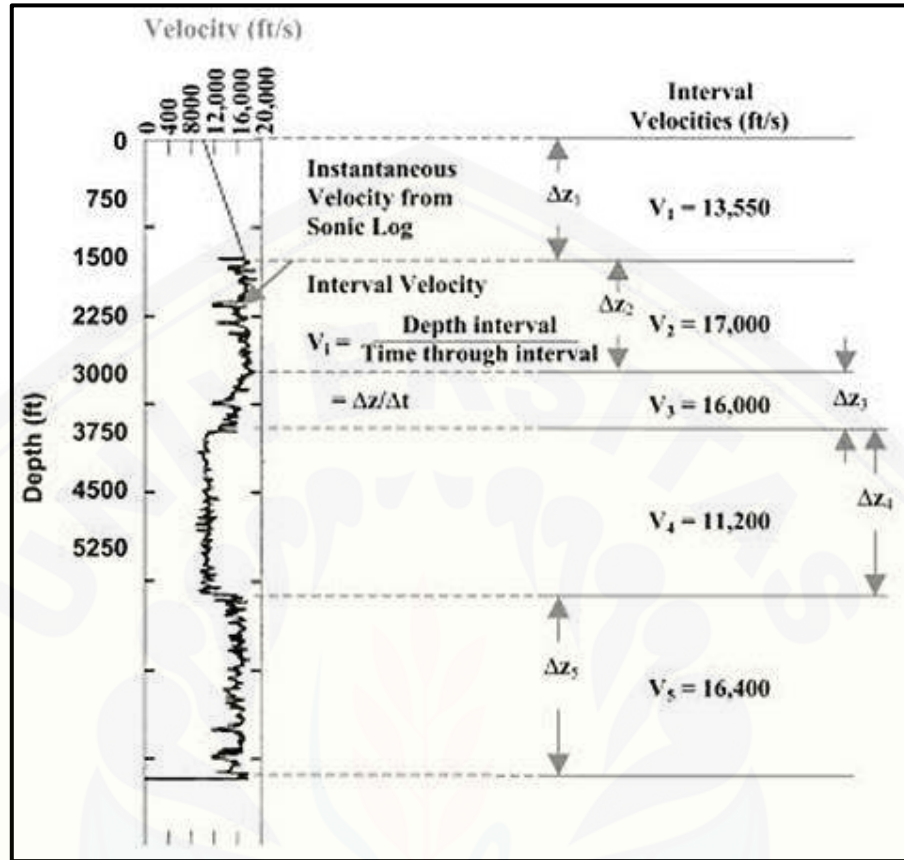
Permeabilitas merupakan karakter yang dimiliki batuan untuk mengalirkan fluida. Hal ini berhubungan dengan porositas tapi tidak selalu tergantung pada hal tersebut. Permeabilitas dikontrol oleh ukuran bagian yang menghubungkan (rongga pori atau kapiler) antara pori. Hal ini diukur dalam darcies atau millidarcies dan diwakili oleh simbol  $K_a$ . Kemampuan batuan untuk mengalirkan fluida tunggal dengan kejenuhan fluida 100% disebut permeabilitas absolut. Permeabilitas efektif mengacu pada kehadiran dua fluida dalam batuan, dan kemampuan batuan untuk mengalirkan fluida di hadapan fluida lain ketika dua cairan ini tidak dapat bercampur (Asquith dan Gibson, 1983).

## 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, karena terdapat begitu banyak jenis kecepatan seismik, seperti Kecepatan Sesaat (Instantaneous Velocity), Kecepatan Interval, Kecepatan Rata-rata, Kecepatan RMS (*Root Mean Square*), kecepatan NMO, *Stacking Velocity*, Kecepatan Migrasi, dan Apparent Velocity (Gadallah dan Fisher, 2005).

### 2.6.1 Kecepatan Interval

Kecepatan interval merupakan kecepatan perambatan rata-rata yang melalui interval waktu atau kedalaman, dan itu sama dengan interval tebal kedalaman dibagi interval waktu vertikal. Gambar 2.14 menunjukkan log sumur di sebelah kiri dan penentuan log kecepatan interval di sebelah kanan.



Gambar 2.14 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  $T_i$ ,

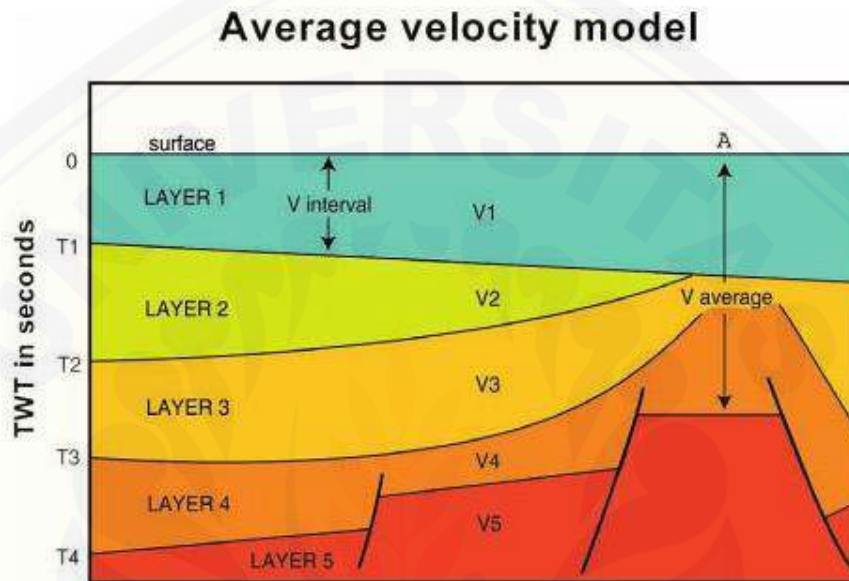
$$\bar{V} = \frac{2Z_i}{T_i} \quad (2.5)$$

Kecepatan rata-rata dapat dihitung dari kecepatan interval menggunakan:

$$\bar{V}_n = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i} \quad (2.6)$$

(Gadallah dan Fisher, 2005).

Kecepatan rata-rata diukur dari permukaan langsung ke level target. Kecepatan interval diukur antara dua horizon, 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).

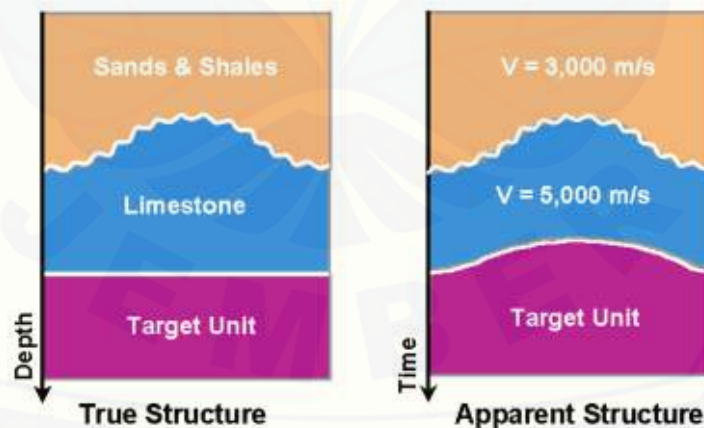


Gambar 2.15 Diagram menunjukkan Kecepatan Interval dan konsep Kecepatan Rata-rata (Sumber: Veeken, 2007)

## 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 sepenuhnya terdistorsi. Untuk mencapai hasil yang benar, time-section harus bermigrasi sebelum mengubahnya menjadi depth-section. Faktor Lain yang sama pentingnya 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. Interpretasi struktural dalam domain waktu merupakan kegiatan berisiko. Menginterpretasikan struktur dalam domain waktu berarti menerima risiko model kecepatan konstan, atau segala penyimpangan kecepatan yang tertangkap oleh interpreter. Geologi sederhana juga dapat menghasilkan struktur tinggian yang salah (atau mengaburkan struktur tinggian yang sebenarnya) - sebuah 'kecepatan anomali' tidak diperlukan untuk memperoleh struktur waktu. Zona tebal dengan materi berkecepatan tinggi dapat tersamarkan dalam domain waktu sebagai lapisan rata yang terendapkan oleh struktur tinggi batuan di atasnya (Gambar 2.16). Konversi kedalaman yang baik dapat menunjukkan keberadaan struktur yang sebenarnya, dari struktur yang dianggap ada, walaupun sebenarnya tidak ada, dan menunjukkan cadangan potensial yang terlewat (Etris et al., 2001).



Gambar 2.16 Risiko 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 kekurangan 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).

Konversi waktu menjadi kedalaman biasanya dilakukan dengan mengalikan kecepatan interval ( $v_n$ ) dari satuan geologi tertentu oleh satu arah interval waktu ( $t_n$ ) dan menjumlahkan kedalaman interval yang dihasilkan untuk keseluruhan bagian, sehingga:

$$h_N = \sum_{n=1}^N v_n t_n \quad (2.7)$$

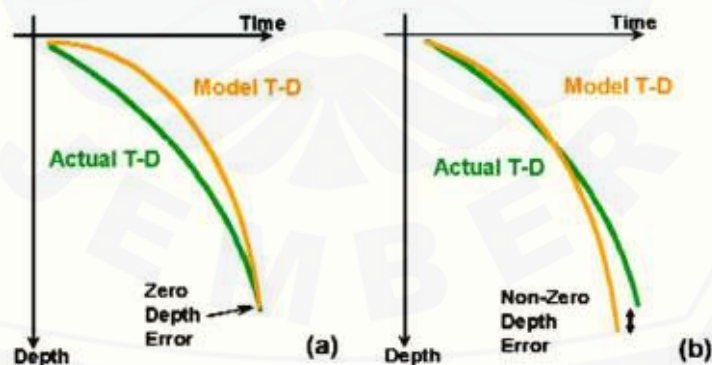
di mana  $h_N$  adalah kedalaman sampai dasar lapisan  $N$ . Jika data kecepatan RMS atau kecepatan rata-rata yang tersedia, kecepatan interval dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan. Kecepatan fungsi-waktu biasanya diberikan pada titik-titik kontrol tertentu sepanjang garis seismik. Fungsi-fungsi ini, setelah dikonversi menjadi kecepatan interval, diterapkan untuk proses konversi pada titik-titik kontrol masing-masing. Berdasarkan data yang ada, nilai-nilai kecepatan dapat ditemukan melalui interpolasi (Al-Sadi, 1980).

### 2.7.1 Konversi Langsung

Pendekatan paling sederhana adalah mengonversikan horison 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 horison seismik dan geologi sumur yang dipilih dalam domain waktu. Metode langsung menyembunyikan kesalahan 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 2.17). 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).



(a). Kesalahan diminimalkan pada titik ikatan (konversi langsung); (b) Fungsi yang sebenarnya tetap dipergunakan

### 2.7.2 Pemodelan Kecepatan

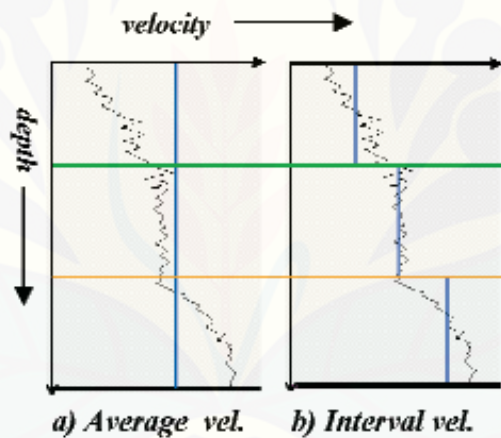
Berbagai jenis model kecepatan dipergunakan untuk tujuan yang berbeda (misalnya stacking, migrasi, konversi kedalaman). Ketika pemodelan kecepatan ini dilakukan secara eksplisit dengan tujuan mendapatkan sebuah model yang kuat, secara akurat memprediksi kecepatan antara sumur vertikal sebenarnya yang sesuai dan dengan memanfaatkan pengetahuan tentang kecepatan sebagai alat tambahan (Gambar 2.17) (Etris et al., 2001).

Pemodelan kecepatan menggunakan informasi kecepatan dalam menambahkan dua karakter untuk mengonversikan ke 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 memberi peluang 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).

Konversi kedalaman multi-layer, bagian ini dibagi menjadi lapisan geologi yang terpisah, masing-masing kemungkinan memiliki kecepatan interval yang berbeda, tetapi secara internal tetap konsisten, atau kecepatan dibandingkan fungsi kedalaman (Gambar 2.18). Sebuah model kecepatan yang terpisah dibangun untuk setiap lapisan, dan menghasilkan prediksi kedalaman lapisan dasar, memperhatikan lapisan atas dari perhitungan sebelumnya. Misalnya, bagian lapisan atas pertama biasanya datum seismik, maka lapisan dasar akan menjadi puncak dari lapisan berikutnya dan konversi diulang kembali, lapis demi lapis, sampai ke horison target terakhir. Lapisan ini mungkin tidak memiliki ketertarikan tersendiri untuk eksplorasi, tetapi yang penting karena mereka membentuk lapisan penutup di atas zona target dan memberi peluang berisi variasi kecepatan yang signifikan (Etris et al., 2001).



Penerapan pemodelan kecepatan tergantung pada kondisi kecepatan terhadap kedalaman. Tingkat yang paling sederhana adalah kecepatan rata-rata, di mana mengabaikan layering dan dapat langsung tertuju ke horison target (Gambar 2.18(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. Mungkin terdapat alasan tepat untuk mengabaikan perinciannya, meskipun, seperti kurangnya konsistensi dalam pola perilaku kecepatan dengan kedalaman, atau kurangnya pengetahuan yang mudah diartikan (Etris et al., 2001).



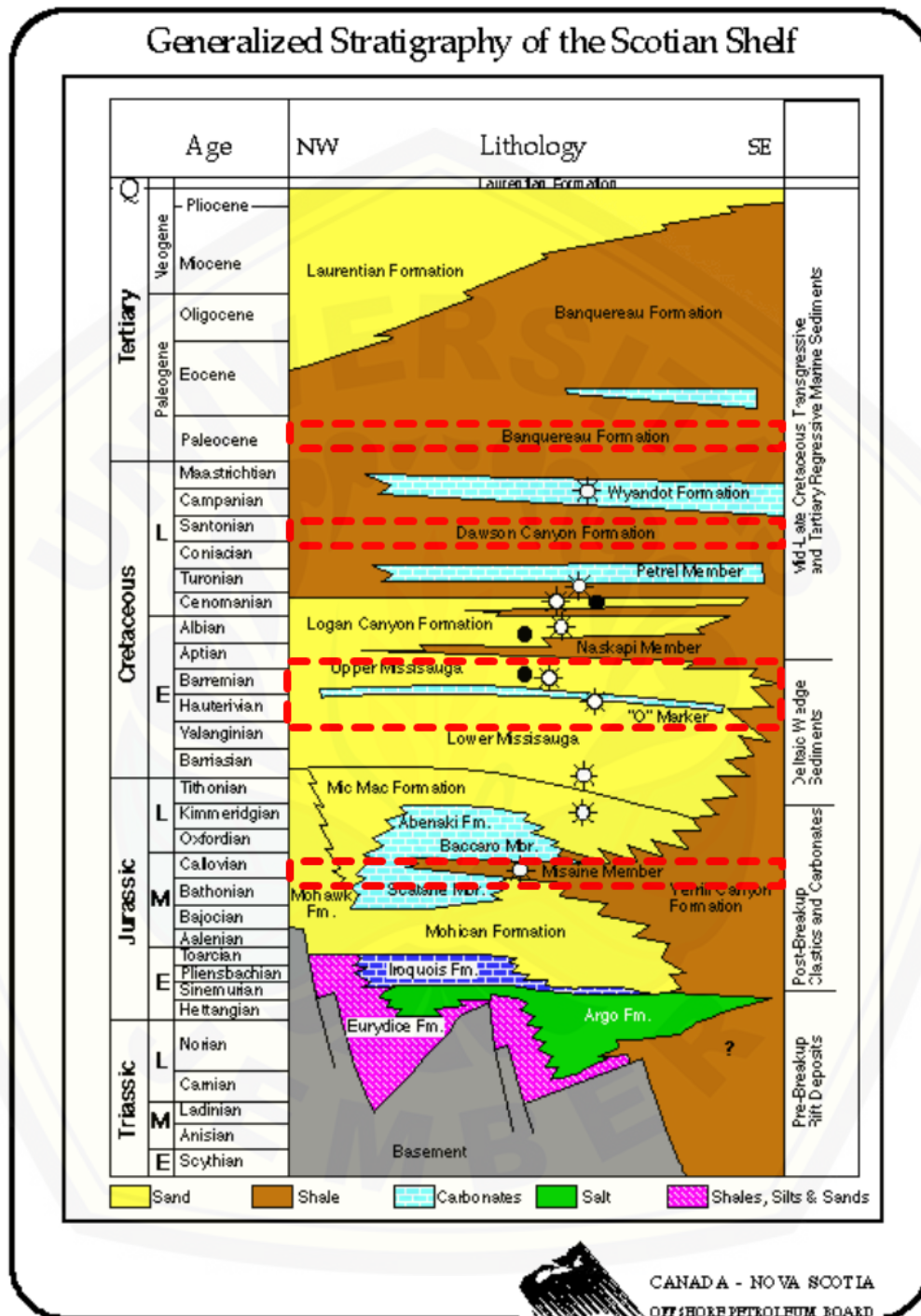
Gambar 2.18 Grafik kondisi Kecepatan terhadap Kedalaman (Sumber: Etris et al., 2001)

Kecepatan interval menetapkan kecepatan konstan untuk setiap lapisan dalam suatu sumur yang diberikan (Gambar 2.18(b)). Menggunakan kecepatan rata-rata atau interval memberi peluang terhadap variasi kecepatan spasial antara lokasi sumur. Dengan melakukan cross plotting kecepatan interval terhadap midpoint kedalaman, misalnya, atau dapat membentuk kontur rata-rata sumur atau kecepatan intervalnya, memberi peluang membentuk kontur geostatistik tersebut menggunakan pemrosesan kecepatan seismik pada jarak yang jauh dari sumur (Etris et al., 2001).

## **BAB 3. METODE PENELITIAN**

### **3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian tentang metode-metode konversi waktu menjadi kedalaman seperti metode Time-Depth Curve dan metode Dynamic Depth Conversion; dengan harapan dapat diaplikasikan dengan baik pada Lapangan Eksplorasi Penobscot, termasuk dalam jenis penelitian kuantitatif, karena hasil yang diinginkan berupa besar nilai keakuratan kedalaman antara peta kontur struktur domain waktu dengan peta kontur struktur domain kedalaman. Daerah penelitian berada pada Formasi Missisauga Lapangan Eksplorasi Penobscot dengan beberapa lapisan pendukung seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2015 sampai dengan Juni 2015 yang bertempat di Divisi Technical Support, Pertamina Hulu Energi, Jakarta Selatan.



Gambar 3.1 Target penelitian di Lapangan Eksplorasi Penobsot. Garis merah menunjukkan area lapisan target (Sumber: Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Board, 2000)

### 3.2 Alat dan Bahan

Bahan atau data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data Survei Geologi Regional
2. Data Seismik 3D
3. Data Log Sumur
4. Data Marker
5. Data Check shot

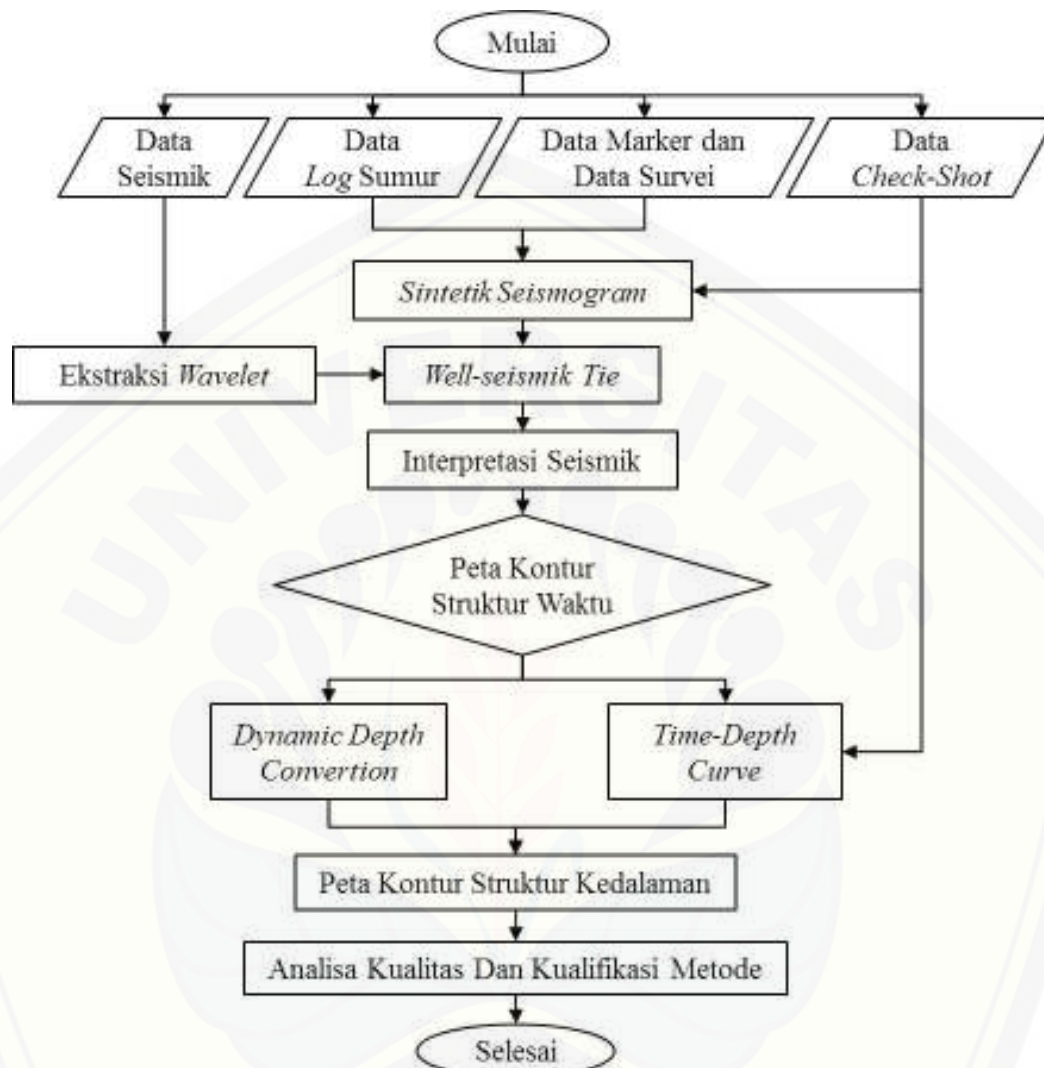
Peralatan yang digunakan terdiri dari:

1. Software Kingdom 2d/3dPAK-EarthPAK versi 8.7.1 64-bit, merupakan perangkat lunak lisensi Schlumberger yang digunakan untuk mengolah data dalam analisis dan interpretasi.
2. Software Pengolah Angka, digunakan untuk melakukan pengolahan data dan pembuatan grafik Time-Depth Curve.
3. Laptop atau komputer yang digunakan untuk melakukan pengoperasian software dalam menunjang dan membantu penelitian.

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Desain Penelitian

Berdasarkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, perlu untuk mengetahui pemanfaatan alat dan bahan tersebut dalam tahapan pelaksanaan penelitian. Berikut diagram alir dari tahapan pelaksanaan tersebut.



Gambar 3.2 Diagram alir proses Konversi Waktu menjadi Kedalaman

### 3.3.2 Persiapan Data

Tahap ini merupakan tahap awal dalam kegiatan penelitian yang akan dilakukan. Berikut penjelasan data-data yang digunakan serta langkah pengerjaannya.

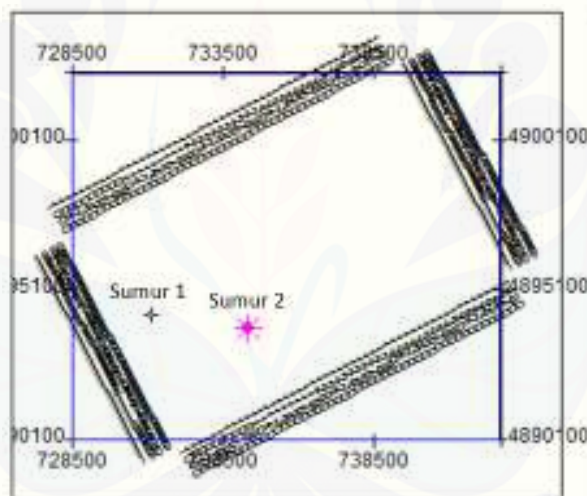
#### 1. Data Survei Geologi Regional

Data geologi regional digunakan untuk mengetahui gambaran umum mengenai kondisi geologi daerah target pada Lapangan Eksplorasi Penobscot. Pada data geologi

tersebut terdapat beberapa data mengenai kondisi umum regional cekungan scotian yang berupa kondisi stratigrafi, tektonik, dan petroleum system.

## 2. Data seismik

Data seismik yang digunakan dalam penelitian ini adalah data seismic time 3D dengan rentang domain waktu sebesar 0 – 6000 ms. Data seismik yang dilengkapi dengan inline pada arah Timur - Barat sebanyak 601 garis (1000 – 1600 garis) dengan jarak spasi 12.498 dan xline pada arah Utara - Selatan sebanyak 482 garis (1000 – 1481 garis) dengan jarak spasi 25.007. Data seismik ini digunakan untuk membentuk basemap dan picking horizon pada Lapangan Eksplorasi Penobscot.



Gambar 3.3 Basemap Lapangan Eksplorasi Penobscot

## 3. Data log sumur

Pada penelitian Lapangan Eksplorasi Penobscot ini, digunakan dua data sumur yang dilengkapi dengan data log sumur. Data log sumur ini akan membantu memberikan informasi tentang karakter litologi di daerah penelitian. Data log sumur yang paling penting pada penelitian ini adalah density log (RHOB) dan sonic log (DT), yang dipergunakan untuk menentukan velocity dan karakter litologi pada area

target. Selain data tersebut, data Gamma-Ray Log juga akan dimanfaatkan untuk memperoleh Koefisien Refleksi dan Impedansi Akustik, yang membantu dalam menentukan karakter litologi yang lebih detail pada area target Lapangan Eksplorasi Penobscot.

Tabel 3.1 Informasi dasar Data Sumur

	<b>Sumur 1</b>	<b>Sumur 2</b>
<b>Koordinat X</b>	731133.46	734338.86
<b>Koordinat Y</b>	4894307.87	4893837.87
<b>Kedalaman Awal (m)</b>	331.775	319.461
<b>Kedalaman Akhir (m)</b>	3444.158	4221.424
<b>Kelly Bushing (KB)</b>	0.0000	30.4495
<b>Kedalaman (m)</b>	3450	4251
<b>Jenis Sumur</b>	Sumur Kering	Sumur Minyak dan Gas

Tabel 3.2 Ketersediaan Data Log Sumur

	<b>Sonic (DT)</b>	<b>Density (RHOB)</b>	<b>Gamma Ray (GR)</b>
<b>Sumur 1</b>	Tersedia	Tersedia	Tersedia
<b>Sumur 2</b>	Tersedia	Tersedia	Tersedia

#### 4. Data Marker

Data marker digunakan untuk membantu dalam menentukan lapisan yang memiliki potensi ketersediaan hidrokarbon. Data marker dari tiap formasi telah tersedia, sehingga interpretasi yang dilakukan menggunakan acuan data marker formasi yang tersedia dengan beberapa tambahan marker formasi buatan untuk menunjang penelitian yang dilakukan.

Tabel 3.3 Data Marker Sumur 1 Lapangan Eksplorasi Penobscot

<b>Depth (Meters)</b>	<b>Time (Seconds)</b>	<b>Formation Top</b>
868.50	0.90236	Formasi Laurentian (Sandstone)
1556.00	1.41274	Formasi Dawson Canyon (Shale)
2229.65	1.86099	Upper Missisauga
2510.10	2.00443	Top Sand 2
2543.10	2.02662	Top Sand 3
2617.48	2.06469	Top Sand 4
2697.60	2.10070	Top Sand 5
3174.90	2.35164	Lower Missisauga / Mic Mac
3407.30	2.48666	Formasi Verril Canyon (Limestone)

Tabel 3.4 Data Marker Sumur 2 Lapangan Eksplorasi Penobscot

Depth (Meters)	Time (Seconds)	Formation Top
837.97	0.93181	Formasi Laurentian (Sandstone)
1505.15	1.43724	Formasi Dawson Canyon (Shale)
2251.30	1.90316	Upper Missisauga
2499.70	2.03507	Top Sand 2
2543.40	2.05517	Top Sand 3
2637.60	2.10737	Top Sand 4
2699.10	2.14670	Top Sand 5
3195.47	2.40961	Lower Missisauga / Mic Mac
3340.38	2.46600	Formasi Verril Canyon (Limestone)

#### 5. Data Check shot

Data check-shot digunakan untuk mendapatkan hubungan antara waktu dan kedalaman. Data check-shot ini diterapkan dalam metode konversi waktu ke kedalaman Time-Depth Curve untuk menghasilkan kurva Time-Depth dan untuk mengikatkan data sumur dengan data seismik dalam proses well-seismik tie. Lapangan Eksplorasi Penobscot tidak memiliki data check-shot, namun kedua sumur memiliki data Time-Depth yang secara tidak langsung dapat segera dikorelasikan.

#### 6. Input Data

Input data dilakukan dengan memasukkan data-data penelitian yang digunakan, seperti data survei geologi, data seismik, data sumur, data marker dan data check-shot untuk diolah ke dalam software Kingdom yang akan menghasilkan peta kontur struktur waktu yang siap untuk diinterpretasi dan dikonversi menjadi peta kontur struktur kedalaman.

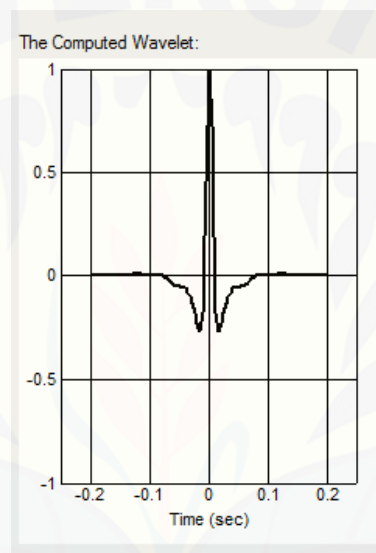
#### 3.3.3 Pengolahan Data

Setelah data-data yang digunakan tersedia di dalam software, maka tahapan selanjutnya yaitu melakukan pengolahan data. Proses pengolahan data ini bertujuan untuk menghasilkan peta kontur yang siap untuk diinterpretasi. Langkah-langkah yang dilakukan diantaranya sebagai berikut:



### 1. Ekstraksi Wavelet

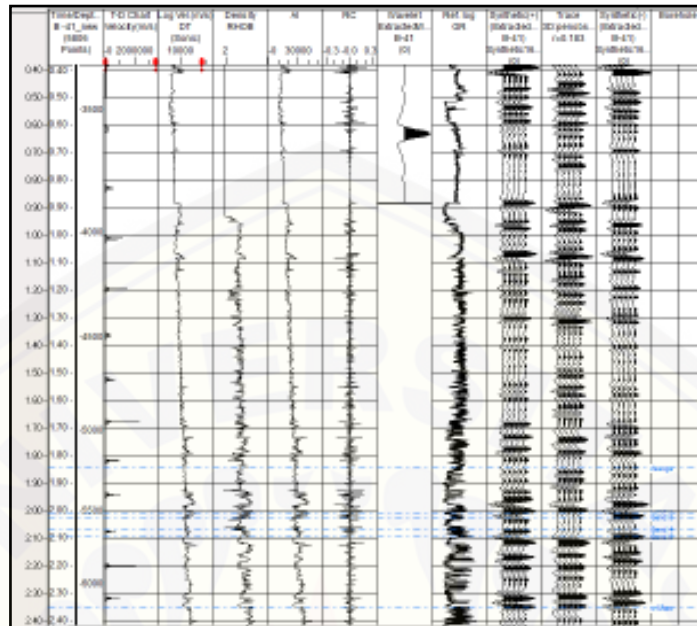
Wavelet yang dipergunakan diperoleh dari ekstraksi data seismik 3D pada jendela di sekitar zona target. Fase yang diperoleh dari proses ekstraksi ini akan menentukan posisi picking horizon. Untuk zero-phase, posisi picking horizon dilakukan pada peak (puncak) atau trough (palung). Sedangkan untuk minimum-phase, posisi picking horizon dilakukan pada zero-cross.



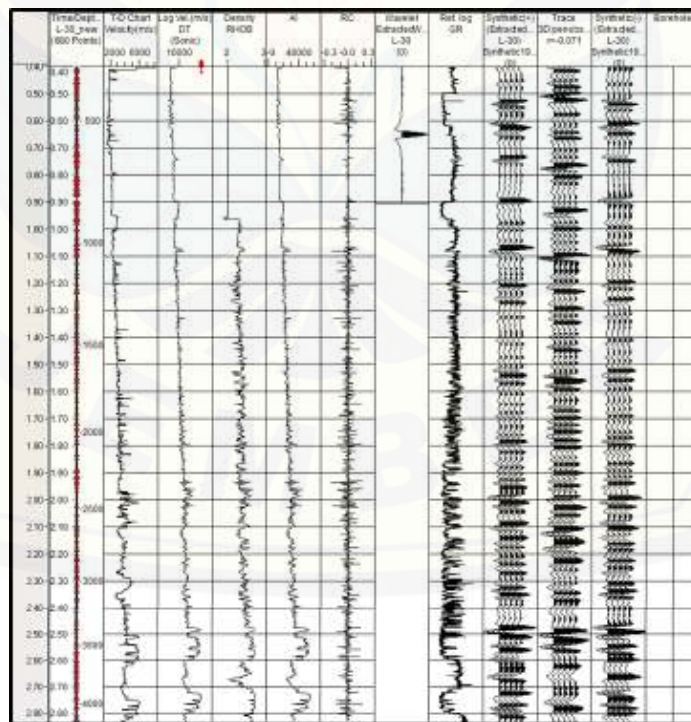
Gambar 3.4 Wavelet hasil ekstraksi dari data seismik

### 2. Synthetic Seismogram

Ekstraksi Wavelet kemudian dikonvolusi dengan koefisien refleksi untuk membuat seismogram sintetik, yang akan digunakan dalam proses well-seismic tie. Seismogram sintetik juga menggunakan beberapa data lainnya seperti data checkshot, data log sumur (log DT, log RHOB dan log GR) dan trace seismic. Pada proses ini, domain kedalaman dari data sumur diubah menjadi domain waktu dengan menggunakan data check-shot, untuk mempermudah proses well-seismic tie atau pengikatan data seismik dan data sumur.



Gambar 3.5 Synthetic seismogram pada Sumur 1



Gambar 3.6 Synthetic seismogram pada Sumur 2

### 3. Well-Seismic Tie dan Korelasi Sumur

Proses well-seismic tie bertujuan untuk meletakkan horison seismik pada posisi kedalaman sebenarnya sehingga interpretasi data seismik dapat dikorelasikan dengan data geologi yang diplot pada skala kedalaman yaitu dengan cara menyamakan domain data sumur (kedalaman) dengan domain data seismik (waktu). Well-seismic tie dilakukan dengan cara shifting, squeezing dan stretching. Shifting merupakan proses pemindahan seluruh komponen seismogram ke tempat yang diinginkan. Sedangkan stretching dan squeezing bertujuan mencocokkan trace seismik dengan trace sintetik dengan melakukan regangan dan pemampatan antara dua amplitudo yang berdekatan pada data seismogram. Hal ini akan berpengaruh terhadap fasa yang dihasilkan dari data sumur, fasa akan mengalami pergeseran dari fasa sebenarnya.

Korelasi sumur dilakukan untuk menyesuaikan marker-marker dari masing-masing sumur, sehingga akan membantu menyelaraskan informasi litologi dari masing-masing sumur dan mempermudah proses picking yang akan dilakukan. Korelasi dilakukan dengan melihat log gamma ray, kecocokan antara trace seismik dengan trace sintetik dinilai dengan tingkat korelasi yang mempunyai kisaran nilai antara 0 sampai 1, semakin baik korelasi antara seismik dengan sintetik, nilai korelasi akan semakin mendekati 1. Dengan memperhatikan pola yang sama dari sumur satu dengan sumur berikutnya pada data log tersebut, dapat ditarik korelasi yang menunjukkan bahwa zona tersebut berada dalam satu jenis litologi.

#### 3.3.4 Interpretasi Seismik

Well-seismik tie yang telah dilakukan, membuat kedua data memiliki kesamaan dari segi kedalaman target. Marker pada data sumur sudah dapat digunakan untuk picking horizon pada zona target dari data seismik. Berikut tahap interpretasi yang dilakukan pada penelitian ini, diantaranya:

1. Proses Penelusuran Horison (Picking Horizon)

Proses picking horizon dilakukan dengan cara membuat garis menerus berdasarkan data marker pada lapisan horison target. Horison yang dihasilkan akan digunakan untuk membuat peta struktur waktu pada zona target.

2. Peta Kontur Struktur Waktu

Peta kontur struktur waktu diperoleh setelah proses picking horizon pada zona target selesai dilakukan. Bentuk peta struktur akan terlihat secara jelas setelah peta hasil interpretasi diperhalus dengan fitur gridding dan contouring yang terdapat di dalam menu software Kingdom. Peta kontur struktur waktu ini akan digunakan untuk melakukan konversi peta domain waktu menjadi peta domain kedalaman melalui metode-metode yang telah ditentukan.

3. Proses Konversi dan Pembuatan Peta Struktur Kedalaman

Proses konversi dilakukan dengan dua metode yaitu metode Time-Depth Curve dan metode Dynamic Depth Conversion. Metode Time-Depth Curve dilakukan dengan memplotkan data time dengan data depth yang terdapat pada data check-shot. Data check-shot digunakan dalam proses well-seismik tie untuk merubah domain kedalaman pada data seismik menjadi domain waktu, dan juga digunakan dalam proses konversi peta kontur domain waktu hasil interpretasi seismik diubah menjadi peta kontur domain kedalaman dengan cara membentuk grafik kurva time-depth untuk menghasilkan persamaan yang akan dikalkulasikan dengan data peta kontur struktur waktu tersebut. Metode Dynamic Depth Conversion menerapkan konsep velocity interval yang berupa pemodelan kecepatan seismik untuk dikalkulasikan dengan data picking horizon time dan diproses dalam software Kingdom sehingga diperoleh data horizon peta kontur struktur kedalaman.

4. Proses Analisis Metode

Langkah ini merupakan langkah inti dari penelitian ini, di mana dilakukan analisis kuantitatif dari perhitungan keakuratan nilai kedalaman pada masing-masing

metode dengan membandingkan selisih nilai kedalaman hasil konversi terhadap data kedalaman yang sebenarnya. Kemudian dilakukan analisa kualifikasi dari nilai-nilai selisih yang diperoleh untuk diketahui metode konversi yang paling dapat diterapkan dengan baik pada zona target Formasi Missisauga Lapangan Eksplorasi Penobscot.

### 3.3.5 Analisis Metode

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan pada tahap proses konversi dan pembuatan peta struktur kedalaman, berikut analisis yang perlu untuk dilakukan diantaranya:

#### 1. Metode Time-Depth Curve

Proses konversi pada metode Time-Depth Curve memanfaatkan persamaan yang terbentuk dari kurva time-depth yang berbentuk grafik polynomial, dengan persamaan polynomial untuk Sumur 1 yaitu:

$$y = -32,589x^3 - 142,96x^2 - 840,64x + 11,051 \quad (3.1)$$

Sedangkan, persamaan polynomial untuk Sumur 2 yaitu:

$$y = -12,833x^3 - 247,56x^2 - 665,81x - 36,61 \quad (3.2)$$

Dimana  $x$  merupakan data horizon time peta kontur struktur waktu.

#### 2. Metode Dynamic Depth Conversion

Konsep konversi dari metode Dynamic Depth Conversion adalah dengan membuat pemodelan kecepatan dari penampang seismik untuk interval jarak dan waktu tertentu, sesuai dengan konsep dari persamaan kecepatan interval yaitu:

$$V_i = \frac{\Delta z_i}{\Delta t_i} \quad (3.3)$$

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- $i$  ( $s$ )

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