



**ATRIBUT SEISMIK UNTUK PENENTUAN KARAKTERISASI
RESERVOIR BATU PASIR STUDI KASUS PADA
LAPANGAN EKSPLORASI KANADA**

SKRIPSI

Oleh

**RENI AGUSTIANI
NIM 111810201034**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2011**



**ATRIBUT SEISMIK UNTUK PENENTUAN KARAKTERISASI
RESERVOIR BATU PASIR STUDI KASUS PADA
LAPANGAN EKSPLORASI KANADA**

SKRIPSI

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

Oleh

**RENI AGUSTIANI
NIM 111810201034**

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

PERSEMBAHAN

Persembahan ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta, syukur, dan terimakasih yang sebesar-besarnya untuk :

1. Ibunda Suratmi dan Ayahanda Wagiman yang tercinta, yang selalu memberiku dukungan materiil dan non-materiil;
2. adik-adikku Nurul Litasari, Septya Logita Trirahayu, dan Desi Putri Rasvarina;
3. guru-guruku yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya selama ini;
4. teman-teman seperjuangan *Gold Physic* 2011 yang telah memberikan dorongan, bantuan, 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;
7. Pertamina Hulu Energi Tower

MOTTO

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antarmu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat (Q.s. al-Mujadalah : 11)*)

Barang siapa menginginkan soal-soal yang berhubungan dengan dunia, wajiblah ia memiliki ilmunya; barang siapa yang ingin (selamat dan bahagia) di akhirat, wajiblah ia mengetahui ilmunya pula; dan barang siapa yang menginginkan kedua-duanya, wajiblah ia memiliki ilmu kedua-duanya (HR. Bukhari dan Muslim)**)

*) Departemen Agama RI. 1994. *Al-Qur'an dan terjemahnya*. Semarang : PT K. Grafindo

***) Fuad, Muhammad dan Baqi, Abdul. 2012. *Kumpulan Hadist Shahih Bukrari Muslim*. Semarang : PT. Pustaka Riski Putra

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Reni Agustiani

NIM : 111810201034

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Atribut Seismik untuk Penentuan Karakterisasi Reservoir Batu Pasir Studi Kasus Pada Lapangan Eksplorasi Kanada” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali dalam pengetikan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 1 Desember 2015

Yang menyatakan,

Reni Agustiani

NIM 111810201034

SKRIPSI

**ATRIBUT SEISMIK UNTUK PENENTUAN KARAKTERISASI
RESERVOIR BATU PASIR STUDI KASUS PADA
LAPANGAN EKSPLORASI KANADA**

Reni Agustiani
NIM 111810201034

Pembimbing:

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

Dosen Pembimbing Anggota : Rano, S.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Atribut Seismik untuk Penentuan Karakterisasi Reservoir Batu Pasir Studi Kasus Pada Lapangan Eksplorasi Kanada” telah diuji dan disahkan pada:

hari :

tanggal:

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Puguh Hiskiawan, S.Si.,M.Si.
NIP 197412152002121001

Anggota I

Ir. Misto, M.Si.
NIP 195911211991031002

Sekretaris,

Rano, S.Si.
NIP 19050134

Anggota II

Endhah Purwandari, S.Si.,M.Si.
NIP 198111112005012001

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.
NIP 196101081986021001

RINGKASAN

Atribut Seismik untuk Penentuan Karakterisasi Reservoir Batu Pasir Studi Kasus Pada Lapangan Eksplorasi Kanada; Reni Agustiani, 111810201034; 2015: 77 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Metode seismik merupakan salah satu metode geofisika untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan bumi. Metode seismik dikategorikan kedalam dua bagian besar yaitu seismik refraksi dan seismik refleksi. Seismik refraksi efektif untuk penentuan struktur geologi yang dangkal sedangkan seismik refleksi efektif digunakan untuk penentuan struktur geologi yang dalam. Metode seismik refleksi dilakukan dengan memberikan sumber energi di permukaan yang memproduksi gelombang seismik, kemudian gelombang tersebut merambat kedalam bumi dan akan terefleksikan kembali ke permukaan yang diterima oleh detektor.

Interpretasi seismik merupakan hal yang sangat dasar dalam usaha menggambarkan informasi apa yang ada dibawah permukaan dengan tujuan untuk mendapatkan gambaran penampang perlapisan pada karakterisasi reservoir. Karakterisasi reservoir dimaksudkan untuk mengenali perangkap-perangkap hidrokarbon, peserbaran reservoir, dan lain-lain. Karakterisasi reservoir dapat dilakukan dengan menggunakan atribut seismik. Atribut seismik adalah salah satu atau semua pengamatan yang diekstrak dari data seismik bisa dalam bentuk amplitudo, kecepatan, waktu refleksi, dan lain-lain.

Atribut seismik dikategorikan kedalam dua kelompok besar yaitu atribut *physical* dan *geometrical*. Atribut *physical* digunakan untuk interpretasi karakteristik lithologi dan reservoir, sedangkan atribut *geometrical* dimanfaatkan untuk interpretasi stratigrafi dan patahan atau struktural dari volume data tiga dimensi.

Penelitian ini dilakukan di ruang akuisi dan interpretasi data divisi *Technical Support* PT Pertamina Hulu Energi Jakarta Selatan terhadap data studi kasus pada Formasi *Missisauga* Lapangan Eksplorasi Kanada. Tujuan penelitian ini untuk

mengetahui anomali dari peta atribut seismik yang mengindikasikan adanya patahan dan peserbaran reservoir batu pasir pada *sand D* Formasi *Missisauga* Lapangan Eksplorasi Kanada dengan dikontrol oleh dua data sumur S1 dan S2. Pada penelitian ini menggunakan enam atribut *geometrical* untuk identifikasi patahan meliputi *dip of maximum similarity*, *smothed dip of maximum similarity*, *similarity*, *smoothed similarity*, *similarity variance*, dan *dip variance*, sedangkan untuk mengetahui persebaran reservoir batu pasir menggunakan lima atribut *physical* meliputi amplitudo rata-rata, amplitudo maksimum, amplitudo *root mean square*, impedansi akustik relatif, dan dekomposisi spektral.

Berdasarkan keenam peta atribut *geometrical* seismik yang diperoleh dari ekstraksi pada zona target penelitian, semuanya dapat menunjukkan adanya anomali patahan dengan arah patahan dari Barat Laut ke Tenggara. Namun hasil visualisai peta atribut *smoothed dip of max similarity* dapat memperlihatkan kenampakan ketiga patahan dengan lebih jelas dibanding dengan kelima peta atribut yang dihasilkan. Peta atribut *physical* seismik dengan kelima atribut yang berbeda telah menunjukkan adanya anomali peserbaran reservoir batu pasir pada zona target penelitian dengan arah peserbarannya dari Barat Laut ke Tenggara yang dikontrol oleh dua data sumur yaitu S1 dan S2. Pada zona target ini, atribut *Spectral Decomposition* dengan frekuensi 17,9 Hz dapat memperlihatkan visualisasi peta yang lebih baik dibandingkan dengan keempat peta atribut yang dihasilkan.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Atribut Seismik untuk Penentuan Karakterisasi Reservoir Batu Pasir Studi Kasus Pada Lapangan Eksplorasi 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 Karya Tulis ini telah mendapatkan bimbingan dan pengarahan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing utama dan Rano, S.Si., selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam membantu penulisan skripsi ini;
2. Ir. Misto, M.Si., dan Endhah Purwandari, S.Si.,M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis;
3. Sri Hartanto, S.T., Robby Insan Kamil, S.Si., Fredy Yuliasongko, S.Si.,M.Si., dan para karyawan PHE Tower lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bimbingan, kritik, saran dan motivasi selama proses pengambilan dan pengerjaan data skripsi;
4. Seluruh Dosen Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember yang dengan ikhlas telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama perkuliahan;
5. Seluruh Karyawan dan Staf Fakultas MIPA Universitas Jember yang telah memberikan waktunya demi kelancaran skripsi ini;
6. Ibunda Suratmi, Ayahanda Wagiman, dan adik-adikku Nurul, Septi, Putri yang telah memberikan doa dan dukungan demi terselesaikannya skripsi ini;
7. Abah Ahmad Ruslan sekeluarga yang telah memberikan kasih sayang dan doa demi terselesaikannya skripsi ini;

8. Teman-teman magangku di PHE Tower Fitri Rizky, Nyoman, Fitri Rusmala, Septia, Andika, Dheswara, Katiti, Tresna, Ditha, Warni, Yuyun, Indra, dan Dani yang mau berbagi ilmu dan momotivasiku;
9. Teman-teman seperjuangan GP'11 yang telah memberikan doa dan motivasi;
10. Teman-teman kos Uyun, Ulfa, Mega, Ima, Dewi, Dita, Prama, Wise, Fitriana, Amel, Indah, Ayu, Ane, Yessi, fiqnanda, Evi, dan lainnya yang telah memberi motivasi dan semangat;
11. Seluruh pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Peneliti menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat peneliti harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 1 Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian	6
2.1.1 Geologi Regional Lapangan Eksplorasi.....	7
2.1.2 Stratigrafi Lapangan Eksplorasi.....	8
2.1.3 <i>Petroleum System</i> Lapangan Eksplorasi	11
2.2 Metode Seismik Refleksi	12
2.2.1 Gelombang Seismik.....	13
2.2.2 Teori Perambatan Gelombang	17

2.2.3 Impedansi Akustik	20
2.2.4 Koefisien Refleksi.....	20
2.2.5 <i>Trace</i> Seismik	21
2.2.6 <i>Wavelet</i>	22
2.2.7 Polaritas.....	23
2.2.8 Resolusi Vertikal Seismik.....	24
2.2.9 Survei <i>Checkshot</i>	25
2.3 Tinjauan Umum <i>Well-Logging</i>	26
2.4 Struktur Geologi	27
2.5 Atribut Seismik	29
2.5.1 Atribut <i>Physical</i>	29
2.5.2 Atribut <i>Geometrical</i>	31
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	33
3.2 Alat Penelitian	34
3.3 Skema Kerja Penelitian	34
3.4 Prosedur Penelitian.....	36
3.4.1 Studi Literatur	36
3.4.2 Persiapan Data	36
3.4.3 Pengolahan Data	36
3.4.4 Analisis	38
3.4.5 Kesimpulan	39
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Analisis Log Sumur, <i>Wavelet</i>, dan <i>Well to Seismic Tie</i>	40
4.2 Analisis Peta Kontur.....	45
4.3 Analisis Peta Atribut.....	46

4.3.1 Peta Atribut untuk Identifikasi Patahan	46
4.3.2 Peta Atribut untuk Mengetahui Persebaran reservoir Batu Pasir.....	51
BAB 5. PENUTUP	40
5.1 Kesimpulan.....	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA.....	57
DAFTAR ISTILAH	60
LAMPIRAN A. DATA PENELITIAN	66
LAMPIRAN B. PENGOLAHAN DATA	73
LAMPIRAN C. FOTO PENELITIAN	77

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta Lokasi Penelitian	6
Gambar 2.2 Cekungan <i>Scotia</i>	7
Gambar 2.3 Stratigrafi Regional Lapangan Eksplorasi	10
Gambar 2.4 Peta <i>Isopach</i> Formasi <i>Missisauga</i>	11
Gambar 2.5 Metode Seismik Refleksi	13
Gambar 2. 6 Gelombang P	15
Gambar 2. 7 Gelombang S	16
Gambar 2.8 Gelombang <i>Reyleigh</i>	16
Gambar 2.9 Gelombang <i>Love</i>	17
Gambar 2.10 Refleksi dan Refraksi dari <i>incident</i> Gelombang P	18
Gambar 2.11 Prinsip Hyugens	19
Gambar 2.12 Prinsip Fermat	19
Gambar 2.13 Hubungan antara impedansi akustik, amplitudo, dan koefisien refleksi.....	21
Gambar 2.14 Ilustrasi Pembuatan <i>Trace</i> Seismik	22
Gambar 2.15 Jenis wavelet (1) fase campuran; (2) fase maksimum; (3) fase minimum; (4) fase nol	23
Gambar 2.16 Polaritas dengan standar SEG dan standar Eropa	24
Gambar 2.17 Survei <i>Checkshot</i>	25
Gambar 2.18 (a) <i>Intragranular fracture in cataclastically deformed porous sandstone</i> , (b) <i>Intragranular fractures in metamorphic rock</i>	27
Gambar 2.19 Sinklin dan Antiklin pada Penampang Seismik	28
Gambar 2.20 (a) <i>Normal Fault</i> , (b) <i>Strike-Slip Fault</i> , dan (c) <i>Reverse Fault</i>	28
Gambar 2.21 Klasifikasi Atribut Seismik	29
Gambar 2.22 Pencitraan spektal lapisan tipis	31
Gambar 3.1 Stratigrafi Zona Target Penelitian	33

Gambar 3.2 Skema Kerja Penelitian	35
Gambar 4.1 Zona target pada <i>Log</i> Sumur 1 dengan tipe <i>log</i> pasir yang terdiri dari <i>log</i> sonik (DT) tinggi, <i>log</i> gamma ray (GR) rendah, dan <i>log</i> densitas (RHOB) rendah	41
Gambar 4.2 Zona target pada <i>Log</i> Sumur 2 dengan tipe <i>log</i> pasir yang terdiri dari <i>log</i> sonik (DT) tinggi, <i>log</i> gamma ray (GR) rendah, dan <i>log</i> densitas (RHOB) rendah	42
Gambar 4.3 <i>Wavelet</i> dari ekstraksi <i>trace</i> dengan fase nol untuk sumur S1	43
Gambar 4.4 <i>Wavelet</i> dari ekstraksi <i>trace</i> dengan fase nol untuk sumur S2	43
Gambar 4.5 Korelasi data sumur dengan data seismik pada sumur S1 dan S2	44
Gambar 4.6 Peta kontur lapisan <i>sand</i> D yang menunjukkan S1 berada pada daerah lebih tinggi daripada S2	45
Gambar 4.7 Peta Atribut <i>Dip of Maximum Similarity</i> , warna peta semakin mendekati nilai 1 menunjukkan kontinuitasnya besar dan sebaliknya	46
Gambar 4.8 Peta Atribut <i>Smoothed Dip of Maximum Similarity</i> , warna peta semakin mendekati nilai 1 menunjukkan kontinuitasnya besar dan sebaliknya	47
Gambar 4.9 Peta Atribut <i>Dip Variance</i> , warna peta semakin mendekati nilai 1 menunjukkan kontinuitasnya besar dan sebaliknya	47
Gambar 4.10 Peta Atribut <i>Similarity</i> , warna peta semakin mendekati nilai 1 menunjukkan kontinuitasnya besar dan sebaliknya	48
Gambar 4.11 Peta Atribut <i>Smoothed Similarity</i> , warna peta semakin mendekati nilai 1 menunjukkan kontinuitasnya besar dan sebaliknya	48
Gambar 4.12 Peta Atribut <i>Similarity Variance</i> , warna peta semakin mendekati nilai 1 menunjukkan kontinuitasnya besar dan sebaliknya	49
Gambar 4.13 Sayatan vertikal lapangan eksplorasi yang tampak samping	49
Gambar 4.14 Peta Atribut <i>Average Amplitudo</i> yang menunjukkan adanya persebaran batu pasir yang ditandai oleh amplitudo rata-rata tinggi pada daerah yang berwarna kuning hingga kuning kemerahan	51

Gambar 4.15 Peta RMS Amplitudo yang menunjukkan adanya persebaran batu pasir yang ditandai oleh RMS amplitudonya tinggi pada daerah yang berwarna merah.....	52
Gambar 4.16 Peta <i>Maximum</i> Amplitudo yang menunjukkan adanya persebaran batu pasir yang ditandai oleh amplitudo maksimum pada daerah yang warna kuning hingga kuning kemerahan	52
Gambar 4.17 Peta Atribut <i>Relative Acoustic Impedance</i> yang menunjukkan adanya persebaran batu pasir yang ditandai oleh impedansi akustik relatif tinggi pada daerah yang warna kuning hingga kuning kemerahan	53
Gambar 4.18 Peta Atribut <i>Spectral Decomposition</i> pada 17.9 Hz yang menunjukkan adanya persebaran batu pasir yang ditandai oleh dekomposisi spektral tinggi pada daerah yang warna kuning hingga kuning kemerahan	53
Gambar 4.19 Penampang <i>crossline</i> dan <i>inline</i> pada peta <i>Spectral Decomposition</i>	54

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia terhadap energi terus meningkat di setiap tahunnya. Sebagian besar pasokan energi tersebut berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui seperti fosil untuk menghasilkan minyak dan gas bumi (Wiguna, 2015). Berdasarkan *Energy Outlook for Asia and the Pacific 2013*, yang dirilis Bank Pembangunan Asia (ADB) disebutkan, permintaan energi primer di Asia Pasifik diproyeksikan naik 2,1 persen per tahun sepanjang 2010 sampai dengan 2035 dan berdasarkan *Indonesia Outlook Energy 2012* yang dirilis Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), bahwa konsumsi energi final di Indonesia periode 2000-2012 mengalami peningkatan rata-rata 2,9 persen per tahun. Sedangkan *Indonesia Outlook Energy 2013* memperkirakan pertumbuhan rata-rata kebutuhan energi sebesar 4,7% per tahun (2011-2030). Pada tahun 2015, kapasitas kilang Indonesia diperkirakan sebesar 1,167 juta barel per hari, produksi minyak yang bisa diolah sebesar 719.000 barel per hari. Kebutuhan BBM diperkirakan 1,359 juta barel per hari, sehingga terjadi defisit 640.000 barel per hari. Sementara tahun 2025, kapasitas kilang diperkirakan 2,067 juta barel per hari, produksi minyak yang dapat diolah sekitar 1,384 juta barel, konsumsi BBM 2,012 juta barel dan kekurangan 628 juta barel per hari (*Indonesia Outlook Energy*, 2013).

Upaya yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan migas yaitu dengan cara melakukan proses eksplorasi hidrokarbon yang akan dilanjutkan dengan proses eksploitasi (Gadallah and Fisher, 2009). Tahap eksplorasi merupakan tahap yang sangat penting dalam industri migas. Pada tahap ini dilakukan usaha untuk meneliti kehadiran hidrokarbon dengan pendekatan secara geofisika dan geologi yang banyak melibatkan orang *geophysicist* dan *geologist* yang sering dikenal pada dunia

perminyakan dengan G&G. Metode-metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan bumi diantaranya adalah geolistrik, *self potential*, seismik, magnetik, *gravitasi*, dan lain-lain (Shearer, 2009). Metode yang umum dilakukan dalam eksplorasi migas adalah metode seismik refleksi. Metode ini dapat menggambarkan keadaan geologi (struktur bawah permukaan) dengan memanfaatkan gelombang pantul. Namun metode seismik refleksi memiliki keterbatasan dalam interpretasi data, oleh karena itu dibutuhkan pengambilan data *well-logging* untuk melengkapi informasi tersebut. Kombinasi dari data seismik dan *well-logging* dapat memberikan informasi yang sangat penting untuk mengurangi resiko kegagalan dan penentuan lokasi pemboran sehingga dapat mengurangi biaya operasional dari suatu lapangan (Sherrif and Gendart, 1995). Oleh karena itu pengembangan dari tempat untuk terakumulasinya minyak dan gas bumi sangat penting guna mencari daerah baru yang berprospek untuk menambah daerah potential baru (Telford et al, 1990). Meminimalkan resiko eksploitasi dapat dilakukan dengan cara melakukan proses eksplorasi yang baik, salah satunya dengan melakukan karakterisasi reservoir (Brown, 2004).

Karakteristik reservoir dalam kegiatan eksplorasi dimaksudkan untuk mengenali perangkat-perangkat hidrokarbon, persebaran reservoir, model pengendapan reservoir dan lain-lain. Karakterisasi reservoir dapat dilakukan dengan banyak metode seperti seismik inversi, atribut seismik, multi atribut seismik, petrofisik, dan lain-lain. Salah satu teknik yang sering digunakan untuk membantu menganalisa karakteristik reservoir adalah menggunakan atribut seismik (Tanner et al, 1979).

Atribut seismik didefinisikan sebagai salah satu atau semua pengamatan yang diekstrak dari data seismik untuk membantu eksplorasi hidrokarbon. Seismik atribut bisa dalam bentuk kecepatan, amplitudo, waktu refleksi, dan lain-lain (Tanner et al, 1999). Menurut Brown pada tahun 2004, atribut seismik merupakan suatu transformasi matematis dari data trace seismik yang merepresentasikan besaran

waktu, amplitudo, fase, frekuensi, dan atenuasi. Atribut seismik juga dinyatakan sebagai sifat kualitatif dan deskriptif dari data seismik yang dapat ditampilkan dalam skala yang sama dengan data aslinya. Atribut seismik diperlukan sebagai alat bantu dalam interpretasi seismik untuk menunjukkan anomali yang tidak terlihat secara jelas dari data normal seismik. Tiap-tiap atribut saling berhubungan satu sama lainnya, di mana beberapa atribut memiliki sensitifitas terhadap sifat reservoir tertentu dan beberapa atribut lainnya lebih baik di dalam menampilkan informasi ataupun anomali bawah permukaan yang mula-mula tidak teridentifikasi oleh data konvensional atau bahkan sebagai indikator keberadaan hidrokarbon (Tanner et al, 1979).

Karakterisasi reservoir menggunakan atribut seismik di beberapa penelitian telah berhasil menentukan adanya patahan dan distribusi reservoir diantaranya adalah penelitian tentang karakterisasi reservoir dengan menggunakan atribut seismik dilakukan oleh Miftahul Haq (2009) pada Cekungan Sumatera Selatan yang mengidentifikasi batas yang jelas antara reef dan lagoon (lapisan batu pasir) pada formasi batu raja. Penelitian lain dilakukan oleh Muhamad Yunanda (2010) yang melakukan penelitian karakterisasi reservoir menggunakan atribut seismik pada lapangan X Laut Utara, Netherland. Selain itu untuk menentukan adanya struktur patahan dan distribusi reservoir juga dilakukan oleh Ranggi Sinansari (2014) dengan menggunakan atribut seismik.

Salah satu sumber minyak dan gas bumi terdapat di Lapangan Eksplorasi yang berada pada Cekungan *Scotia*, Kanada. Cekungan *Scotia* telah menghasilkan minyak dan gas bumi yang berasal dari batu pasir yang tersedimentasi serta batuan karbonat selama pembentukan formasi *Missisauga* pada zaman *cretaceius* awal dan formasi *Abenaki* pada zaman pertengahan *jurassic*. Eksplorasi hidrokarbon pada daerah offshore *Nova Scotia* telah dimulai sejak tahun 1959. Lapangan eksplorasi terletak pada zona transisi dari sebelah barat *Abenaki Sub-basin* sampai sebelah utara *Sable Sub-basin*. Lapangan ini memiliki dua sumur yaitu Sumur-1 (S1) dan Sumur-2 (S2).

Berdasarkan stratigrafi regional lapangan eksplorasi, terdapat lapisan batu pasir tebal pada Formasi *Missisauga* Tengah yang dapat berfungsi sebagai reservoir minyak dan gas bumi (*Nova Scotia Departement of Energy*, 2011). Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan karakterisasi reservoir batu pasir pada Formasi *Missisauga* Tengah dengan menggunakan atribut seismik.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana atribut seismik dapat mengindikasikan adanya anomali patahan pada Lapangan Eksplorasi ?
2. Bagaimana persebaran reservoir batu pasir pada Formasi *Missisauga* Lapangan Eksplorasi dapat diketahui dengan menggunakan atribut seismik ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian berada di Lapangan Eksplorasi pada Cekungan *Nova Scotia*, Kanada.
2. Zona target penelitian dikhususkan pada bagian tengah Formasi *Missisauga*.
3. Data yang digunakan adalah data seismik, sumur, *checkshot*, dan *marker*.
4. *Software* yang digunakan untuk pengolahan data adalah *software Kingdom 2d/3dPAK-EarthPAK Version 8.7.1-64-bit* orisinal.
5. *Geometrical attribute* untuk identifikasi patahan dan *physical attribute* untuk mengetahui persebaran reservoir.

1.4 Tujuan Penelitian

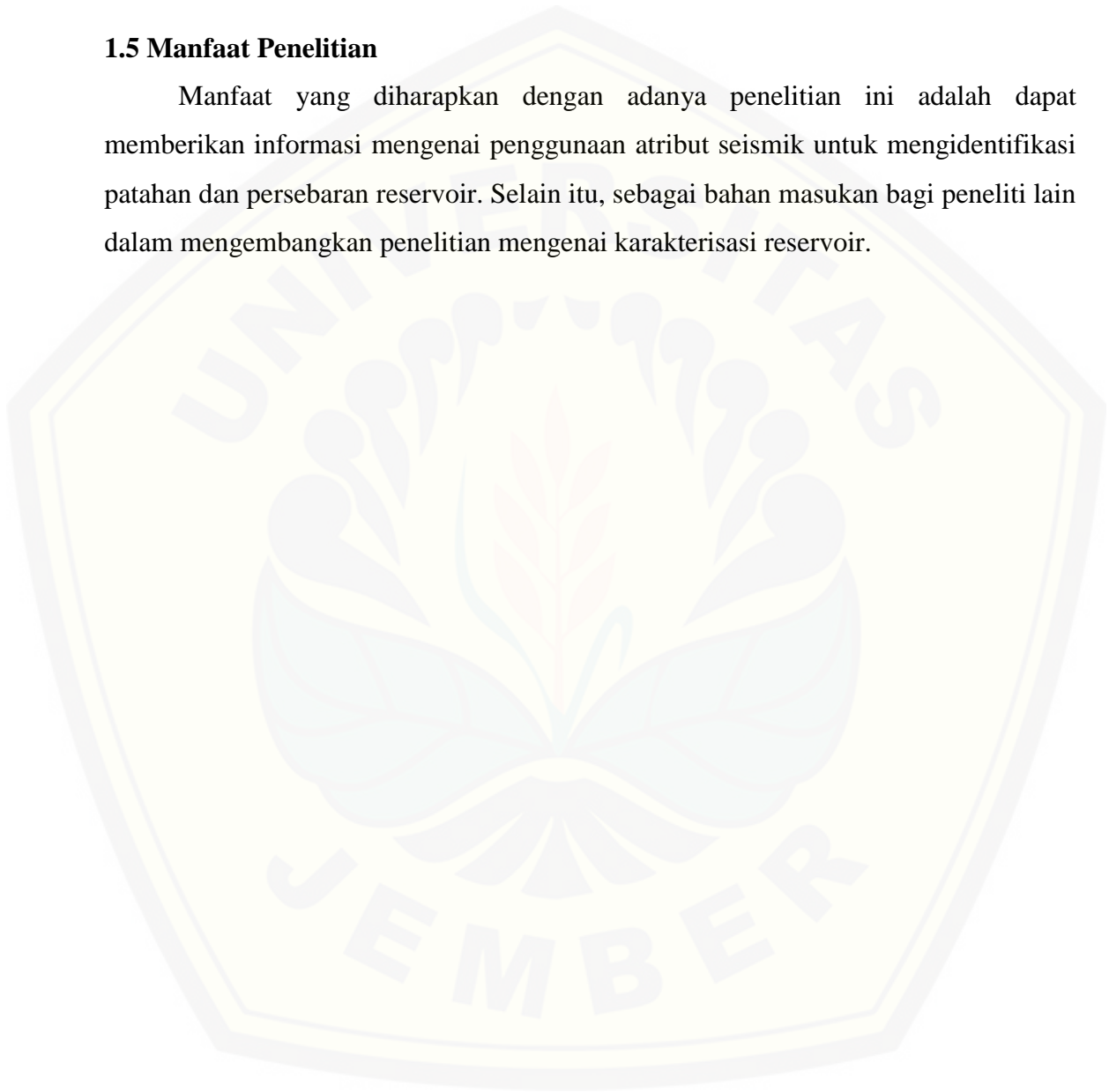
Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui anomali atribut seismik yang mengindikasikan adanya patahan pada Lapangan Eksplorasi.

2. Mengetahui persebaran reservoir batu pasir pada Formasi *Missisauga* Lapangan Eksplorasi dengan menggunakan atribut seismik.

1.5 Manfaat Penelitian

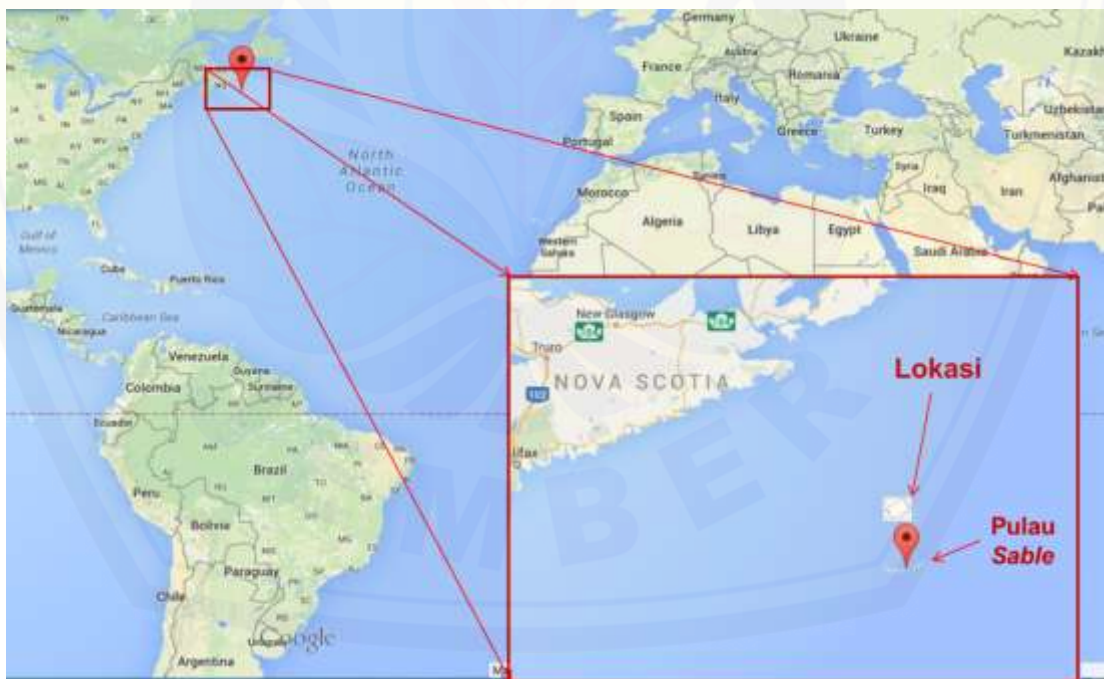
Manfaat yang diharapkan dengan adanya penelitian ini adalah dapat memberikan informasi mengenai penggunaan atribut seismik untuk mengidentifikasi patahan dan persebaran reservoir. Selain itu, sebagai bahan masukan bagi peneliti lain dalam mengembangkan penelitian mengenai karakterisasi reservoir.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian

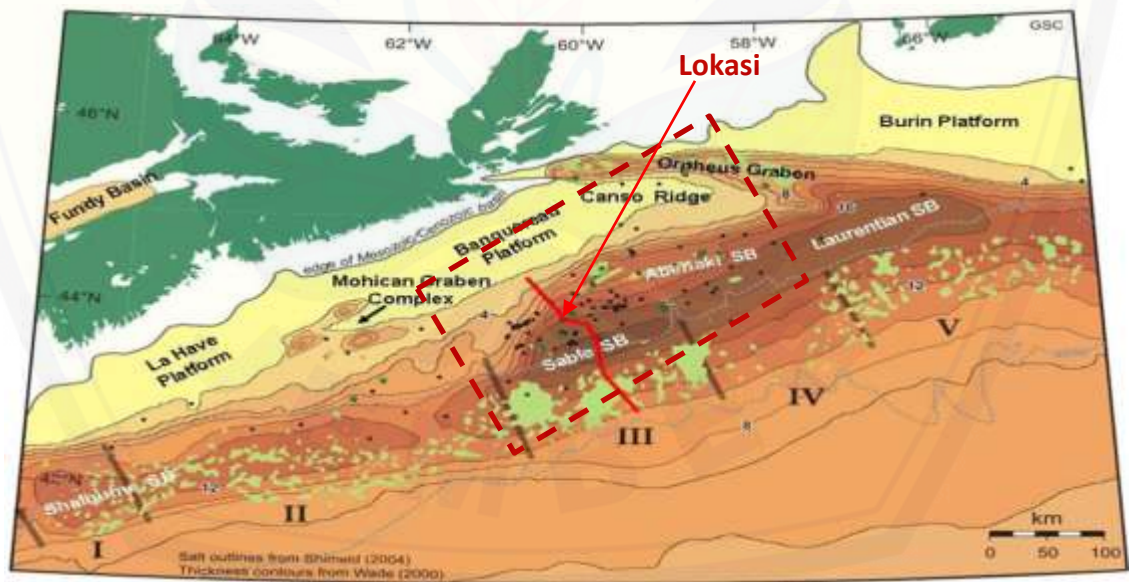
Lokasi daerah penelitian ini terletak pada lapangan eksplorasi yang berada di sebelah Tenggara dari provinsi *Nova Scotia*, Kanada dan 25 km sebelah Barat Laut dari pulau *Sable*. Lokasi ini berada pada Samudra Atlantik Utara. Secara geografis lapangan eksplorasi terletak pada $44^{\circ}07'46''$ N / $60^{\circ}06'00''$ 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 *Departemen Energi Nova Scotia, Canada* (*Nova Scotia Departement of Energy*, 2011).



Gambar 2.1 Peta Lokasi Penelitian (Sumber: Google Map, 2015)

2.1.1 Geologi Regional Lapangan Eksplorasi

Lapangan eksplorasi berada pada cekungan *Scotia* dengan luas $\pm 300.000 \text{ km}^2$ dan panjang $\pm 1200 \text{ km}$ yang membentang dari Barat Daya pada perbatasan *Yarmouth Arch* / Amerika Serikat hingga Timur Laut pada *Uplift Avalon* di *Grand Banks Newfoundland*. Cekungan *Scotia* terbentuk pada daerah *passive continental margin* yang berkembang setelah periode pemekaran (*rifting*) selama periode terpecahnya *Pangea* yang menyebabkan terpisahnya benua Amerika dengan benua Afrika. Gambar 2.2 menunjukkan cekungan *Scotia* yang terdiri dari serangkaian tinggian (*platform*) dan rendahan (*depocenter*). Lapangan eksplorasi ini berada di *Missisauga Ridge* yang terletak diantara *Sub-basin Abenaki* dan *Sub-basin Sable*. Batas-batas *platform* dan *depoenter* merupakan zona rekahan (*fracture*) wilayah samudra kearah kerak benua. Pada lapangan ini terdapat dua patahan besar yang berada di sebelah Barat Daya dan Timur Laut dengan arah patahan Barat Laut ke Tenggara (*Nova Scotia Departement of Energy, 2011*).



Gambar 2.2 Cekungan *Scotia* (Sumber: Nova Scotia Departement of Energy, 2011)

Terdapat tiga periode terbentuknya cekungan *Scotia* yaitu periode *syn-rift*, awal *post-rift*, dan akhir *post-rift*. Periode *syn-rift* bermula dengan peretakan pangea yang dimulai pada umur *triassic* tengah, sekitar 225 juta tahun yang lalu. Proses ini mengakibatkan terbentuknya cekungan yang terisi sedimen *fluvial* dan lakustrin serta batuan vulkanik. Pada akhir *triassic* terjadi pergerakan tektonik kearah utara dan timur yang kemudian menyebabkan masuknya air laut pertama kali kedalam cekungan dan bagian tengah *rift basin* mengalami patahan kompleks pada awal *jurasic* yang menyebabkan terbentuknya patahan-patahan besar, graben-graben kompleks dan *basement* yang tinggi sepanjang cekungan *Scotia*. Periode awal *post-rift* pada pertengahan *jurasic* terjadi transgresi air laut yang menutupi cekungan dan tumbuh karbonat *bank* yang bertahan hingga *cretaceous* awal karena mati tertutupi oleh shale (serpih) akibat transgresi air laut kembali dan penurunan lempeng. Periode akhir *post-rift* pada awal *cretaceous* ini terjadi pengangkatan pada bagian barat cekungan mengakibatkan masuknya sedimen klastik dari darat kedalam cekungan. Serangkaian pasir tebal tipe delta, *strandplain*, *carbonate shoals* dan suksesi *shallow marine shelf* merupakan dominasi dari pengendapan akhir *post rift* ini. Sedangkan pada akhir *cretaceous* mengalami kenaikan permukaan air laut, penurunan cekungan, endapan *marls* laut, dan *mudstones* (*Nova Scotia Departement of Energy*, 2011).

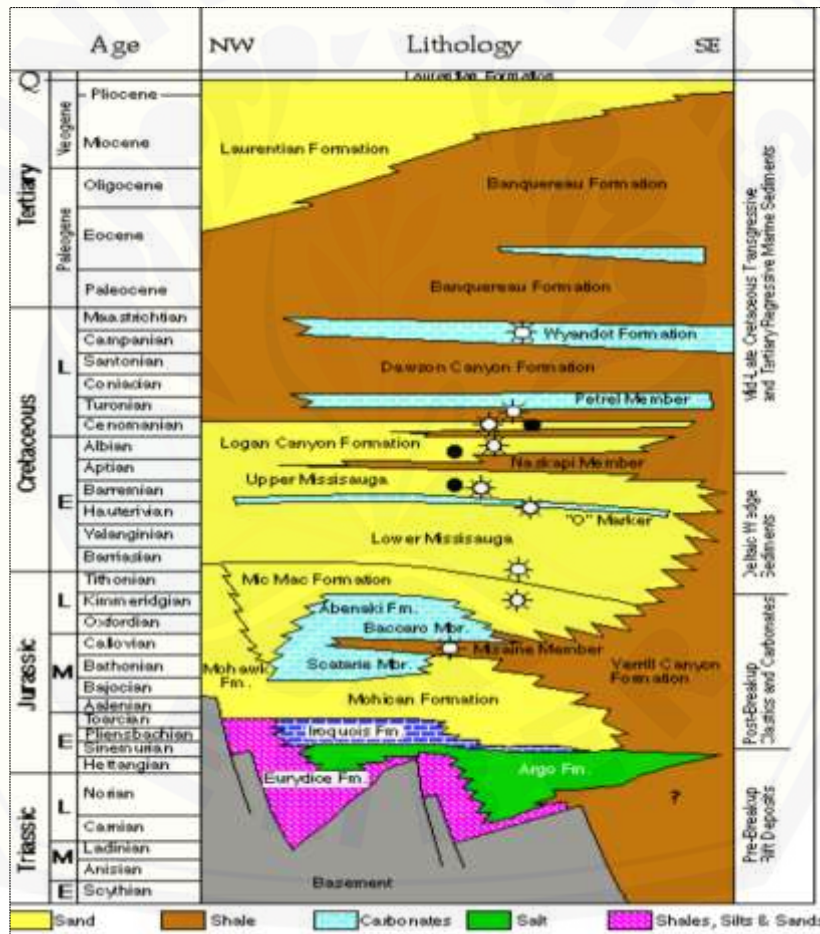
2.1.2 Stratigrafi Lapangan Eksplorasi

Penelitian ini berada pada formasi *Missisauga* Tengah dengan interval yang dibatasi oleh periode *cretaceous* awal pada masa *valanginan* sampai *barremian* sekitar 140 sampai dengan 125 juta tahun yang lalu. Formasi *Missisauga* memiliki 6 anggota *sand* (*marker* geologi) yaitu : *Upper Missisauga*, *Sand A*, *Sand B*, *Sand C*, *Sand D*, dan *Lower Missisauga / Mic Mac*. Berikut merupakan empat belas formasi dari yang tertua hingga termuda pada lapangan eksplorasi :

- a. Formasi *Eurydice* adalah formasi tertua dan terdiri dari deretan *sandstone*, *siltstone*, dan *shale* pada zaman triassik

- b. Formasi *Argo* adalah formasi batuan yang berhadapan langsung dengan formasi *Eurydice* dan berada pada tepi *basin*, penyusun utamanya adalah garam.
- c. Formasi *Iroquois* adalah formasi yang tersusun oleh batuan dolomit (*dolostone*) dan formasi *Mohican* disusun oleh *sandstone* dan *shale* yang terbentuk pada *jurasic* tengah.
- d. Formasi *Mic Mac* disusun oleh batuan klastik dominan yang terbentuk setelah pemekaran kerak (*post-rift*) yang memiliki ketebalan ± 6 km pada subbasin *laurentian* sampai ujung penengndapan *platform LaHave, Burin, dan Avalon Uplift*. Sedangkan formasi *Mohawk* terdiri dari tekstur yang matang, *felspatic sandstone*, dan *siltstone* dengan berselingan dengan *shale* dan *limestone*.
- e. Formasi *Verril Canyon* adalah lapisan yang tersusun dari *calcareous shale* dengan lapisan tipis *limestone, siltstone, dan sandstone*. Formasi ini memiliki ketebalan ± 360 m pada bagian barat daya dan ± 915 meter di bagian timur laut *basin Scotia*.
- f. Formasi *Laurentian* merupakan formasi sedimentasi dari “*progradational wedge*” pada zaman kuartar dan pliosen. Bagian tertebal berada pada bagian luar dan dalam lereng, terdapat ± 1500 m lapisan *glaciomarine sand, marine sand, siltstone, dan shale*.
- g. Formasi *Abenaki* adalah formasi yang terbagi menjadi empat yaitu *Scatarie, Misaine, Bacaro, dan Artimon*. Formasi ini terbentuk dari lapisan *limestone* yang memiliki sekuen seismik yang kompleks.
- h. Formasi *Missisauga* adalah fokus dari penelitian ini yang terdiri dari batuan *limestone, shale, dan didominasi oleh lapisan sandstone*.
- i. Formasi *Logan Canyon* memiliki ketebalan sekitar $\pm 2,5$ km dan dibagi menjadi empat empat bagian yang dua diantaranya didominasi oleh *shale*.

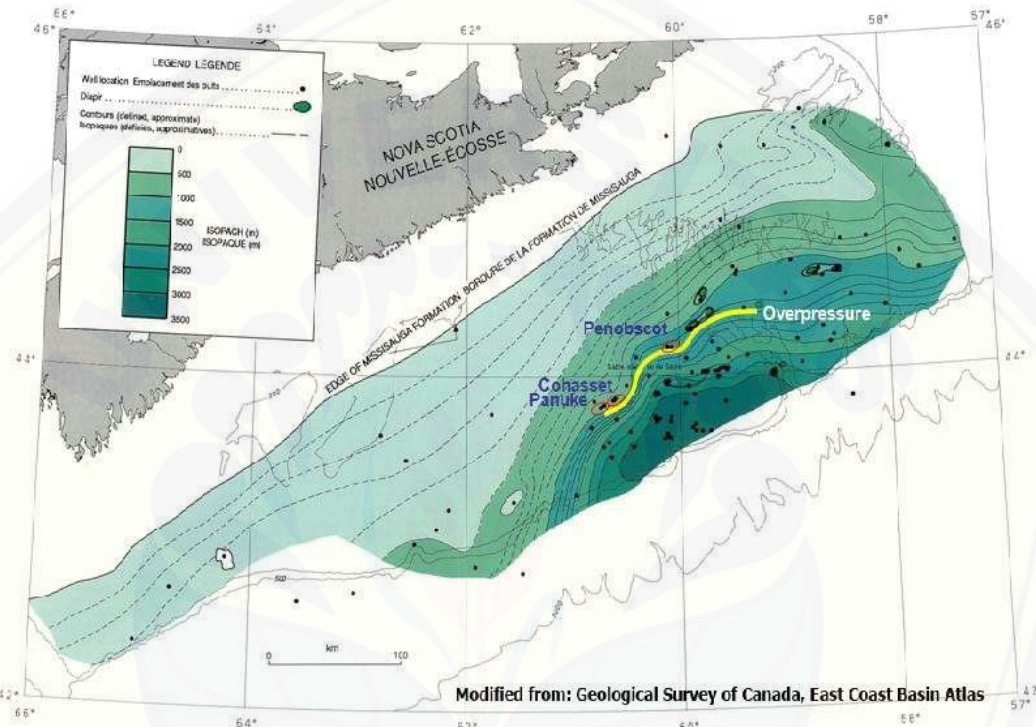
- j. Formasi *Dawson Canyon* terdiri dari batuan *marine shale*, batu kapur, dan sejumlah kecil *limestone* yang terendapkan di seluruh *basin Scotia* selama *cretaceous* akhir.
- k. Formasi *Wyandot* adalah formasi yang tersusun atas batu kapur, *mudstone* kapuran (*chalky mudstones*), *marl* dan sedikit *limestone*.
- l. Formasi *Banquereau* merupakan sedimentasi yang terdapat diantara bagian atas formasi *Wyandot* dan bagian atas formasi *Cenozoic*. Formasi ini memiliki ketebalan dari nol hingga empat kilometer.



Gambar 2.3 Stratigrafi Regional Lapangan Eksplorasi (Sumber: Nova Scotia Departement of Energy, 2011)

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 sebagian dalam *Sable Sub Basin* (Nova Scotia Departement of Energy, 2011).



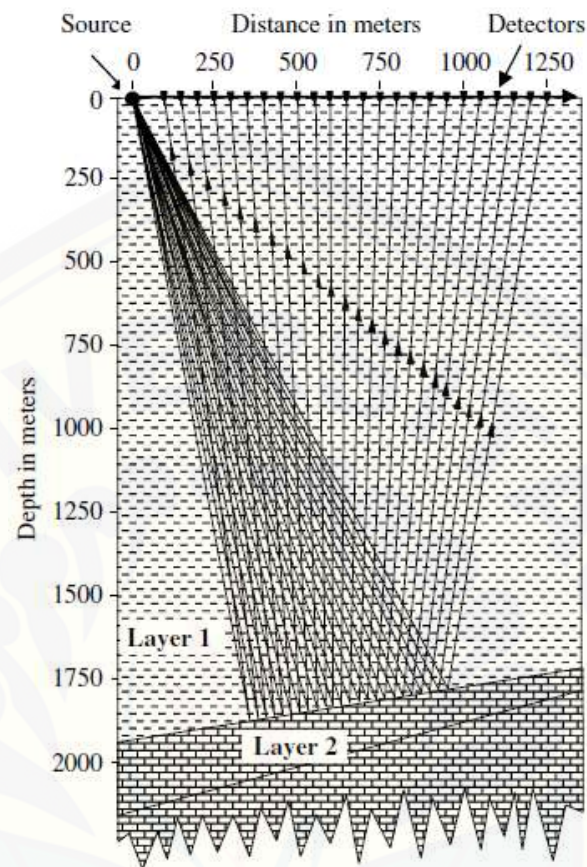
Gambar 2.4 Peta *Isopach* Formasi *Missisauga* (Sumber : Nova Scotia Departement of Energy, 2011)

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 punggungan *Missisauga* (*Missisauga Ridge*). Reservoir hidrokarbon pada lapangan eksplorasi ini berada pada *Formasi Missisauga Tengah* dan *Bacaro* 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. Patahan pada

basement yang terjadi sepanjang punggung *Missisauga* dapat memberikan jalur untuk air hidrotermal yang dapat membentuk prositas yang baik. Sedangkan *trap* atau batuan penutup sebagai perangkap hidrokarbon diprediksi berupa serpih klastik dari *Sable Delta* yang pengendapannya berlangsung pada periode akhir *Jurassic* (Nova Scotia Departement of Energy, 2011).

2.2 Metode Seismik Refleksi

Metode seismik refleksi dilakukan dengan memberikan energi sumber (*dynamite or air gun*) digunakan untuk memproduksi gelombang seismik (serupa dengan suara) yang merambat kedalam bumi kemudian terefleksi ke permukaan bumi dan diterima oleh detektor berupa gerakan di darat atau tekanan di laut. Detektor merubah variasi gerakan atau tekanan kedalam listrik yang direkam oleh instrument elektronik. L Palmiere membangun seismograf pertama pada tahun 1855. Seismograf adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi atau merekam gempa. Perangkat ini mampu menjemput dan merekam getaran bumi yang terjadi selama gempa. Pada tahun 1921, teknologi ini digunakan untuk mencari lokasi formasi minyak dibawah permukaan bumi. Data seismik refleksi ditampilkan sebagai rekaman seismik yang terdiri dari berbagai tras-tras seismik. Sebuah tras seismik, sering di tunjukkan sebagai sebuah “*wiggly line*” yang mempresentasikan respon dari detektor seismik tunggal ke pergerakan bumi disebabkan oleh kedatangan energi seismik (Gadallah dan Fisher, 2009).



Gambar 2.5 Metode Seismik Refleksi (Sumber : Gadallah dan Fisher, 2009)

2.2.1 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. Metode pasif adalah gangguan yang muncul terjadi secara alamiah, contohnya gempa, longsor, runtuh, dan lain-lain (Shearer, 2009).

Gelombang seismik termasuk dalam gelombang elastik karena medium yang dilalui yaitu bumi bersifat elastik. Oleh karena itu sifat penjalaran gelombang seismik

bergantung pada elastisitas batuan yang dilewatinya. Teori lempeng tektonik telah menjelaskan bagaimana pergerakan dari lempeng bumi. Pergerakan lempeng bumi menyebabkan batuan berubah bentuk (deformasi) dan ukuran. Deformasi akibat pergerakan lempeng ini berupa tegangan dan regangan (Gadallah dan Fisher, 2009).

Tegangan didefinisikan sebagai gaya persatuan luas. Gaya merupakan perbandingan dari besar gaya terhadap luasan dimana gaya tersebut diberikan. Gaya yang diberikan tegak lurus terhadap benda maka tegangan tersebut normal, jika gaya berarah tangensial terhadap luas maka tegangan tersebut tegangan geser, dan jika tidak tegak lurus maupun paralel maka gaya tersebut dapat diuraikan ke komponen yang paralel dan tegak lurus terhadap elemen luas. Persamaan matematis dari tegangan (σ)

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

dimana, σ = tegangan (N/m^2)

F = gaya (N)

A = luas penampang (m^2)

Benda elastis yang mengalami tegangan akan berubah bentuk dan dimensinya. Perubahan tersebut disebut regangan. Regangan merupakan jumlah deformasi material persatuan luas. Hukum *Hooke* menyatakan bahwa tegangan akan sebanding dengan regangan pada batuan.

$$\varepsilon = \sigma/E \quad (2.2)$$

dimana, ε = regangan

σ = tegangan (N/m^2)

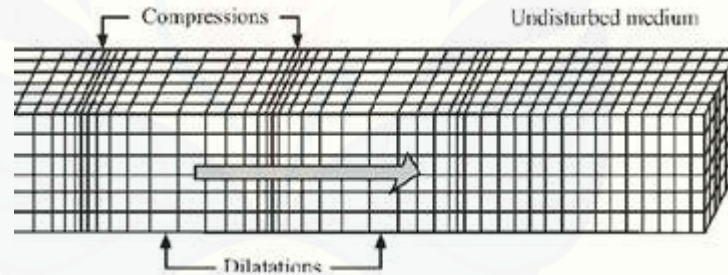
E = parameter modulus elastisitas atau modulus Young (N/m^2)

regangan (e) dan tegangan (σ) merupakan besaran tensor, sedangkan C adalah konstanta yang berupa matriks (tensor) yang menentukan sifat dasar elastisitas dari batuan, parameter merupakan parameter elastik bebas yang dapat mencirikan sifat elastisitas batuan (Sherear, 2009).

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

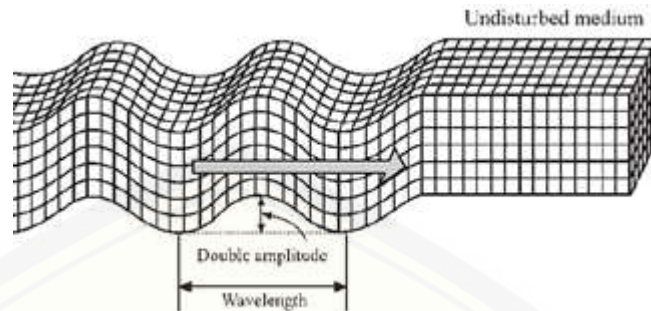
a. Gelombang Badan / *Body Wave*

Gelombang badan adalah gelombang yang menjalar dalam media elastik dan arah perambatannya ke seluruh bagian di dalam bumi. Berdasarkan gerak partikel pada media dan arah penjarannya gelombang dapat dibedakan menjadi gelombang P dan gelombang S. Gelombang P disebut dengan gelombang kompresi/gelombang longitudinal. 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. 6 Gelombang P (Sumber : Sherrif dan Gendart, 1995)

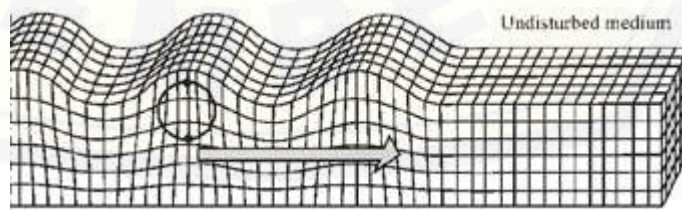
Gelombang S disebut juga gelombang *shear* / gelombang transversal. Gelombang ini memiliki cepat rambat yang lebih lambat bila dibandingkan dengan gelombang P dan hanya dapat merambat pada medium padat saja. Gelombang S tegak lurus terhadap arah rambatnya (Telford et al, 1990).



Gambar 2. 7 Gelombang S (Sumber : Sherrif dan Gendart, 1995)

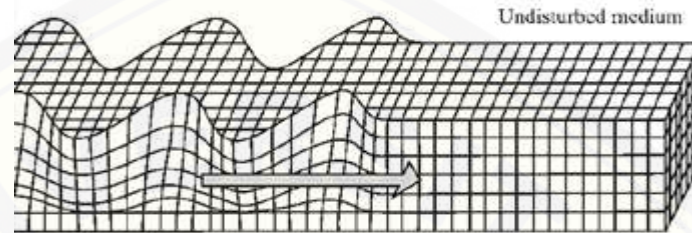
b. Gelombang Permukaan / *Surface Wave*

Gelombang permukaan merupakan salah satu gelombang seismik selain gelombang badan. Gelombang ini ada pada batas permukaan medium. Berdasarkan pada sifat gerakan 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 dari 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 penjarannya. Gelombang jenis ini adalah gelombang permukaan yang terjadi akibat adanya interferensi antara gelombang tekan dengan gelombang geser secara konstruktif (Shearer, 2009).



Gambar 2.8 Gelombang *Reyleigh* (sumber : Shearer, 2009)

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



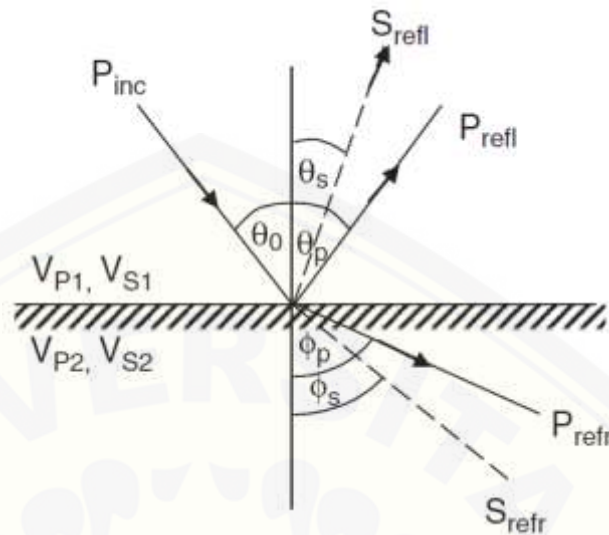
Gambar 2.9 Gelombang *Love* (Sumber : Gadallah and Fisher, 2009)

2.2.2 Teori Perambatan Gelombang

Teori yang mendasari perambatan gelombang sebagai berikut :

a. Hukum Snellius

Gelombang seismik ketika melalui lapisan batuan dengan impedansi akustik yang berbeda dari lapisan batuan yang dilalui sebelumnya, maka gelombang akan terbagi. Gelombang tersebut sebagian terefleksikan kembali ke permukaan dan sebagian diteruskan merambat dibawah permukaan. Penjararan 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 mengenai permukaan bidang batas antara dua medium berbeda akan menimbulkan gelombang refraksi dan refleksi (Sherrif dan Gendart, 1995).



Gambar 2.10 Refleksi dan Refraksi dari *incident* Gelombang P (Sumber : Gadallah dan Fisher, 2009)

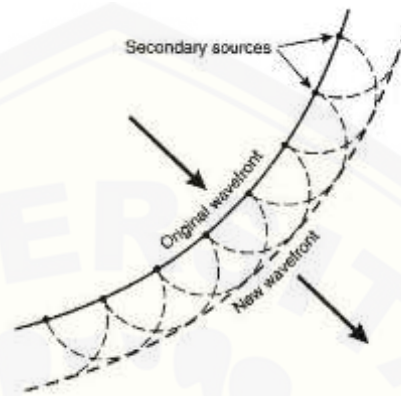
Menurut Sherrif dan Gendart pada bukunya yang berjudul “*Exploration Seismology*” pada tahun 1995, sebagian energi gelombang akan dipantulkan sebagai gelombang P dan gelombang S, serta sebagian lagi akan diteruskan sebagai gelombang P dan Gelombang S. Hukum Snellius dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\frac{v}{\sin i} = \frac{v_{p_1}}{\sin \theta_p} = \frac{v_{p_2}}{\sin r_p} = \frac{v_{s_1}}{\sin \theta_s} = \frac{v_{s_2}}{\sin r_s} \quad (2.5)$$

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 *wavelet* sekunder. Prinsip Huygens mengungkapkan sebuah mekanisme dimana sebuah pulsa seismik akan

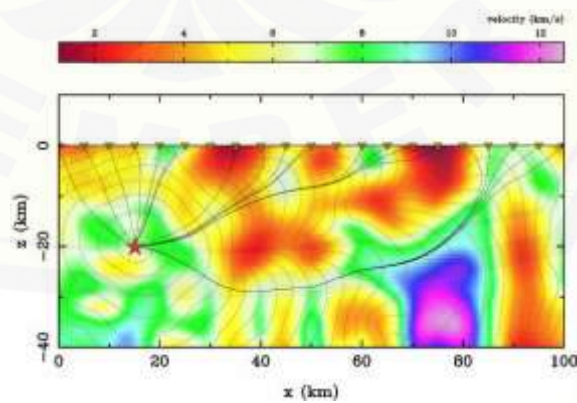
kehilangan energi seiring dengan bertambahnya kedalaman (Shearer, 2009).



Gambar 2.11 Prinsip Huygens (Sumber : Shearer, 2009)

c. Prinsip Fermat

Gelombang menjalar dari satu titik ke titik lain melalui jalan yang tersingkat waktu penjarangannya, 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 2.12 Prinsip Fermat (Sumber : Gadallah dan Fisher, 2009)

2.2.3 Impedansi Akustik

Impedansi Akustik didefinisikan sebagai kemampuan batuan untuk melewatkan gelombang seismik yang melaluinya. Impedansi akustik mencerminkan kondisi kerapatan dan kecepatan batuan yang mencerminkan karakteristik batuan itu sendiri sehingga dapat digunakan sebagai indikator lithologi ataupun porositas batuan. Semakin padat suatu batuan maka impedansi akustiknya akan semakin besar, dan sebaliknya. Secara fisis, impedansi akustik merupakan hasil dari perkalian antara kecepatan dan densitas yang dirumuskan sebagai berikut :

$$IA = \rho v \quad (2.6)$$

dimana, ρ = densitas (kg/m^3)

v = kecepatan (m/s)

IA = impedansi akustik (kg/s.m^2)

Harga IA lebih dipengaruhi oleh kecepatan dibandingkan dengan densitas batuan karena nilai orde kecepatan lebih besar daripada orde nilai densitas. Kecepatan merambat gelombang akan bertambah seiring bertambahnya kompaktitas batuan, sedangkan frekuensi akan berkurang akibat adanya efek atenuasi (Bacon dan Redshaw, 2003).

2.2.4 Koefisien Refleksi

Koefisien refleksi merupakan hasil dari dua perlapisan yang memiliki kontras IA yang berbeda. Perubahan harga IA antar perlapisan batuan diinterpretasikan pada penampang seismik. Harga IA ini didapat dari nilai amplitudo refleksinya. Ketika gelombang seismik melalui dua media yang memiliki kontras IA maka dengan energi datang pada keadaan normal dituliskan dalam rumusan :

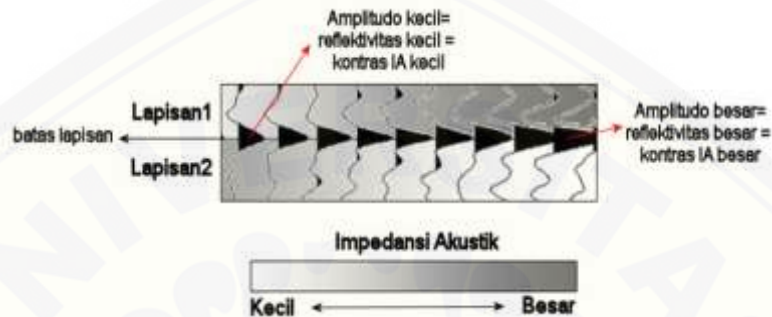
$$R_i = \frac{IA_{i+1} - IA_i}{IA_{i+1} + IA_i} \quad (2.7)$$

dimana, R_i = koefisien refleksi (KR) ke-i

IA_{i+1} = impedansi akustik lapisan ke-i+1 (Kg/s.m^2)

IA_i = impedansi akustik lapisan ke-I (Kg/s.m^2)

(Badley, 1985).



Gambar 2.13 Hubungan antara impedansi akustik, amplitudo, dan koefisien refleksi (Badley, 1985)

2.2.5 Trace Seismik

Trace seismik merupakan respon dari medan gelombang elastik terhadap kontras impedansi akustik pada batas lapisan antara dua jenis batuan. *Trace* seismik juga merupakan hasil dari konvolusi reflektifitas bumi dan wavelet, dapat dituliskan dalam rumusan berikut :

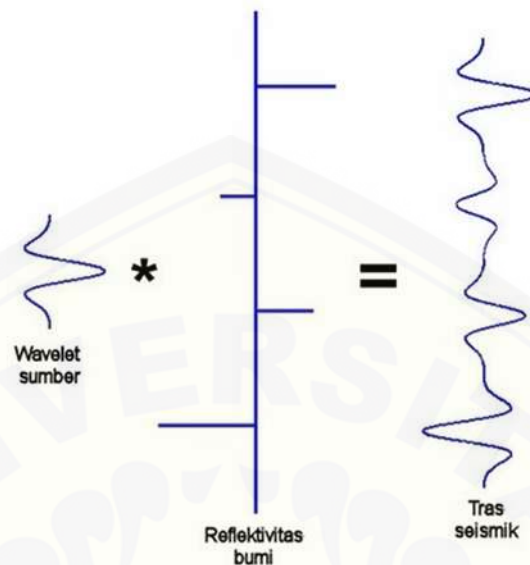
$$S(t) = W(t) * r(t) \quad (2.8)$$

dimana, $S(t)$ = *trace* seismik

$W(t)$ = *wavelet* sumber gelombang

$r(t)$ = reflektifitas bumi

* = simbol dari operasi konvolusi



Gambar 2.14 Ilustrasi Pembuatan *Trace* Seismik (Young, 2004)

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

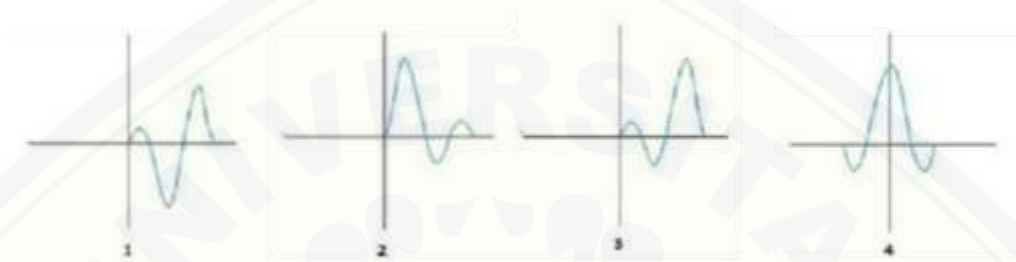
2.2.6 *Wavelet*

Wavelet adalah gelombang seismik yang memiliki komponen amplitudo, panjang gelombang, frekuensi dan fasa. *Wavelet* merupakan gelombang yang menggambarkan keadaan reflektor di bawah tanah yang terekam oleh *receiver*. Terdapat empat macam jenis fase dalam *wavelet* yaitu :

- a. *Mix phase* (Fase Campuran), merupakan *wavelet* yang energinya tidak terkonsentrasi di bagian depan maupun di bagian belakang.
- b. *Maksimum phase* (Fase Maksimum), yaitu *wavelet* yang energinya terpusat secara maksimal dibagian akhir dari *wavelet*.
- c. *Minimum phase* (Fase Minimum), yaitu *wavelet* yang energinya terkonsentrasi di depan sedekat mungkin dengan titik referensi nol ($t=0$) dan tidak ada energi sebelum $t=0$.

- d. *Zerro phase*, *wavelet* berfase nol (disebut juga *wavelet* simetris), yaitu *wavelet* yang energinya terkonsentrasi pada titik referensi nol (*peak* pada batas *acoustic impedance*). *Wavelet* ini mempunyai resolusi maksimum.

(Bacon dan Redshaw, 2003).

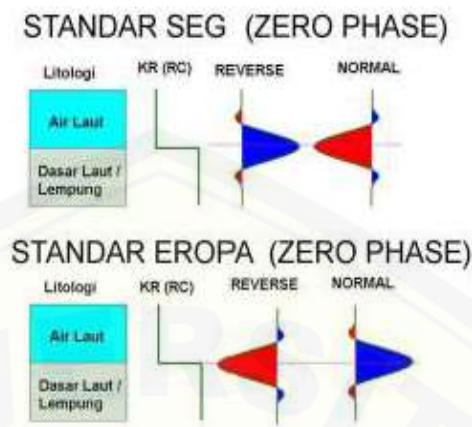


Gambar 2.15 Jenis wavelet (1) fase campuran; (2) fase maksimum; (3) fase minimum; (4) fase nol (Sumber : Bacon dan Redshaw, 2003)

2.2.7 Polaritas

Polaritas adalah penggambaran koefisien refleksi sebagai suatu bentuk gelombang yang bernilai positif atau negatif. Jika $Z_2 > Z_1$ maka akan didapatkan bentuk puncak (*peak*), dan akan mendapatkan 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*). *Society of Exploration Geophysicists* (SEG) mendefinisikan polaritas normal sebagai :

- Sinyal seismik positif akan menghasilkan tekanan akustik positif pada hidropon di air atau pergerakan awal keatas pada geopon didarat.
- Sinyal seismik yang positif akan terekam sebagai nilai negatif pada *tape*, defleksi negatif pada monitor dan palung pada penampang seismik.



Gambar 2.16 Polaritas dengan standar SEG dan standar Eropa (Badley, 1985)

Pada polaritas normal, kenaikan impedansi akustik akan digambarkan sebagai palung pada *trace* seismik, sedangkan pada polaritas negatif, kenaikan impedansi akustik akan dilambangkan dengan puncak pada *trace* seismik (Badley, 1985).

2.2.8 Resolusi Vertikal Seismik

Resolusi adalah jarak minimum antara dua obyek yang dapat dipisahkan oleh gelombang seismik dan berhubungan erat dengan fenomena interferensi. Sedangkan resolusi vertikal adalah kemampuan melihat dua benda secara vertikal. Resolusi vertikal biasa dikenal dengan istilah *tunning thickness* yang dirumuskan dengan :

$$tunning\ thickness = \frac{1}{4} \lambda = \frac{1}{4} \frac{v}{f} \quad (2.9)$$

dimana : λ = panjang gelombang (m)

v = cepat rambat gelombang (m/s)

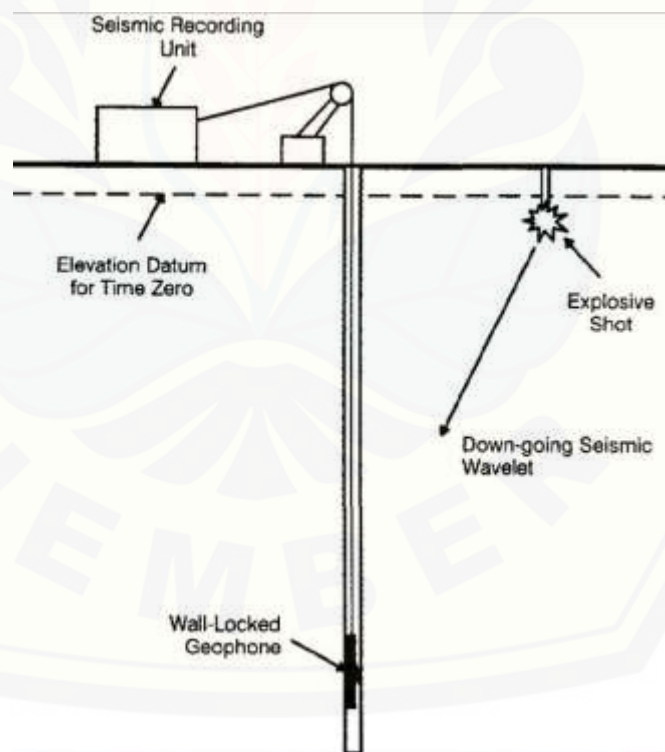
f = frekuensi (Hz)

jika ketebalan lapisan berada dibawah *tunning thickness* maka gabungan antara refleksi bidang bawah dan atas akan tampak seperti satu reflektor tunggal. Semakin

bertambahnya kedalaman, kecepatan yang bertambah tinggi, dan frekuensi yang bertambah kecil, maka *tuning thickness* akan bertambah besar (Young, 2003).

2.2.9 Survei *Checkshot*

Survei *Checkshoot* adalah survei untuk 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 *checkshoot* adalah untuk perhitungan kecepatan interval, kecepatan rata-rata, dan koreksi data sonik pada pembuatan seismogram sintetik (Gadallah dan Fisher, 2009).



Gambar 2.17 Survei *Checkshot* (Sumber: Gadallah dan Fisher, 2009)

2.3 Tinjauan Umum *Well-Logging*

Pengukuran listrik (*electrical logging*) bertujuan untuk mengetahui parameter-parameter fisik dari batuan. Secara umum *log* elektrik terbagi menjadi *Log* Radiokatif (yang terdiri dari *Log* Sinar Gamma, *Log* Neutron, dan *Log* Densitas), *Log* sonik, dan *Log* lain. Namun yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. *Log* Sinar Gamma (GR) merupakan *log* yang diukur dengan mendeteksi adanya sinar gamma yang dipancarkan oleh batuan yang mengandung unsur radiokatif (K, Th, U) seperti serpih dan lempung, oleh karena itu *log* GR ini sering digunakan untuk membedakan antara lapisan *shale* yang memiliki nilai positif dan *non shale* yang memiliki nilai negatif.
- b. *Log* Densitas memiliki prinsip kerja dengan cara memancarkan sinar gamma energi menengah ke dalam suatu formasi sehingga akan bertumbukan dengan electron-elektron yang ada. Tumbukan 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 porous 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*.

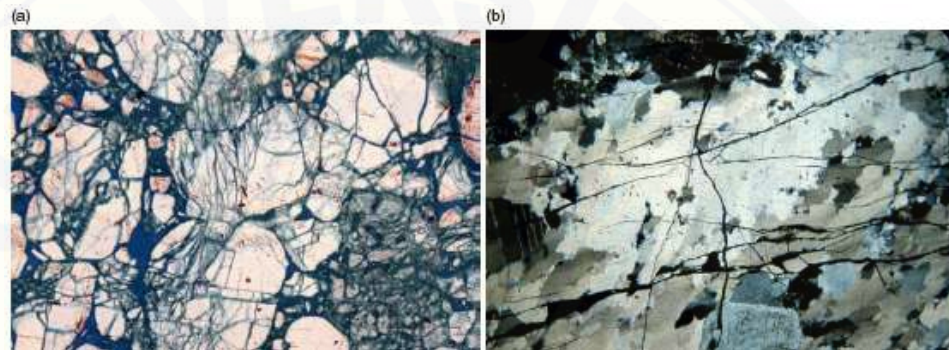
(Asquith dan Gibson, 2008).

2.4 Struktur Geologi

Struktur geologi adalah segala unsur dari bentuk arsitektur kulit bumi yang diakibatkan oleh gejala-gejala gaya endogen bumi. Terdapat tiga macam struktur geologi yaitu :

a. Kekar atau *Fracture*

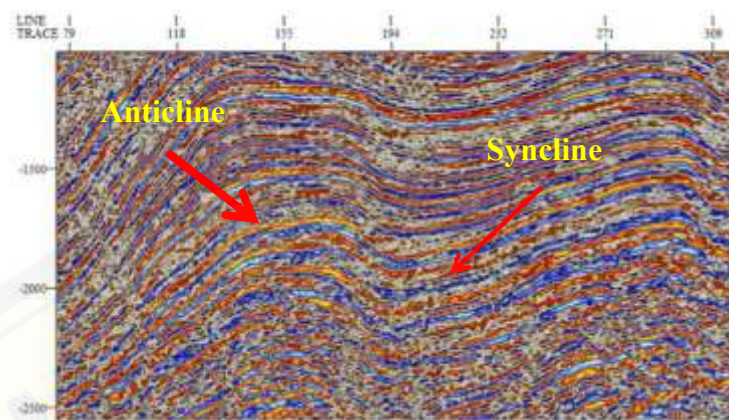
Kekar adalah suatu retakan pada batuan yang sisinya tidak mengalami pergerakan atau penggeseran (Fossen, 2010).



Gambar 2.18 (a) *Intragranular fracture in cataclastically deformed porous sandstone*, (b) *Intragranular fractures in metamorphic rock* (Sumber : Fossen, 2010)

b. Lipatan atau *Fold*

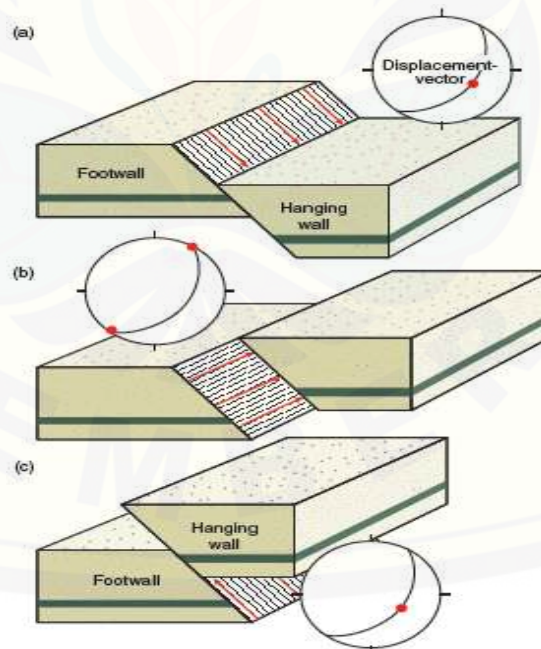
Lipatan adalah deformasi lapisan batuan yang terjadi akibat dari gaya tegasan sehingga batuan bergerak dari kedudukan semula membentuk lengkungan. Berdasarkan bentuk lengkungannya lipatan dapat dibagi dua, yaitu sinklin dan antiklin. Lipatan Sinklin adalah bentuk lipatan yang cekung ke arah atas, sedangkan lipatan antiklin adalah lipatan yang cembung ke arah atas (Van der Pluijm dan Marshak, 2004).



Gambar 2.19 Sinklin dan Antiklin pada Penampang Seismik (Sumber : Van der Pluijm dan Marshak, 2004)

c. Patahan atau *Fault*

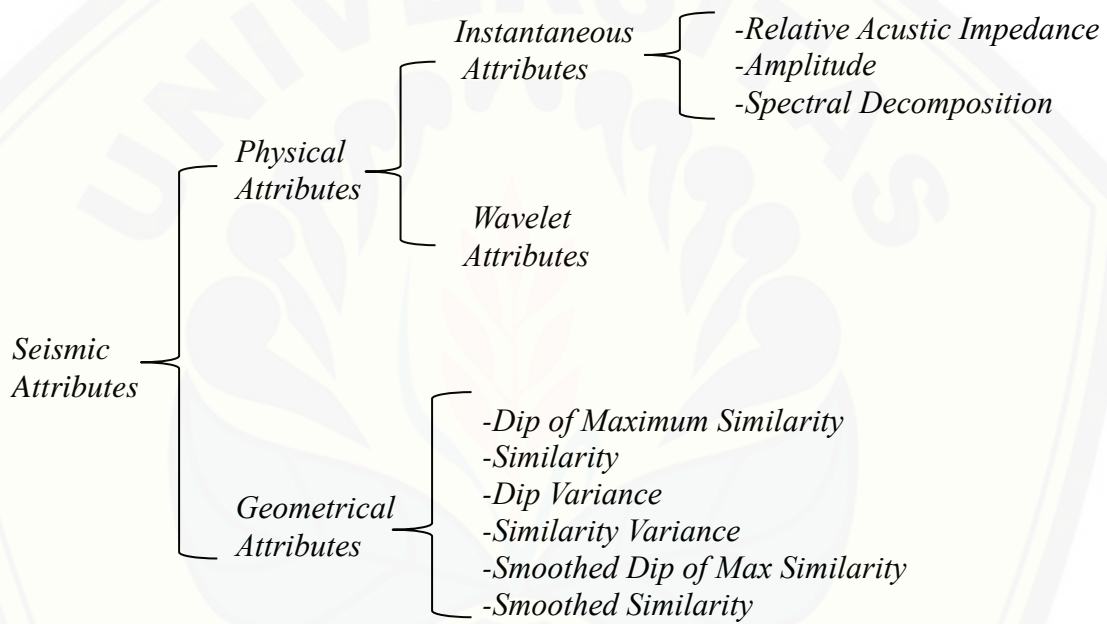
Patahan atau *fault* adalah rekahan yang mengalami geser-geseran yang jelas (Fossen, 2010).



Gambar 2.20 (a) *Normal Fault*, (b) *Strike-Slip Fault*, dan (c) *Reverse Fault* (Sumber : Fossen, 2010)

2.5 Atribut Seismik

Atribut seismik didefinisikan sebagai salah satu atau semua pengamatan yang diekstrak dari data seismik yang mana secara langsung atau tidak langsung membantu eksplorasi hidrokarbon. Seismik atribut bisa dalam bentuk kecepatan, amplitudo, waktu refleksi, dan lain-lain. Seismik atribut di bagi kedalam dua kategori secara umum yaitu atribut *geometrical* atau konfigurasi refleksi dan atribut *physical* atau karakteristik refleksi (Tanner et al, 1979).



Gambar 2.21 Klasifikasi Atribut Seismik (Sumber : Tanner et al, 1979)

2.5.1 Atribut *Physical*

Atribut *physical* digunakan untuk interpretasi karakteristik lithologi dan reservoir, dibagi kedalam dua sub kelas :

a. Atribut *Instantaneous*

Komputasi atribut dari bidang data seismik. Atribut ini dihitung dari trace analitik sehingga menunjukkan perubahan terus menerus sepanjang ruang dan waktu atribut serta merupakan atribut yang paling umum

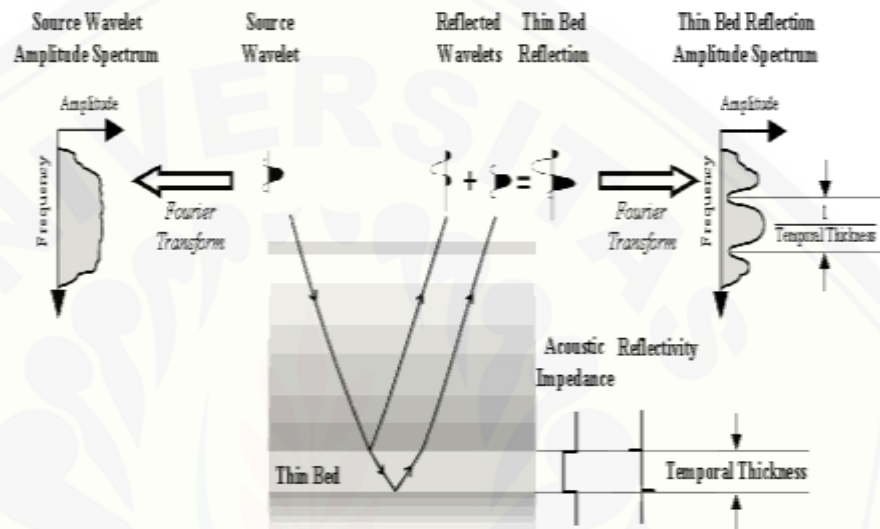
digunakan. Komputasi atribut sesaat pada *maxima* dari *trace envelope* dinamakan atribut “*principal* atau pokok”. Beberapa penulis menyebutnya” respon atribut” (Bodine,1984). Atribut ini berhubungan dengan statistik *wavelet* transformasi *forier* seperti *spectral decomposition* atau spektral dekomposisi (Robertson,1984;Bodine,1984;Barnes,1991).

Spektral dekomposisi merupakan atribut seismik yang mengacu pada metode untuk menghasilkan analisis frekuensi waktu kontinu dari *trace* seismik. Oleh karena itu sebuah spektrum frekuensi adalah output setiap *sample* dari sebuah *trace* seismik. Saat ini, dekomposisi spektral telah dilakukan di berbagai aplikasi, termasuk visualisasi stratigrafi, deteksi hidrokarbon langsung, dan terutama ketebalan lapisan determinasi (Partyka et al, 1999).

Umumnya masalah resolusi seismik adalah terkait dengan ketebalan lapisan. Secara teratur, ketebalan tempat lapisan yang harus, setidaknya seperempat dari panjang gelombang yang dominan untuk dideteksi dengan analisis tradisional seismik. Lapisan lebih tipis dari biasanya ini tidak dapat dideteksi. Dalam hal ini, dekomposisi spektral sangat berarti. transformasi *fourier diskrit* digunakan untuk memecah sinyal seismik tiga dimensi ke dalam komponen frekuensi, seperti spektrum amplitudo kedalam gambar dan peta variasi ketebalan lapisan dan fase untuk menunjukkan diskontinuitas geologi lateral (Partyka et al, 1999).

Konsep dekomposisi spektral adalah refleksi dari lapisan tipis memiliki ekspresi karakteristik dalam domain frekuensi yang merupakan indikasi dari ketebalan lapisan itu. Lapisan tipis homogen sederhana memperkenalkan prediksi dan sekuen periodik lekukan dalam spektrum amplitudo dari refleksi komposit (Gambar 2.15). Wavelet seismik, bagaimanapun, biasanya meliputi beberapa lapisan bawah permukaan, bukan hanya satu lapisan tipis sederhana. Hasil sistem berlapis ini dalam

refleksi disetel kompleks yang memiliki ekspresi domain frekuensi yang unik. Pola interferensi spektrum amplitudo dari refleksi disetel mendefinisikan hubungan antara sifat akustik dari lapisan individu yang terdiri refleksi (Partyka et al, 1999).



Gambar 2.22 Pencitraan spektral lapisan tipis (Partyka et al,1999)

b. Atribut *Wavelet*

Komputasi atribut dari data *pre-stack*, yang mana mencerminkan variasi berbagai atribut dengan titik seimbang, seperti amplitudo dan frekuensi sesaat. Jarak antara dua minima yang berdekatan disebut wavelet. Wavelet atribut mirip dengan instantaneous atribut, namun penghitungannya hanya pada puncak dari *trace envelope* sesaat (Tanner et al, 1979).

2.5.2 Atribut *Geometrical*

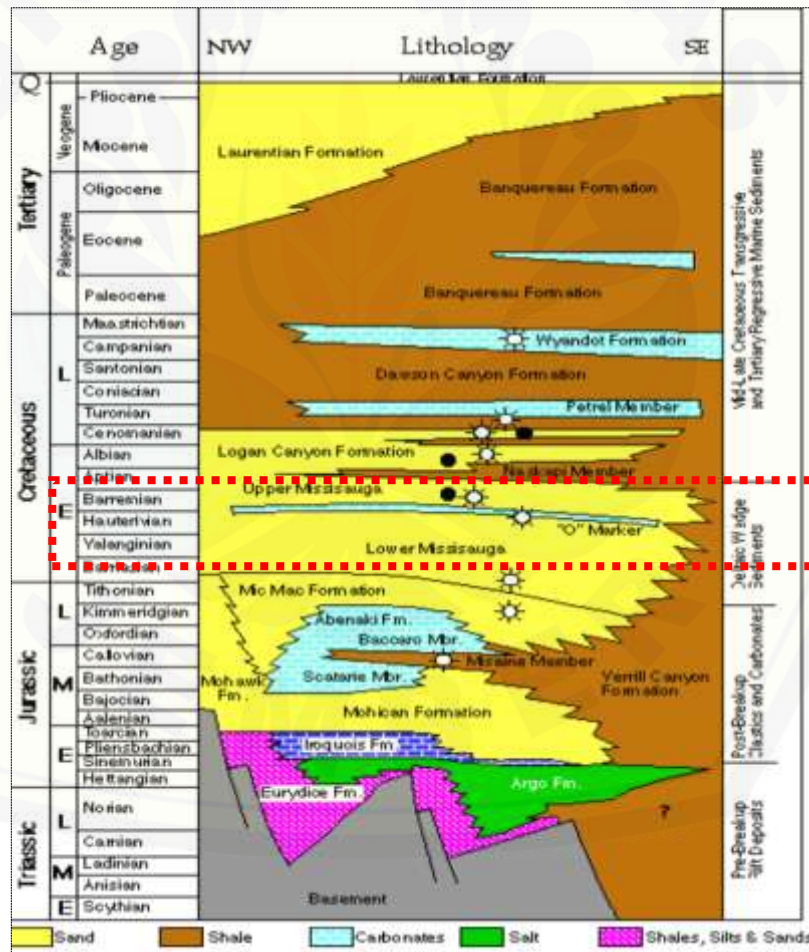
Atribut *geometrical* secara umum dimanfaatkan dalam interpretasi seismik stratigrafi dan untuk interpretasi patahan atau struktural dari volume data tiga dimensi.

Tujuannya adalah meningkatkan visibilitas untuk interpretasi dari karakteristik geometri peristiwa seismik. Informasi yang diberikan dapat meliputi *event termination*, kontinuitas, kelengkungan (*curvature*), *unconformity*, patahan (*fault*), *dip*, dan lain-lain. Daerah lapisan yang paralel atau sejajar diidentifikasi oleh dip dengan deviasi (penyimpangan) yang kecil dan koherensi (*coherence*) lateral rata-rata tinggi sepanjang jendela waktu selama *running*, sedangkan zona dip rata-rata lebih kecil menunjukkan pola lapisan paralel horizontal. Deviasi yang lebih besar dari dip yang rata-rata koherensinya lebih besar menunjukkan area lapisan divergen atau konvergen. Zona dari perubahan dip menunjukkan kemungkinan ketidakselarasan menyudut dan patahan-patahan kecil, sedangkan zona acak (*chaotic*) diidentifikasi oleh deviasi yang besar dan koherensi lateral rendah. Atribut geometri akan membantu atribut fisik dalam menafsirkan permukaan diskontinuitas, batas sekuen, pengaturan pengendapan, pola lapisan dan lain-lain. *Dip of Maximum Similarity* dan *similarity* digunakan sebagai indikator paralel, lapisan yang divergen atau konvergen, dan indikator zona *chaotic* (Tanner et al, 1979).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2015 sampai dengan selesai yang dilakukan di ruang akuisisi dan interpretasi data divisi *Technical Support* PT Pertamina Hulu Energi Jakarta Selatan. Penelitian difokuskan pada Formasi Missisauga Tengah seperti pada gambar 3.1 stratigrafi zona target penelitian berikut :



Zona Target

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

3.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian dengan judul “Atribut Seismik untuk Penentuan Karakterisasi Reservoir Batu Pasir Studi Kasus pada Lapangan Eksplorasi Kanada” meliputi :

1. Komputer dengan spesifikasi

Prosesor : Intel®Xeon® CPU E5-2687W 0 @3.10GHz 3.10GHz

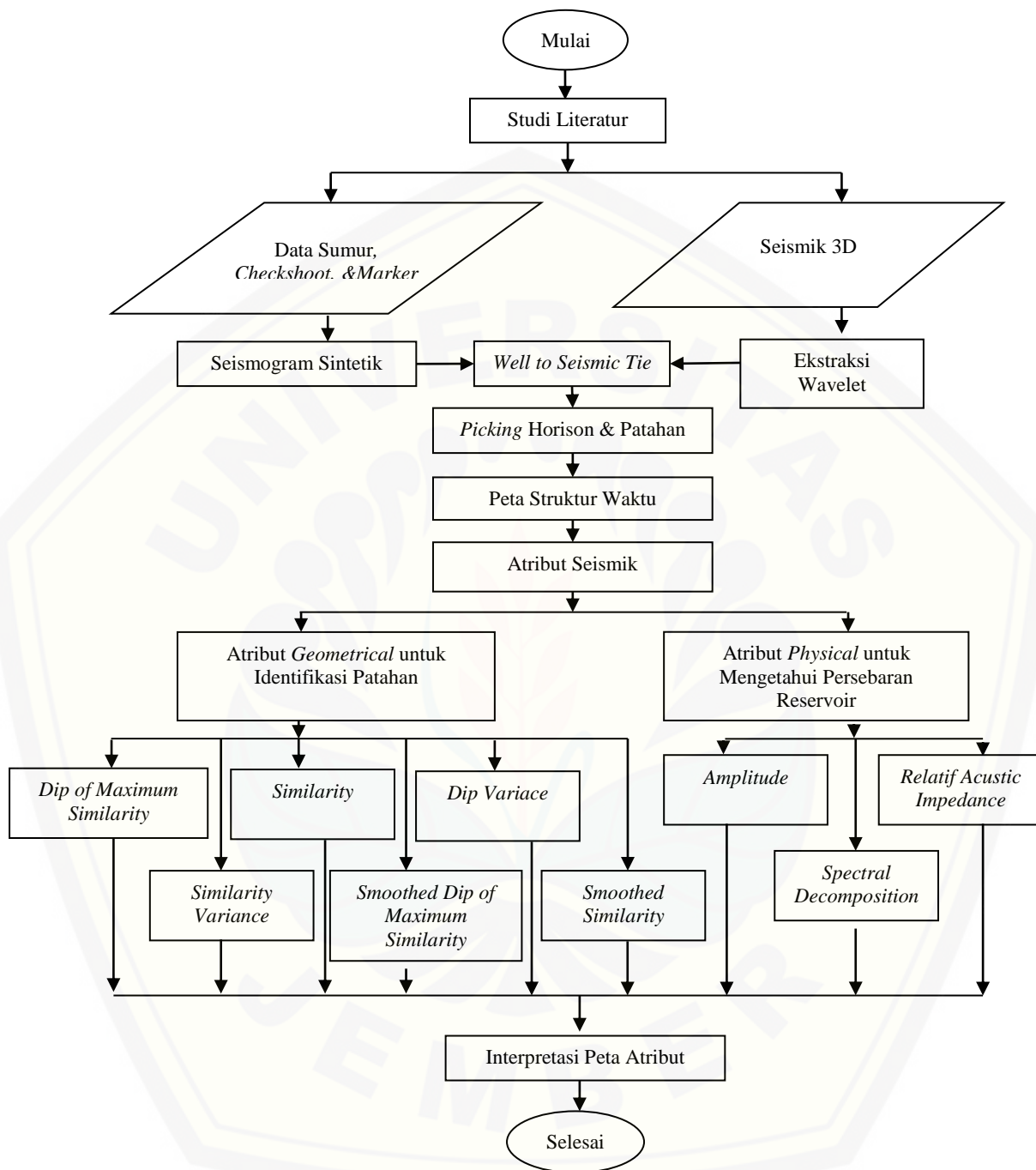
Memori : 64.0 GB

Sistem operasi : 64-bit *Operating System*

2. *Software* interpretasi yang digunakan untuk proses pengolahan data adalah *software Kingdom 2d/3dPAK-EarthPAK Version 8.7.1-64-bit* orisinal.

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 yang dilaksanakan dapat dikelompokkan menjadi empat sub bagian sebagai berikut :

3.4.1 Studi Literatur

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

3.4.2 Persiapan Data

Data yang perlu dipersiapkan dalam penelitian meliputi sebagai berikut:

1. Data seismik 3D merupakan data masukan primer dalam domain waktu.
2. Data sumur merupakan data *well-logging* yang memiliki domain kedalaman dan memiliki informasi tentang lithologi bawah permukaan bumi.
3. Data *checkshot* digunakan untuk menghubungkan waktu *versus* kedalaman yang nantinya akan digunakan untuk mengikat data sumur terhadap data seismik pada proses *well to seismic tie*.
4. Data *marker* merupakan data batas dari tiap-tiap formasi atau *zona interest*.

3.4.3 Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan meliputi sebagai berikut :

1. *Input Data*

Data yang dimasukkan kedalam aplikasi *software kingdom* berupa data seismik 3D, data sumur, data *checkshot*, dan data *marker*

2. *Well to Seismic Tie*

Proses *well to seismic tie* dilakukan untuk memadukan data sumur yang berada pada domain kedalaman dengan data seismik yang berada pada domain waktu. Sehingga data *marker* dari sumur dapat digunakan untuk penentuan horizon *interest* pada data seismik. Data sumur yang akan dikorelasikan dengan

data seismik adalah dalam bentuk seismogram sintetik yang dibuat dengan mengkonvolusikan koefisien refleksi dengan wavelet. Proses *well to seismic tie* dapat menghasilkan data yang baik jika dilakukan proses *stretching*, *squeezing*, dan *shifting*. *Stretching dan squeezing* adalah proses meregangkan atau merapatkan *trace* seismik agar sesuai dengan *trace* sintetik, sedangkan *shifting* adalah cara untuk memindahkan atau menarik seluruh komponen seismogram sintetik ke tempat yang di inginkan sesuai dengan data *trace* seismiknya.

3. *Picking* Patahan

Patahan atau *Fault* adalah rekahan pada batuan yang mengalami pergeseran. Dalam *line* seismik, patahan/sesar digambarkan dengan adanya titik perpotongan horison pada seismik dengan bidang patahan. *Picking* pada daerah patahan dilakukan dari garis patahan horison yang terlihat cukup jelas lalu diteruskan ke arah bawah (secara vertikal). *Picking* patahan ini penting karena adanya struktur sesar atau patahan dapat mengakibatkan perbedaan waktu tempuh gelombang pada horison yang sama. Alasan tersebut juga digunakan sebagai acuan dilakukannya *picking* sesar terlebih dahulu sebelum *picking* horison.

4. *Picking* Horison

Picking horison digunakan untuk menganalisis daerah geologi studi secara struktural dan stratigrafi. *Picking* horison dilakukan dengan cara menarik garis kemenerusan satu lapisan pada setiap *inline* dan *crossline*. Sebelum melakukan *picking* dianjurkan untuk menampilkan hasil *well to seismic tie* untuk mengetahui horison 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* horison selanjutnya. Ketika melakukan *picking* sebaiknya berhenti pada daerah yang memiliki struktur patahan agar dapat mengetahui sobekan yang diakibatkan patahan terhadap perbedaan ketinggian horison seismik.

5. Pembuatan Peta Struktur Waktu / Peta Kontur

Peta Struktur waktu dibuat berdasarkan hasil *picking* dari horison yang ditunjukkan untuk melihat struktur dari daerah yang telah kita *picking*. Pada peta struktur waktu menunjukkan struktur daerah penelitian. Waktu yang rendah menandakan daerah tersebut berada pada topografi yang tinggi. Peralihan warna menunjukkan perubahan ketinggian.

6. Atribut Seismik

Setelah mendapatkan hasil dari *picking* horison dan patahan, selanjutnya dapat dilakukan *running* atribut seismik pada horison yang telah *dipicking*. Parameter-parameter yang dimasukkan adalah lebar jendela waktu dan jenis atribut. Setelah proses *running* maka diperoleh hasil berupa peta atribut yang mengindikasikan adanya patahan dan peta atribut yang menentukan persebaran reservoir batu pasir.

3.4.4 Analisis

Analisis yang dilakukan dalam penelitian meliputi :

1. Analisis Resolusi Vertikal *Tuning Thickness*

Analisis *tuning thickness* bertujuan untuk menentukan ketebalan minimum yang dapat di deteksi oleh gelombang seismik. Secara umum *tuning thickness* di rumuskan seperti persamaan 2.9.

2. Analisis *log* Sumur, *wavelet*, dan *well to seismic tie*

Analisis *log* sumur dilakukan untuk mengetahui karakter dari zona reservoir target yang akan di cari. Analisis *wavelet* dilakukan untuk mengetahui *wavelet* yang digunakan sebagai salah satu bahan acuan untuk melakukan *well tie*. Analisis *well to seismic tie* dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara data sumur dengan data seismik.

3. Analisis Peta Struktur Waktu / Peta Kontur

Analisis peta struktur waktu berkaitan dengan hubungan antara pewarnaan dan topografi daerah penelitian.

4. Analisis Peta Atribut

Analisis peta atribut seismik berkaitan dengan patahan dan persebaran reservoir batu pasir yang dapat terlihat anomalnya dengan menggunakan atribut seismik.

3.4.5 Kesimpulan

Setelah diperoleh hasil peta atribut seismik pada Formasi *Missisauga* Lapangan Eksplorasi maka akan diketahui adanya anomali patahan dan persebaran reservoir batu pasir pada formasi tersebut.