

**KARAKTERISASI SESAR *SEALING* DAN *NON SEALING*
DENGAN METODE SEISMIK INVERSI
IMPEDANSI AKUSTIK DAN *SHALE GOUGE RATIO*
PADA LAPANGAN TEAPOT DOME U.S.A**
(Skripsi)

Oleh
Ahmad Ghifari Ardiansyah



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2018**

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF *SEALING FAULT* AND *NON SEALING* WITH SEISMIC INVERSION METHOD OF ACOUSTIC IMPEDANCE AND *SHALE GOUGE RATIO* ON TEAPOT DOME U.S.A FIELD

By

AHMAD GHIFARI ARDIANSYAH

Seismic attribute methods of amplitude and extract value can be used to delineate fractures into potential traps in a hydrocarbon reservoir. To characterize fault is done using inverse seismic method of acoustic impedance which use seismic data and well data as control. The result of the extract value attribute map shows the type of fault in the research area that is reverse fault. The reverse fault on the north side of the research area has the quality of sealing that become the place where the hydrocarbon trapped by the impermeable layer above it. The characteristic of sealing on the reverse fault on the north side of the research area is also reinforced by the enormity of the porosity value around the reverse fault when compared to the surrounding area. The result of inversion of acoustic impedance in Crow Mountain Formation shows low acoustic impedance value which is about 35,000 (ft / s) * (g / cc) to 38,000 (ft / s) * (g / cc). The effect of reverse fault which divides the research area into two dome can be seen in the inversion result which shows the lower acoustic impedance value on the north side of the research area. The lithology contained in Crow Mountain Formation consists of sandstone and dolomite inserts with effective porosity value at G-1 well is 0.108, G-2 well is 0.079. Shale Gouge Ratio at A4 fault is 58.4% and B fault is 26.9% also affects that the fault in this study has the characteristic of sealing hydrocarbon and in this research there is no non sealing faults.

Keyword :Fault, Reverse Fault, Acoustic Impedance, Shale Gouge Ratio

ABSTRAK

KARAKTERISASISESARSEALING DAN NON SEALING DENGAN METODE SEISMIK INVERSI IMPEDANSI AKUSTIK DAN SHALE GOUGE RATIOPADA LAPANGAN TEAPOT DOME U.S.A

Oleh

AHMAD GHIFARI ARDIANSYAH

Metode seismik atribut amplitude dan *extract value* dapat digunakan untuk mendeliniasi patahan yang menjadi perangkap potensial dalam suatu reservoir hidrokarbon. Untuk mengkarakterisasi sesar dilakukan metode inverse seismic impedansi akustik yang dilakukan dengan menggunakan data seismik dan data sumur sebagai kontrolnya. Hasil peta atribut *extract value* menunjukkan patahan pada daerah penelitian yaitu *reverse fault*. *Reverse fault* di sisi utara daerah penelitian bersifat *sealing* yang menjadi tempat terperangkapnya hidrokarbon oleh lapisan impermeabel di atasnya. Sifat *sealing* pada *reverse fault* di sisi utara daerah penelitian juga diperkuat dengan besarnya nilai porositas di sekitar *reverse fault* bila dibanding daerah disekitarnya. Hasil inversi impedansi akustik pada Formasi *Crow Mountain* menunjukkan nilai impedansi akustik yang rendah yaitu berkisar 35.000 (ft/s)*(g/cc) hingga 38.000 (ft/s)*(g/cc). Pengaruh *reverse fault* yang membagi daerah penelitian menjadi dua *dome* dapat terlihat pada hasil inversi yang menunjukkan nilai impedansi akustik yang lebih rendah di sisi utara daerah penelitian. Litologi yang terdapat pada Formasi *Crow Mountain* terdiri dari batu pasir dan sisipan *dolomite* dengan nilai porositas efektif pada sumur G-1 sebesar 0.108, sumur G-2 sebesar 0.079. Nilai *Shale Gouge Ratio* pada sesar A sebesar 58.4% dan sesar B sebesar 26.9% juga mempengaruhi bahwa sesar pada penelitian ini bersifat penyekat hidrokarbon (*Sealing*) dan dalam penelitian ini tidak terdapat sesar/patahan yang bersifat *non sealing*.

Kata Kunci : Patahan, Reverse Fault, Impedansi Akustik, Shale Gouge Ratio

**KARAKTERISASI SESAR SEALING DAN NON SEALING
DENGAN METODE SEISMIK INVERSI IMPEDANSI
AKUSTIK DAN *SHALE GOUGE RATIO*
PADA LAPANGAN TEAPOT DOME U.S.A**

Oleh

AHMAD GHIFARI ARDIANSYAH

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2018**

Judul Skripsi

: **KARAKTERISASI SESAR *SEALING* DAN
NON SEALING DENGAN METODE SEISMIK
INVERSI IMPEDANSI AKUSTIK DAN *SHALE*
GOUGE RATIO PADA LAPANGAN TEAPOT
DOMO U.S.A**

Nama Mahasiswa

: **Ahmad Ghifari Ardiansyah**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1215051003

Program Studi

: Teknik Geofisika S-1

Jurusan

: Teknik Geofisika

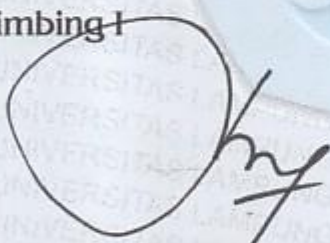
Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



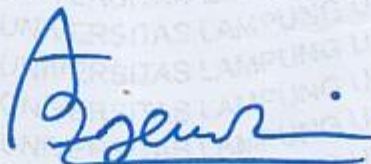
Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.
NIP 19700120 200003 1 001

Pembimbing II



Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.
NIP 19750911 200012 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika



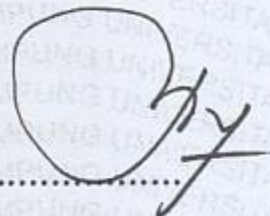
Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.
NIP 19720928 199903 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.**



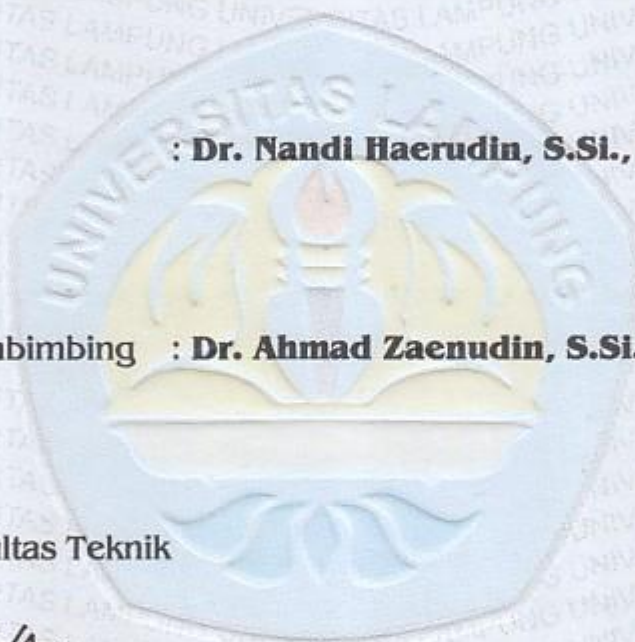
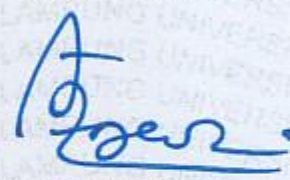
Sekretaris

: **Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **31 Januari 2018**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan juga bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandarlampung, 7 Februari 2018

Penulis,



Ahmad Ghifari Ardiansyah

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 18 September 1994. Merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Ir.Hi.Kamal Fitri dan Ibu Dra.Hj.Nurhayani, M.Pd. Rekam jejak akademis penulis dimulai dari TK Cendrawasih Bandar Lampung pada tahun 1999 sampai dengan tahun 2000. Kemudian dilanjutkan ke tingkat sekolah dasar di SDN 2 Rawa Laut Bandar Lampung pada tahun 2000 sampai dengan tahun 2006. Lalu penulis melanjutkan ke tingkat sekolah menengah pertama di SMPN4 Bandar Lampung pada tahun 2006 sampai dengan tahun 2009. Kemudian dilanjutkan ke tingkat sekolah menengah atas di SMAN 1 Bandar Lampung mulai tahun 2009 sampai dengan tahun 2012. Pada tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.

Selama menjalankan masa studi di Universitas Lampung, penulis juga aktif di berbagai organisasi kemahasiswaan kampus. Pada periode 2013–2014 penulis memulai berorganisasi sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana (HIMA TG BHUWANA) Universitas Lampung dan sebagai anggota Bidang Saintek dan Menjadi Staf Dinas Eksternal Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Lampung. Pada tahun 2013-2014 penulis tercatat sebagai *Member of Society of Exploration Geophysics (SEG)* Universitas

Lampung divisi internal dan Pada Tahun 2015 Menjadi Ketua Divisi *Visit Company Society of Exploration Geophysics* (SEG) Universitas Lampung.

Pada tahun 2015 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Negeri Agung, Kecamatan Marga Tiga, Kabupaten Lampung Timur. Lalu pada Oktober 2015 melaksanakan Kerja Praktek selama satu bulan di Badan Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumber Daya Mineral “LEMIGAS”, Jakarta dengan judul laporan “Pengolahan Data Seismik Laut 2D untuk Mengetahui Penampang Bawah Permukaan Pada Lapangan ‘EXE’ Laut Tarakan”. Selanjutnya pada Desember 2016-Februari 2017 penulis melaksanakan Tugas Akhir di Badan Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumber Daya Mineral “LEMIGAS”, Jakarta sebagai bahan untuk mendukung penulisan Skripsi. Sehingga penulis dapat menyelesaikan jenjang perguruan tinggi dengan menamatkan program sarjana melalui skripsi dengan judul “Karakterisasi Sesar *Sealing* Dan *Non Sealing* Dengan Metode Seismik Inversi Impedansi Akustik Dan *Shale Gouge Ratio* Pada Lapangan Teapot Dome U.S.A”.

*SEBUAH KARYA KECIL INI KU
PERSEMBAHKAN TERUNTUK
PAPA DAN MAMA YANG KUCINTAI
SERTA KAKAK-KU YANG KUBANGGAKAN*

MOTTO

"Pendidikan merupakan perlengkapan paling baik untuk hari tua."

-Aristoteles

"Apabila Anda berbuat kebaikan kepada orang lain, maka Anda telah berbuat baik terhadap diri sendiri."

-Benyamin Franklin

"Mereka berkata bahwa setiap orang membutuhkan tiga hal yang akan membuat mereka berbahagia di dunia ini, yaitu; seseorang untuk dicintai, sesuatu untuk dilakukan, dan sesuatu untuk diharapkan."

-Tom Bodett

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).

Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap."

-QS. Al-Insyirah,6-8

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul "Karakterisasi Sesar *Sealing* Dan *Non Sealing* Dengan Metode Seismik Inversi Impedansi Akustik Dan *Shale Gouge Ratio* Pada Lapangan Teapot Dome U.S.A" ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam senantiasa terlimpah kepada Nabi Muhammad SAW, beserta segenap keluarga, sahabat dan pengikut setia beliau.

Skripsi ini merupakan syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Selain itu, dengan adanya penelitian ini penulis bias memahami fenomena-fenomena nyata yang terjadi di alam serta dapat mengaplikasikan teori yang sudah diperoleh selama kuliah pada kegiatan eksplorasi yang sebenarnya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, diperlukan saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan ke depannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 7 Februari 2018

Ahmad Ghifari Ardiansyah ghifari94@gmail.com

SANWACANA

Puji syukur dan terimakasih tertinggi penulis tujukan kepada ALLAH SWTatas segala rahmat, nikmat, karunia, dan hidayah-Nya yang tidak dapat dihitng dalam memberikan kesempatan dan kekuatan kepada hamba-Nya untuk belajar dan menyelesaikan masa studi pendidikan tinggi dengan melancarkan dan menguatkan selama proses studi serta dalam penyusunan dan penyelesaian Skripsi dengan judul "Karakterisasi Sesar *Sealing* Dan *Non Sealing* Dengan Metode Seismik Inversi Impedansi Akustik Dan *Shale Gouge Ratio* Pada Lapangan Teapot Dome U.S.A".

Tentu dalam perjalanan memulai, menyusun dan menyelesaikan skripsi ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada banyak pihak yang telah membantu dalam segala hal secara luar biasa, baik bantuan materiel maupun imateriel. Terimakasih saya sampaikan kepada:

1. Allah SWT atas berkat,nikmat dan karunia-Nya sampai detik ini.
2. **PapaKamal Fitri** dan **MamaNurhayani**, Kedua Orang Tuayangselalu memberikan kasih sayang, semangat serta doa yang diberikan terus menerus.SemogaAllah SWT selalu melimpahkan keberkahan dan kesehatan padapapa dan mama serta keluarga selalu diberkati oleh Allah SWT.
3. **Ahmad Fajar Apriyaldi**, yang selalu memberikan masukandan memotivasi penulis agar dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga abang sukses dengan pekerjaannya.

4. Badan Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumber Daya Mineral “LEMIGAS”, Jakarta.sebagai institusi yang telah memberikan penulis kesempatan untuk melaksanakan tugas akhir.
5. **Bapak Widyo Purnomo** , selaku Pembimbing Lapangan Tugas Akhir yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan berbagi ilmu selama proses pengerjaan tugas akhir.
6. **Bapak Humbang Purba** selaku pembimbing lapangan dan teman teman magang di Lemigas yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan berbagi banyak ilmu selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
7. **Bapak Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.** selaku Pembimbing I yang telah banyak membimbing, mengoreksi dan selalu memberi masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini. Terimakasih banyak atas semua pembelajaran selama ini, Pak.
8. **Bapak Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing II yang telah memberikan banyak motivasi dan bimbingan yang sangat baik dalam penyusunan skripsi ini.
9. **Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.**selaku Penguji yang telah memberikan banyak masukan dan koreksi dengan sangat baik dalam penyusunan skripsi ini.
10. **Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.** selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang senantiasa memberikan semangat agar penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
11. Dosen-dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung; **Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., Bapak Dr. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si., Bapak**

Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T., Bapak Nandi Haerudin, M.Si., Bapak Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T., Bapak Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si., Bapak Karyanto, S.Si., M.T., Bapak Rustadi, M.T., Bapak Syamsurijal Rasimeng., M.Si., Bapak Alimuddin Muchtar, M.Si., Bapak Rahmad Catur Wibowo, M.Eng., Bapak I Gede Boy, M.Eng., yang telah memberikan banyak pembelajaran dan bantuan selama menempuh studi di Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung. Terimakasih Sangat Banyak!

12. Seluruh staff Tata Usaha Jurusan Teknik Geofisika Unila, **Pak Marsono, Pak Legino, Pak Pujono, Mbak Dhea** yang telah memberikan banyak bantuan dalam proses administrasi.
13. Keluarga besar Badan Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumber Daya Mineral “LEMIGAS”, Jakarta yang selalu ramah kepada saya dan terima kasih atas bimbingannya kepada penulis selama mengerjakan tugas akhir.
14. Angkatan TG12 (**Bari, Agus, Legowo, Vee, Andina, Andre, Ari, Azis, Bagas, Bella, Beny, Betha, Carta, Mas Ded, Suen, Onoy, Edo, Elen, Esha, Ferry, Gita, Hilman, Hanif, Fuad, Irwan, Jordy, Kukuh, Vivi, Koped, Kevin, Nuzul, Made, Medi, Albana, Nana, Niar, Dilla, Anta, Aldo, Rehana, Resti, Rival, Gata, Ucok, Sigit, Sule, Virgi, Zai, Zul**) yang telah bersama-sama memulai perjalanan ini. Bagaimanapun yang terjadi, saya sangat bersyukur diberikan kesempatan untuk mengenal, berbagi tawa maupun resah bersama kalian tanpa terkecuali. Terimakasih Ciloko Rolas.
15. Keluarga “**FORMALIN**” (Forum Mahasiswa Ngeselin) **Ari, Edo, Kevin, Esha, Hilman, Dimastya (Koped), Dimas Onoy, Aldo, Agung, Irwan dan**

Jordy yang telah menjadi sahabat selama ini dan menjadi saudara yang sangat erat dalam hal suka maupun duka di dalam kampus maupun luar kampus, terimakasih untuk semua kebersamaan dan kesolidaritan yang telah kalian berikan sampai saat ini semoga kita semua sukses di masa yang akan mendatang dan tetap solid sampai kapanpun.

16. Teman-teman **Bella, Dilla, Resti, Zahidah, Medi, Betha** yang telah memberi semangat serta menjadi teman yang baik, serta memberikan motivasi selama masa perkuliahan, sukses buat kalian semua.
17. Kakak-kakak tingkat (TG08, TG09, TG10, TG11) serta adik-adik tingkat (TG13, TG14, TG15, TG16) yang telah banyak memberikan pelajaran dan membantu selama ini. Terimakasih Banyak!
18. Teman seperjuangan Tugas Akhir **M. Kevin P.B Sinulingga** yang selalu memberikan motivasi kepada penulis dan telah berjuang bersama dalam menyelesaikan penelitiannya masing-masing dan menyelesaikan skripsinya dengan baik, semoga makin sukses bisnis cateringnya.
19. Terima Kasih juga kepada **Noris Herlambang** yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini, semoga sukses kedepannya.
20. Serta teman-teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Terimakasih banyak atas semangat, support, serta doa kalian. Wish You All The Best!

Penulis mengharapkan semoga dengan adanya karya yang berupa skripsi ini dapat bermanfaat untuk kedepannya serta dapat membantu dalam proses pencarian cadangan eksplorasi migas yang baru di Indonesia.

Tentu, penulis sangat terbuka untuk menerima kritik dan saran yang membangun untuk digunakan sebagai sumber motivasi dan evaluasi serta perkembangan ilmu pengetahuan yang lebih baik. Terimakasih.

Bandarlampung, 7 Februari 2018
Penulis

Ahmad Ghifari Ardiansyah

DAFTAR ISI

	halaman
ABSTRAK	i
COVER DALAM	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
HALAMAN MOTTO	x
KATA PENGANTAR.....	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xx
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Geologi Regional dan Stratigrafi Daerah Penelitian.....	4

2.2 Stratigrafi dan Petroleum Sistem	6
2.3 Karakteristik Hidrokarbon Pada Daerah Penelitian	9

BAB III TEORI DASAR

3.1 Pengertian Metode Seismik Refleksi	10
3.2 Prinsip Pemantulan dan Pembiasan Gelombang.....	11
3.2.1 Prinsip <i>Huygens</i>	11
3.2.2 Prinsip <i>Fermat</i>	12
3.2.3 Prinsip <i>Snellius</i>	13
3.3 Interpretasi Penampang Seismik	14
3.3.1 Metode Seismik	14
3.3.2 Bising Pada Interpretasi Seismik Refleksi.....	14
3.3.3 Pemetaan Bawah Permukaan.....	15
3.4 Prinsip Dasar Analisa Struktur	16
3.4.1 Sistem Sesar	16
3.4.2 Unsur – Unsur Pada Struktur Sesar	17
3.4.3 Tipe dan Klasifikasi Sesar	18
3.5 Prinsip Dasar Inversi Seismik	21
3.5.1 Inversi Seismik <i>rekursif/bandlimited</i>	23
3.5.2 Inversi Seismik Berbasis Model (<i>model based inversion</i>)	24
3.6 Sekatan Sesar (<i>Fault Seal</i>)	24
3.6.1 Mekanisme Sekatan (<i>Sealing</i>) Sesar	25
3.6.2 Algoritma Sekatan Sesar.....	28
3.6.3 <i>Shale Gouge Ratio</i>	30

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat Penelitian	32
4.2 Persiapan Data.....	32
4.2.1 Pembuatan dan Pengaturan Database	32
4.2.2 Data Seismik 3D	33
4.2.3 Data Sumur	34
4.2.4 Data <i>Checkshot</i>	34
4.2.5 Data Marker Geologi	34
4.3 <i>Software dan Hardware</i>	34
4.4 Pengolahan Data.....	35
4.4.1 Interpretasi <i>Horizon</i>	35
4.4.2 Pembuatan Peta 2d <i>Surface Atribut</i>	36
4.4.3 Analisis Data Sumur	37
4.4.4 Ekstraksi <i>Wavelet</i> dan <i>Well Seismic Tie</i>	37
4.4.5 Picking <i>Horizon</i>	38
4.4.6 Analisis <i>Cross Plot</i>	39
4.4.7 Model Inisial	39
4.4.8 Analisis Hasil Inversi.....	41
4.4.9 Analisis Sekatan Sesar	41
4.3 Diagram Alir Penelitian	42

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian	43
5.1.1 Interpretasi <i>Horizon</i>	43
5.1.2 Peta Hasil Interpretasi <i>Horizon</i>	44
5.1.3 Analisis Sumur.....	47
5.1.4 Analisis <i>Well Seismic Tie</i>	49
5.1.5 Inversi Impedansi Akustik.....	52
5.1.6 Analisis <i>Shale Gouge Ratio</i> (SGR).....	60

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan.	63
6.2 Saran.....	64

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Lokasi Penelitian yang terletak di <i>Teapot Dome</i>	4
Gambar 2.2 Peta Struktur Regional di <i>Teapot Dome</i>	5
Gambar 2.3 Stratigrafi Regional Pada Cekungan <i>Powder River</i>	8
Gambar 3.4 Prinsip <i>Huygens</i>	11
Gambar 3.5 Prinsip Fermat.....	12
Gambar 3.6 Prinsip <i>Snellius</i>	13
Gambar 3.7 Contoh Noise Pada Seismik	15
Gambar 3.8 Komponen Geometri Pada Bidang Sesar	18
Gambar 3.9 Klasifikasi Sesar Menurut Anderson	19
Gambar 3.10 Skema Umum Proses Inversi	21
Gambar 3.11 Proses Inversi Dari Data Seismik Menjadi Model AI	22
Gambar 3.12 Zona Sesar Di Bawah Permukaan Bumi	25
Gambar 3.13 Hipotesis Hubungan Antara Sesar	28
Gambar 3.14 Algoritma Untuk Memprediksi Kapasitas <i>Sealing</i>	29
Gambar 3.15 Prediksi Komposisi Zona Sesar	31
Gambar 4.16 Proses Interpretasi Horizon dan Patahan	35
Gambar 4.17 Letak Formasi Pada Lapangan <i>Teapot Dome</i>	36

Gambar 4.18 Ekstraksi Wavelet <i>Statistical</i>	38
Gambar 4.19 Korelasi Model dan Inversi Well G-1	40
Gambar 4.20 Korelasi model dan Inversi Well G-2	40
Gambar 4.21 Diagram Alir Penelitian	42
Gambar 5.22 Hasil <i>Horizon</i> Formasi Pada Lapangan <i>Teapot Dome</i>	44
Gambar 5.23 Peta <i>time structure</i> dan peta <i>attribute extract value</i> Formasi Crow Mountain	45
Gambar 5.24 Peta <i>time structure</i> dan peta <i>attribute extract value</i> Formasi Red Peak	46
Gambar 5.25 <i>Reverse Fault</i> pada Formasi a) Crow Mountain, b) Red Peak.	47
Gambar 5.26 Analisa Sumur G-1	48
Gambar 5.27 Analisa Sumur G-2	49
Gambar 5.28 Wavelet <i>Ricker well</i> G-1	50
Gambar 5.29 Wavelet <i>Ricker well</i> G-2	51
Gambar 5.30 Inversi <i>model base line</i> 255	52
Gambar 5.31 Inversi <i>Model Base Inline</i> 115	54
Gambar 5.32 Peta persebaran nilai inversi impedansi akustik <i>model based</i> Formasi Crow Mountain	55
Gambar 5.33 Peta persebaran nilai inversi impedansi akustik <i>model based</i> Formasi Red Peak	56
Gambar 5.34 <i>Crossplot p-impedance</i> vs porositas total	58
Gambar 5.35 Hasil linier regresi cross plot <i>P-Impedance</i> vs <i>Porosity</i> Efektif	58
Gambar 5.36 Peta persebaran porositas efektif dan porositas total	59

Gambar 5.37 Analisa <i>Throw</i> Sesar A dan Sesar B	60
Gambar 5.38 Komposisi Sumur G-1 dan G-2	61

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
Tabel 4.1 <i>Time Schedule</i>	32
Tabel 4.2 Data Sumur.....	34
Tabel 5.3 Hasil Korelasi Setelah <i>Well Seismic Tie</i>	51
Tabel 5.4 Nilai Porositas Efektif dan Porositas Total Sumur Penelitian.....	59

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak dan gas bumi merupakan salah satu sumber energi utama yang sangat penting dan berpengaruh pada kehidupan manusia. Dengan meningkatnya kebutuhan akan minyak dan gas bumi serta pesatnya perkembangan dunia industri berdampak pada banyaknya eksplorasi dan eksploitasi sumber energi tersebut yang mengakibatkan menipisnya cadangan sumber daya terhadap minyak dan gas bumi, karena sumber daya alam tersebut tidak dapat diperbarui (*unrenewable resource*). Oleh karena itu, perkembangan riset/penelitian dan optimalisasi studi cekungan perlu dilakukan.

Dalam sistem hidrokarbon terdapat salah satu komponen berupa jebakan (*trap*) yaitu bentuk dari suatu geometri atau fasies yang mampu menahan minyak dan gas bumi untuk berkumpul dan tidak berpindah lagi. Salah satu tipe jebakannya yaitu jebakan struktural, jebakan ini dipengaruhi oleh kejadian deformasi perlapisan dengan terbentuknya struktur lipatan dan sesar yang merupakan hasil dari kejadian tektonik dan merupakan perangkat yang paling umum dan perangkat yang paling penting. Pada jebakan bidang sesar, porositas dan permeabilitas akan berubah menjadi jauh lebih kecil, sehingga memungkinkan bidang sesar tersebut membentuk suatu selaput penyekat atau

penyekat hidrolik yang tergantung pada kecenderungan sekatan tersebut untuk rusak/bocor (Watts,1987). Didalam geologi, bidang sesar yang membentuk penyekat dikenal dengan istilah sekatan sesar (*fault seal*).

Dengan menggunakan atribut seismik keberadaan patahan dapat diidentifikasi lebih jelas sehingga lokasi penentuan jebakan hidrokarbon dapat diidentifikasi lebih tepat. Selain itu untuk mendapatkan interpretasi bawah permukaan yang lebih akurat, perlu dilakukan integrasi antara data seismik dengan data log sumur. Salah satu metode yang digunakan untuk mengintegrasikan data seismik dan data log sumur adalah metode inversi seismik impedansi akustik. Dengan metode inversi seismik impedansi akustik informasi mengenai sifat fisis batuan reservoir dapat diketahui dari data seismik yang dikontrol dengan data log sumur.

Analisa sesar dibutuhkan untuk menentukan zona sekatan (*sealing*) sesar maupun zona penerus (*leaking*) sesar. Zona sekatan sesar pada umumnya digunakan sebagai penentu zona tersebut sebagai seal (batuan tudung reservoir). Zona ini sangat penting sebagai tempat terakumulasinya hidrokarbon yang bermigrasi. Hal ini seperti yang dilakukan oleh (Sahoo dkk, 2010) Pada cekungan Cambay, India Barat. Perhitungan SGR pada *juxtaposition* target reservoir diaplikasikan untuk menentukan sesar tersebut bersifat penyekat (*sealing*) atau penerus (*leaking*). Penelitian yang dilakukan tersebut menjadi acuan pada penelitian ini untuk menentukan zona sekatan (*sealing*) sesar maupun zona penerus (*leaking*) sesar pada lapangan Teapot Dome Amerika Serikat.

1.2 Tujuan Penelitian

Beberapa tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengkarakterisasi sesar *sealing* dan *non sealing* dengan menggunakan metode seismik inversi.
2. Dapat mengetahui bagian yang berpotensi sebagai lapisan penyekat (*seal*) dan berpotensi untuk bocor (*leak*) dari hasil inversi impedansi akustik.
3. Dapat menganalisis sifat sesar yang ada pada daerah penelitian menggunakan metode seismik inversi dengan fokus pada formasi *Crow Mountain* dan *Red Peak*.
4. Menghitung nilai *Shale Gouge Ratio* pada sesar yang terdapat pada daerah penelitian.

1.3 Batasan Masalah

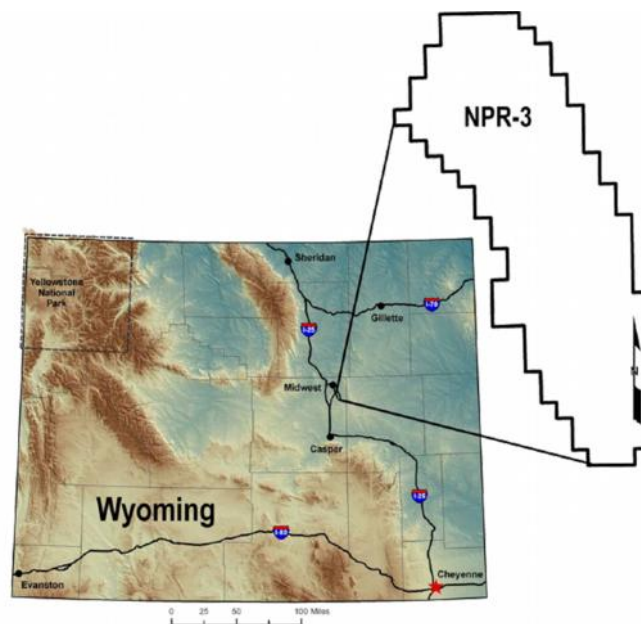
Pada penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah, yaitu sebagai berikut :

1. Daerah penelitian berada pada lapangan Teapot Dome Amerika Serikat
2. Penelitian ini menggunakan data seismik 3D *Post Stack Migration*
3. Karakterisasi sesar *sealing* dan *non sealing* pada penelitian ini menggunakan *software* bernama *HRS*
4. Fokus penelitian ini adalah sifat penyekat pada sesar terpilih yang berada pada lapangan Teapot Dome Amerika Serikat Formasi *Crow Mountain* dan *Red Peak*.
5. Metode inversi impedansi akustik yang akan digunakan dalam analisis adalah metode seismik inversi *Model Based*.

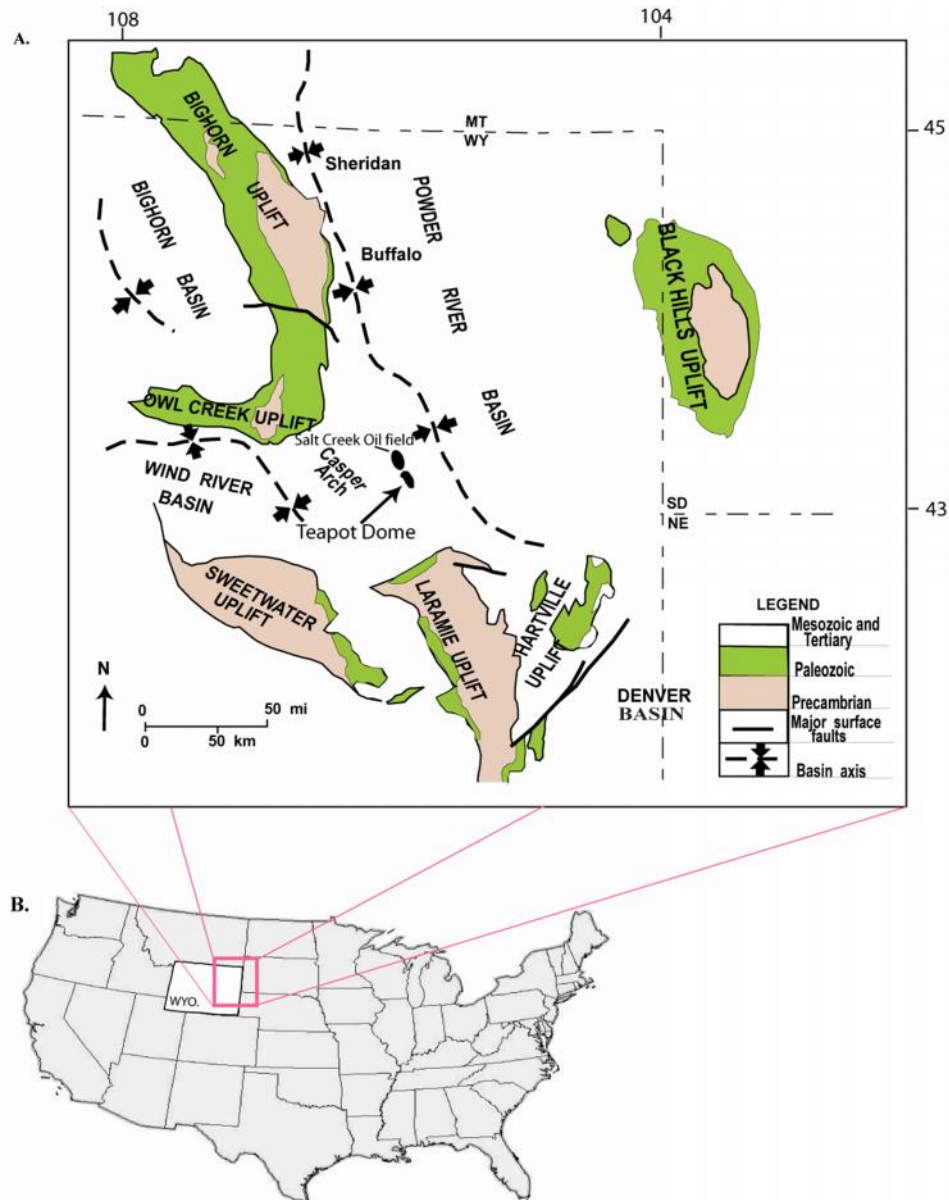
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Regional dan Stratigrafi Daerah Penelitian

Objek penelitian yang digunakan pada penelitian ini terletak di Negara bagian Wyoming Amerika Serikat dan memiliki struktur *dome* sehingga daerah ini lebih dikenal dengan *Teapot Dome*. Lapangan *Teapot Dome* terletak di Wyoming tengah, dekat dengan tepi barat daya cekungan *Powder River*. Bagian paling dalam dari cekungan *Powder River* terdiri dari hampir 5500 meter batuan sedimen, dan sekitar 2440 meter dari sedimen tersebut merupakan sedimen *non marine* yang berumur *Upper Cretaceous* dan batuan sedimen klastik tersier yang berhubungan dengan *Laramide Orogenesis* (Prayogodkk, 2014).



Gambar 2.1 Lokasi penelitian yang terletak di *Teapot Dome* Wyoming USA (Black dkk, 2014)



Gambar 2.2 Pola struktur regional di *Teapot Dome* yang dibatasi tinggian di bagian barat daya dan timur laut dengan sumbu cekungan berarah tenggara-barat laut, antiklin yang terbentuk pada daerah itu juga berarah tenggara- barat laut (Ayoro, 2007).

Bagian timur dan barat *Teapot Dome* dibatasi oleh antiklin yang memanjang dengan arah sumbu relative baratlaut-tenggara, sedangkan bagian utara, selatan, dan barat daya dibatasi oleh tinggian yang disebabkan proses *uplift* (Prayogodkk, 2014).

Pada daerah *Teapot Dome*, pengaruh perubahan struktur dimulai dari kompresi dari bagian barat, menghasilkan *reverse fault*, rekahan tensional pada bagian antiklin dan dengan bidang patahan yang relatif curam, dan *offset* yang sangat kecil pada blok yang turun. Patahan normal berarah timur-barat dengan *offset* 200 feet yang memisahkan lapangan *Teapot Dome* menjadi dua bagian. *Dome* yang berada di utara yang posisinya lebih atas dibandingkan blok bagian selatan. Patahan berperan penting sebagai jalur migrasi hidrokarbon di daerah penelitian.

Secara structural antiklin *Teapot Dome* yang terbentuk pada umur *Laramide*, terletak memanjang dan menjam (plunging) kearah utara-selatan. Bagian utara *Teapot Dome* merupakan kemenerusan dari antiklin *Salt Creek*. Dari penampang seismic barat daya-timurlaut, dapat dilihat pola lipatan asimetri dan *reverse fault* memotong lipatan relatif kearah barat laut-tenggara dengan *offset* minimum (Fransisca, 2009).

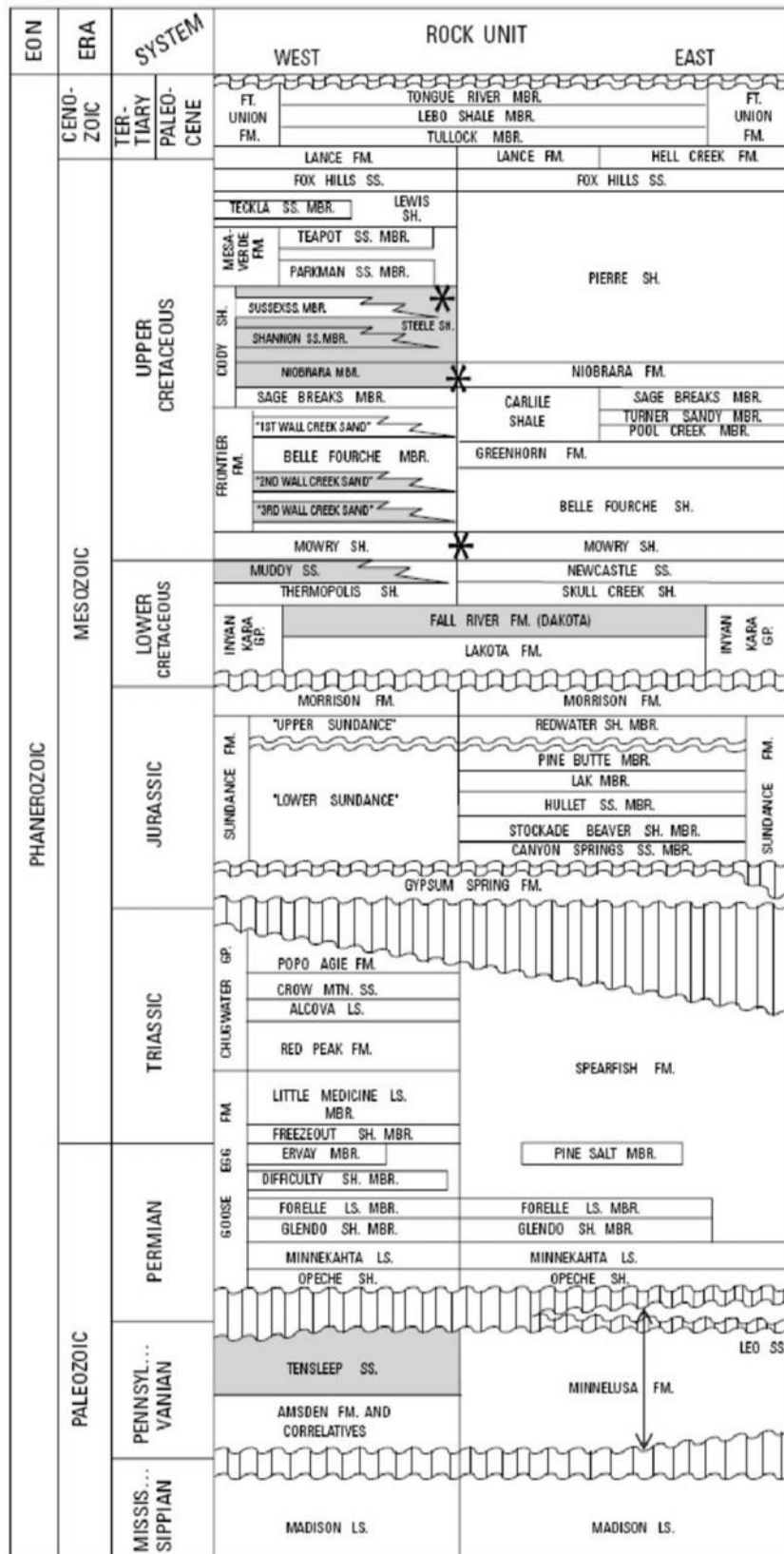
2.2 Stratigrafi dan Petroleum Sistem

Stratigrafi pada daerah penelitian tersusun atas lapisan *Paleozoic* yang menutupi *basement Precambrian* pada lapangan *Teapot Dome*, terdiri atas perlapisan batu pasir tipis, *limestone shale* dan sedimen laut yang terevaporasi, pada lingkungan pengendapan *marine, dune* dan *interdune*. Lapisan batupasir pada formasi *Tensleep* yang berumur *Pennsylvanian* merupakan salah satu dari tiga lapisan yang memproduksi pada lapangan *Teapot Dome*, sebagian terbentuk pada lingkungan *deposition aeolian*, dan merupakan satu dari beberapa reservoir batupasir yang memproduksi minyak di daerah Wyoming. *Source rock*

hidrokarbon pada batupasir *Tensleep* berasal dari formasi *Phosporia*, berpusat di Idaho. *Palaesoil*, *Opache Shale* dan *Anhydrite* (anggota *Minnekatha*) pada formasi *Goose Egg* berfungsi sebagai lapisan penutup (*cap rock*). Formasi ini juga tersusun atas *limestone*.

Pada bagian atas, terdapat formasi berumur *Paleozoic* yang tersusun atas lapisan tebal *terrigenous* berumur *Triassic* dan batuan sedimen *Jurassic*. Walaupun sedimen *Triassic* tidak produktif di lapangan *Teapot Dome*, formasi *Sundance* lingkungan laut yang berumur *Jurassic* atas, memproduksi minyak pada lapangan *Salt Creek*. Batuan sedimen *Cretaceous* bergradasi dan batupasir fluvial sampai batupasir yang mengandung *shale* laut.

Dua reservoir utama lainnya yang memproduksi hidrokarbon berada formasi yang berumur *Cretaceous* atas pada lapangan *Teapot Dome*, yaitu bagian *Shanon* anggota *Chody Shale* dan *Second Wall Creek Sand* dari formasi *Frontier*. Formasi *Frontier* terdiri atas dikelompokkan atas tiga *Wall Creek Sand*, dimana *Wall Creek* kedua dan ketiga memproduksi minyak dan gas. *Muddy Sandstone* mengandung gas, dan *Dakota Sandstone* mengandung minyak. *Source* hidrokarbon pada reservoir batupasir *Cretaceous*, *Dakota Sandstone*, *Muddy Sandstone*, pada formasi *Frontier* (*Wall Creek Sands*) dan *Shannon Sandstone* berasal dari *Mowry Shale*, dengan kontribusi minor dari *Shale* pada formasi *Niabrara*, formasi *Frontier* dan *Steele Shale* (Fransisca, 2009).



Sampled Units

Samples for this study were taken from the Shannon Sandstone, the Steele Shale and the Niobrara Member of the Cody Shale Formation, the Second and Third Wall Creek "Sands", the Muddy Sandstone (gas sample only), the Dakota Sandstone, and the Tensleep Sandstone. These units are the only ones currently producing in the Teapot Dome field. (RMOTC, 2005.)

* Hydrocarbon source rocks

The Mowry Shale is thought to be the major source rock for the Cretaceous reservoirs, with minor contributions from the Steele and Niobrara units. The source rock for the Tensleep Sandstone is thought to be the Phosphoria Formation, centered in Idaho. (Hunt, 1953; Sheldon, 1967; Momper and Williams, 1979)

Gambar 2.3 Stratigrafi regional pada cekungan Powder River (Jnanaparama, 2016)

2.3 Karakteristik Hidrokarbon Pada Daerah Penelitian

Produksi hidrokarbon utama pada area *Teapot Dome* dapat ditemukan pada reservoir berumur *Crertaceous* dan dari reservoir batupasir yang berasal dari formasi *Tensleep* berumur *Pennsylvanian*. Hidrokarbon minyak kurang matang (*less mature*), menunjukkan lebih banyak bukti adanya biodegradasi sekunder dan mempunyai sumber campuran kerogen *terrestrial* dan *marine*. Hidrokarbon minyak pada formasi berumur *Cretaceous* terbagi atas 3 kelompok yang berbeda, reservoir batupasir *Cretaceous* atas, reservoir *shale Cretaceous* atas, dan reservoir batupasir *Cretaceous* bawah. Batupasir pertama adalah batupasir *Shannon*, kedua dan ketiga adalah batupasir *Wall Creek* yang menunjukkan perbedaan produksi gas, efek injeksi gas dan efek injeksi uap. Sedangkan hidrokarbon minyak pada formasi *Tensleep Pennsylvanian* lebih matang, adanya proses biodegradasi yang rendah, kandungan sulfur lebih tinggi, menunjukkan bukti bahwa sedimen mengalami pencucian (*water washing*), dan mengandung sumber kerogen *marine*.

Degradasi hidrokarbon pada reservoir batupasir *Cretaceous* bervariasi di sepanjang struktur anticlinal *Teapot Dome* dengan intensitas *fracture* yang sangat tinggi. Jebakan hidrokarbon pada lapangan *Teapot Dome* terbagi dalam dua bagian *Dome* dengan *trend fault* timur-barat. Dari hasil penelitian sample sumur, diketahui bahwa daerah yang sangat sedikit terdegradasi terdapat dibagian Selatan *Dome*, dimana reservoir lebih dalam (batupasir *Tensleep*) dan secara umum, daerah yang umumnya terdegradasi tinggi berada diarah utara *dome*, dimana stratigrafi reservoir tersebut berada lebih dangkal (batupasir *Cretaceous*). Hidrokarbon dari formasi *Tensleep* tidak menunjukkan adanya variasi antara lapangan *Teapot Dome* dan *Salt Creek* di bagian utara (Fransisca, 2009).

III. TEORI DASAR

3.1 Pengertian Metode Seismik Refleksi

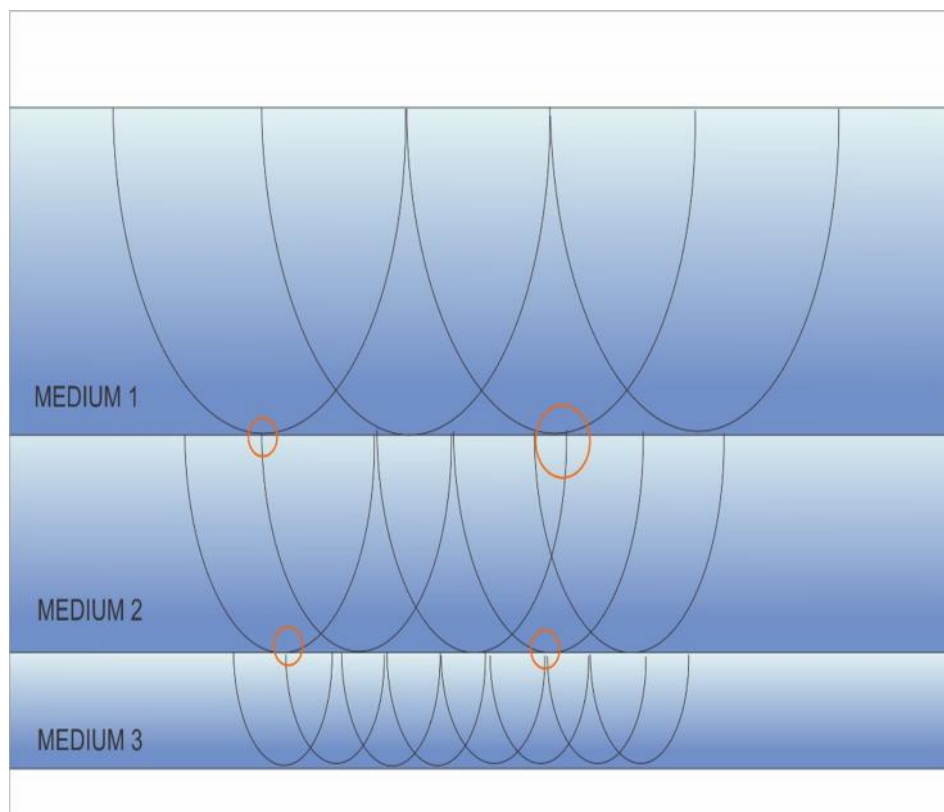
Metode seismik refleksi mengukur waktu yang diperlukan suatu impuls suara untuk melaju dari sumber suara, terpantul oleh batas-batas formasi geologi, dan kembali ke permukaan tanah pada suatu *hydrophone*. Metode seismik refleksi banyak dimanfaatkan untuk keperluan eksplorasi perminyakan, penentuan sumber gempa ataupun mendeteksi struktur lapisan tanah. Seismik refleksi mengamati gelombang pantul yang datang dari batas-batas formasi geologi. Gelombang pantul ini dapat dibagi atas beberapa jenis gelombang yakni: Gelombang-P, Gelombang-S, Gelombang Stoneley, dan Gelombang Love. Sedangkan dalam seismik pantul, analisis dikonsentrasikan pada energi yang diterima setelah getaran awal yang menjalar dan terpantulkan dari semua subsurface antar lapisan di bawah permukaan. Analisis yang dipergunakan dapat disamakan dengan echo sounding pada teknologi bawah air, kapal, dan sistem radar. Informasi tentang medium juga dapat diekstrak dari bentuk dan amplitudo gelombang pantul yang direkam. Struktur bawah permukaan dapat cukup kompleks, tetapi analisis yang dilakukan masih sama dengan seismik bias, yaitu analisis berdasarkan kontras parameter elastisitas medium (Kearns dan Boyd, 1963).

3.2 Prinsip Pemantulan dan Pembiasan Gelombang

Beberapa prinsip perambatan gelombang seismik diantaranya adalah prinsip *Huygens*, prinsip *Snellius*, dan prinsip *Fermat*.

3.2.1 Prinsip *Huygens*

Prinsip *Huygens* menyatakan bahwa setiap titik-titik pengganggu yang berada di depan muka gelombang utama akan menjadi sumber bagi terbentuknya deretan gelombang yang baru. Jumlah energi total deretan gelombang baru tersebut sama dengan energi utama. Gambar di bawah ini menunjukkan prinsip *Huygens*.

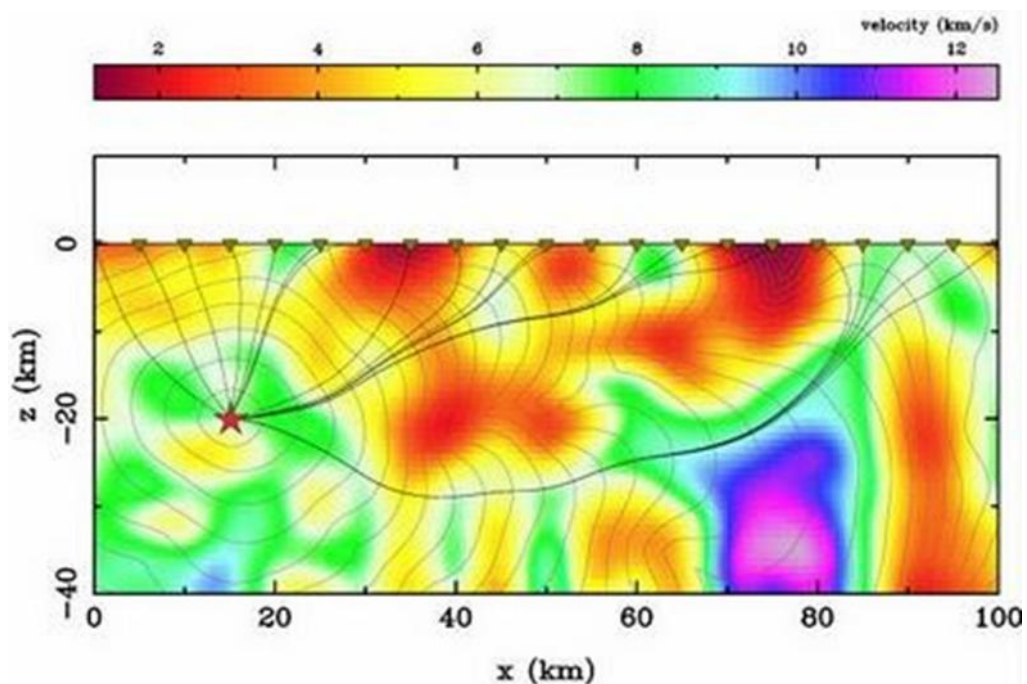


Gambar 3.4 Prinsip *Huygens* (Oktavinta, 2008).

Di dalam eksplorasi seismik titik-titik di atas dapat berupa patahan, rekahan, pembajian, antiklin, dan lain-lain. Sedangkan deretan gelombang baru berupa gelombang difraksi. Untuk menghilangkan efek ini dilakukanlah proses migrasi.

3.2.2 Prinsip *Fermat*

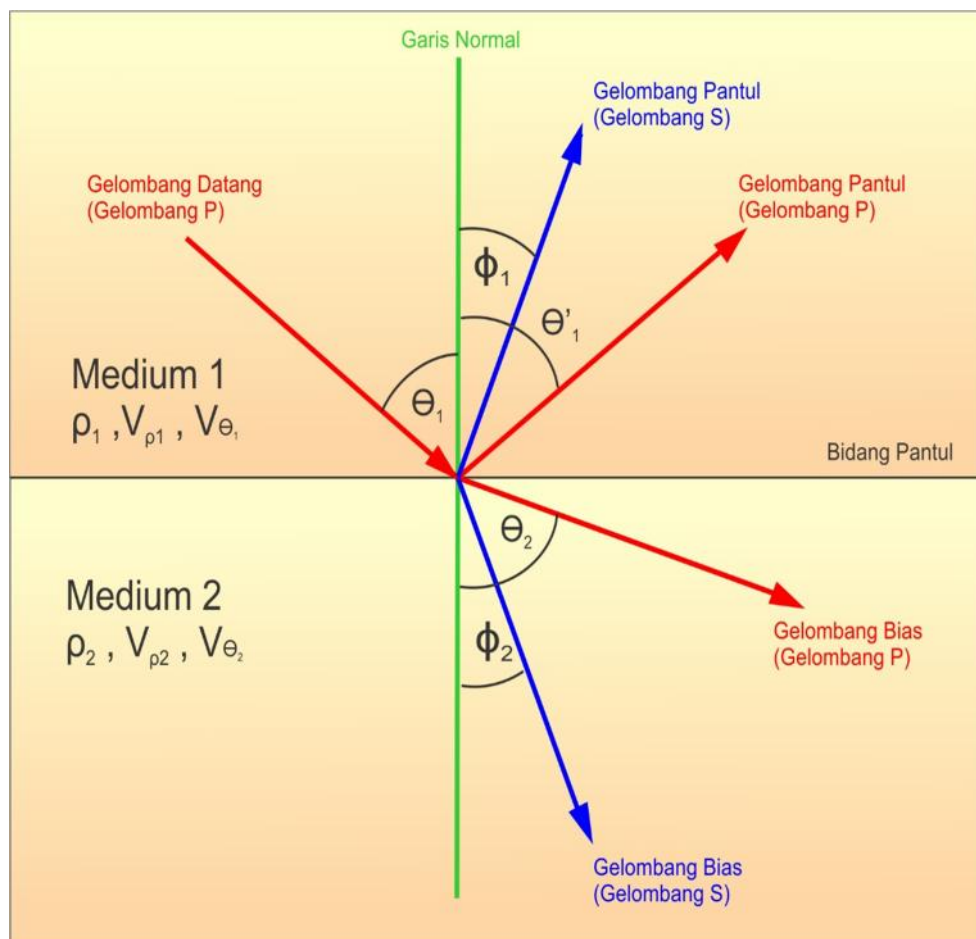
Prinsip Fermat menyatakan bahwa, jika sebuah gelombang merambat dari satu titik ke titik yang lain, maka gelombang tersebut akan memilih jejak yang **tercepat**. Kata **tercepat** di-*boldkan* untuk memberikan penekanan bahwa jejak yang akan dilalui oleh sebuah gelombang adalah jejak yang secara waktu tercepat bukan yang terpendek secara jarak. Tidak selamanya yang terpendek itu tercepat. 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. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar di bawah ini



Gambar 3.5 Prinsip *Fermat* (Oktavinta, 2008).

3.2.3 Prinsip *Snellius*

Gelombang seismik dalam medium berlapis seperti bumi dimana gelombang akan melakukan penjalarannya mengikuti Hukum *Snellius*. Hukum ini mengatakan bahwa, jika gelombang seismik datang pada bidang batas antara dua lapisan yang berbeda sifat fisis dan litologinya, maka sebagian energinya akan terpantulkan. Gelombang yang terpantul akan mengikuti hukum pemantulan gelombang, yaitu Hukum *Snellius* di mana gelombang akan terpantul dengan sudut pantul sama dengan sudut datangnya ($i=r$). Di bawah ini adalah gambar perambatan menurut *Hukum Snellius*.



Gambar 3.6 Prinsip *Snellius* (Gadallah dan Fisher, 2009).

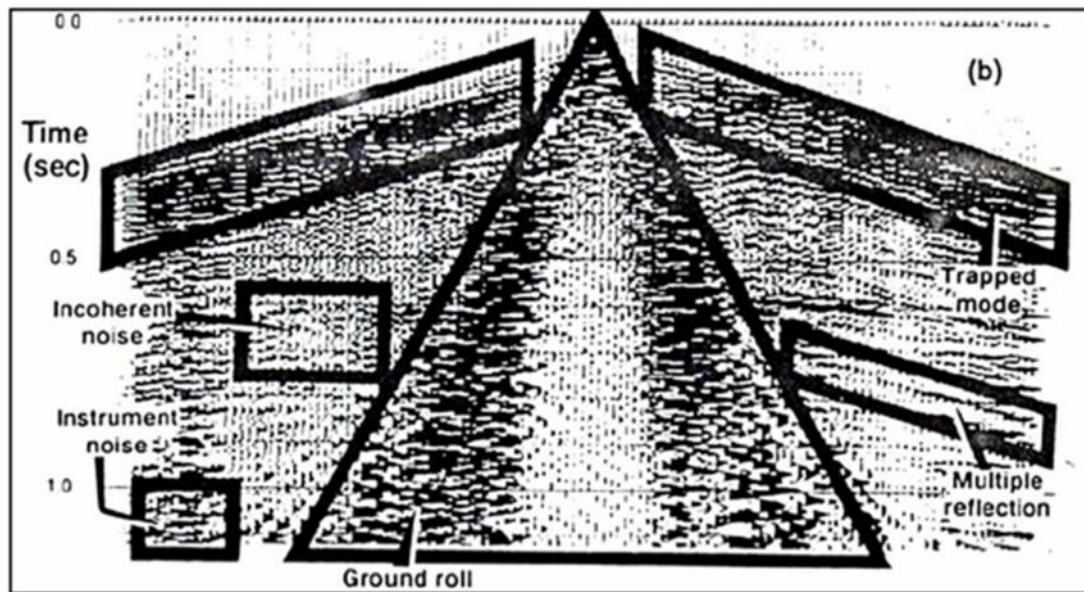
3.3 Interpretasi Penampang Seismik

3.3.1 Metode Seismik

Prinsip dasar metoda seismik adalah perambatan energi gelombang seismik yang ditimbulkan oleh sumber getaran di permukaan bumi kedalam bumi atau formasi batuan, kemudian dipantulkan oleh bidang kepermukaan oleh bidang pantul yang merupakan bidang batas dua lapisan yang mempunyai kontras impedansi akustik kepermukaan. Nilai-nilai impedansi akustik yang dimaksudkan adalah kecepatan dan massa jenis batuan penyusun perlapisan bumi.

3.3.2 Bising Pada Interpretasi Seismik Refleksi

Dalam melakukan interpretasi data seismik refleksi mutlak diingat bahwa data ini mengandung bising (*noise*) yaitu seluruh fenomena yang tidak berkaitan dengan aspek geologi yang dapat menurunkan kualitas interpretasi sehingga perlu dikenali dan dinetralisir efeknya. *Noise* merupakan gangguan yang sering ditemui pada rekaman data seismik. Secara garis besar *noise* dapat dikategorikan menjadi dua : koheren dan takkoheren. *Noise* tak-koheren terdiri dari *noise-noise* yang tidak mempunyai pola keteraturan dari *trace* ke *trace*, contohnya: *man mad noise*, petir, *cable noise*. Sedangkan *noise* koheren dengan karakteristik mempunyai pola keteraturan dari *trace* ke *trace*, contohnya: *multiple*, *ground-roll*. Pada **Gambar 3.7** dibawah ini terdapat bermacam - macam bentuk *noise*.



Gambar 3.7 Beberapa contoh noise pada data seismik (Sukmono, 1999)

3.3.3 Pemetaan Bawah Permukaan

Peta bawah permukaan adalah peta yang menggambarkan bentuk maupun kondisi geologi bawah permukaan dan menjadi dasar dalam suatu kegiatan eksplorasi hidrokarbon, mulai dari awal hingga pengembangan lapangannya. Peta bawah permukaan mempunyai sifat yang kuantitatif dan dinamis. Kuantitatif artinya peta menggambarkan suatu garis yang menghubungkan titi-titik yang nilainya sama, sedangkan dinamis artinya kebenaran peta tidak dapat dinilai atas kebenaran metode, tetapi dinilai berdasarkan data yang ada. Semakin banyak data akan semakin baik, sehingga peta akan berubah menurut waktu dan tempat. Perlu disadari bahwa peta bawah permukaan merupakan hasil interpretasi geologi dan geofisika yang bergantung pada keterbatasan data, teknik pelaksanaan, imajinasi yang kreatif, kemampuan visual tiga dimensi dan pengalaman. Data-data yang dipakai untuk interpretasi tersebut antara lain *wireline log*, *core* dan seismik.

3.4 Prinsip Dasar Analisa Struktur

3.4.1 Sistem Sesar

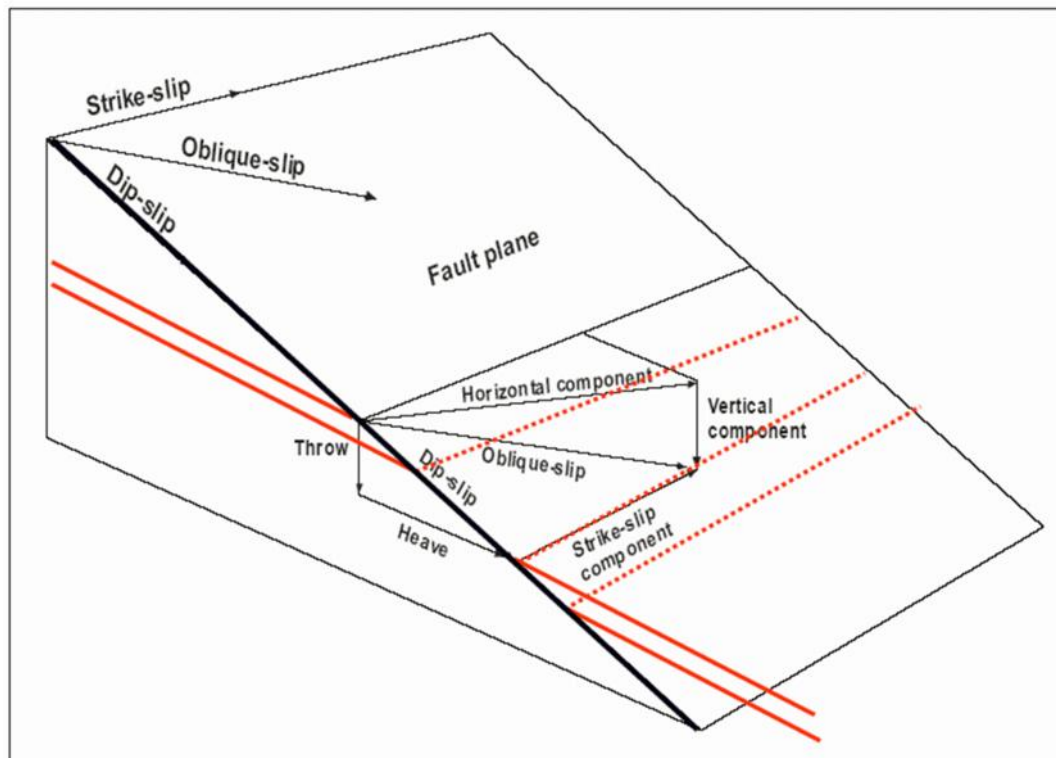
Sistem sesar dapat menghasilkan pergerakan mendatar, tegak dan berputar dalam kerak bumi. Pada umumnya sesar mengalami beberapa kali peristiwa deformasi yang teraktifkan kembali dalam model tektonik berbeda. Dibawah ini adalah beberapa aspek sistem sesar, yaitu :

- Sesar adalah struktur dinamik yang berkembang dalam sisi ruang dan waktu.
- Pada umumnya sesar terjadi dalam sistem yang berhubungan (*linked system*). Hubungan ini biasanya diikuti aturan geometri dan mekanika yang memperbolehkan sistem sesar untuk membentuk pola karakteristik yang dapat dikenali.
- Deformasi dapat terjadi apabila keseimbangan sesar yang rapuh (*brittle faulting*) dipermukaan kerak bumi dengan deformasi plastik dibawah kerak plastik dibawah kerak bumi. Kejadian keterkaitan antara atas dan bawah kerak tergantung atas rezim tektonik. Konsep keseimbangan belahan ini merupakan aspek penting dalam menganalisa *terrine* yang terpatahkan.
- Kebanyakan sesar permukaannya tidak bidang datar yang sederhana tetapi memperlihatkan bentuk yang kompleks dilihat dalam tiga dimensi. Perubahan dalam bentuk sesar mesti menyebabkan perlunya pandangan secara geometri untuk mengakomodasi struktur dalam bagian *hangingwall* yang telah bergerak sepanjang variabel permukaan sesar.

3.4.2 Unsur – Unsur Pada Struktur Sesar

Untuk mengetahui klasifikasi sesar, maka sebelumnya kita harus mengenal unsur-unsur sesar. Unsur-unsur dan istilah penting struktur sesar yang dapat dikenali pada penampang seismik dapat dibagi menjadi (**Gambar 3.8**) :

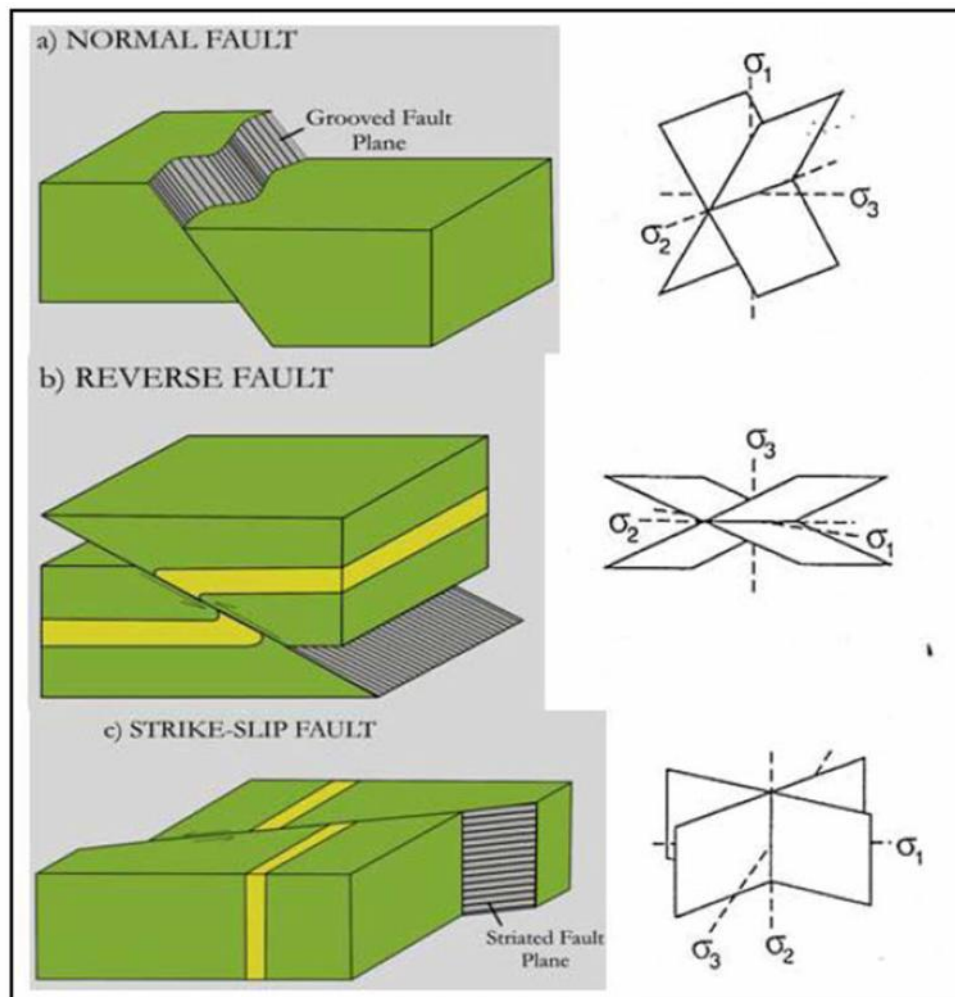
- Bidang sesar: bidang rekahan tempat terjadinya pergeseran, yang kedudukannya dinyatakan dengan jurus dan kemiringan.
- *Hanging wall*: bagian terpatahkan yang berada diatas bidang sesar.
- *Foot wall*: bagian terpatahkan yang berada dibawah bidang sesar.
- *Throw*: komponen vertikal dari *slip/separation* diukur pada bidang vertikal yang tegak lurus bidang sesar
- *Heave*: Komponen horizontal dari *slip/separation* diukur pada bidang vertikal yang tegak lurus jurus sesar.
- *Slip*: pergeseran relatif sebenarnya.
- *Dip-Slip*: komponen vertikal bidang sesar.
- *Strike-Slip*: komponen horizontal pada bidang sesar.
- *Oblique-Slip*: kombinasi kedua antara *dip-slip* dan *strike-slip*.
- *Separation*: pergeseran relatif semu.



Gambar 3.8 Komponen geometri pada bidang sesar (Twiss dan Moore, 1992).

3.4.3 Tipe dan Klasifikasi Sesar

Sesar adalah rekahan pada batuan yang telah mengalami pergeseran melalui bidang rekahnya. Sifat pergeserannya dapat bermacam – macam: mendatar, miring (*oblique*), naik dan turun. Didalam mempelajari struktur sesar, disamping geometrinya yaitu bentuk, ukuran, arah dan polanya, yang penting juga untuk diketahui adalah mekanisme pergerakannya. Salah satu klasifikasi sesar yang umum digunakan adalah klasifikasi Anderson (1951) dalam (Twiss dan Moore, 1992) yang membagi sesar mengikuti prinsip tegasan utama (σ_1 , σ_2 , σ_3) (**Gambar 3.9**).



Gambar 3.9 Klasifikasi sesar menurut Anderson, 1951 (Davis dan Reynolds, 1996).

Sesar dibagi kedalam beberapa jenis atau tipe berdasarkan pergerakan relatif dari *hangingwall* dan *footwall* yaitu:

1) Sesar Normal

Sesar normal merupakan sesar yang terbentuk ketika *hangingwall* bergerak turun relative terhadap *footwall*. Sesar Normal terbentuk akibat gaya *tension*. Pada umumnya memiliki *dip* $> 45^\circ$.

2) Sesar Naik

Sesar naik diakibatkan oleh gaya kompresi dimana *hangingwall* bergerak ke atas relatif terhadap *footwall*. Pada umumnya memiliki *dip* minimum 45°.

3) Sesar Geser

Sesar yang diakibatkan oleh pergerakan lapisan horizontal bidang sesar. Rekahan adalah pecahan-pecahan (*rupture*) yang timbul pada batuan yang belum mengalami pergeseran akibat dari adanya gaya atau tekanan. Struktur rekahan dikelompokkan berdasarkan sifat dan karakter rekahan serta arah gaya yang bekerja pada batuan (Singhal dan Gupta, 2010).

4) *Shear Fracture* (rekahan geser)

Rekahan jenis ini merupakan rekahan di mana terbentuk pecahan-pecahan pada batuan dari dua bidang yang saling berpotongan. Perpotongan bidang tersebut membentuk sudut lancip dengan arah gaya utama. Rekahan jenis *shear fracture* bersifat tertutup.

5) *Dilational Fracture* (rekahan dilatasi)

Dilational Fracture merupakan rekahan yang berpola tegak lurus dengan arah gaya utama. Bentuk rekahan umumnya terbuka.

6) *Hybrid Fracture* (rekahan Hibrid)

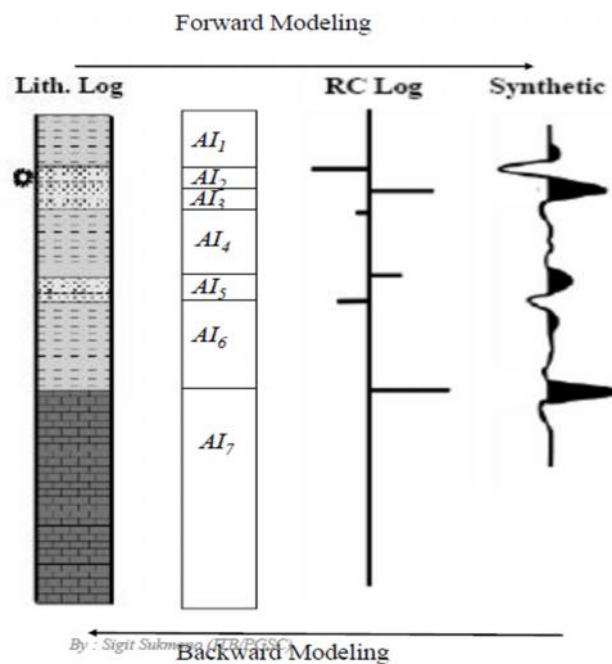
Rekahan jenis ini merupakan rekahan yang terbentuk akibat gabungan dari gaya ekstensi dan geser. Bentuk rekahan umumnya terbuka.

Sesar mendatar (*strike-slip fault*) mempunyai pergeseran dominan searah jurus sesar. Sesar ini umumnya mempunyai kemiringan terjal atau curam dan bila panjangnya lebih dari satu kilometer maka sering melibatkan batuan dasar. Sesar mendatar skala besar sering disebut sebagai *wrench* atau sesar transkuren.

Struktur yang berasosiasi dengan sesar mendatar ini jauh lebih bervariasi daripada yang berasosiasi dengan jenis sesar lainnya. Sering terjadi lipatan, sesar normal, naik dan menanjak berasosiasi dengan sesar mendatar ini.

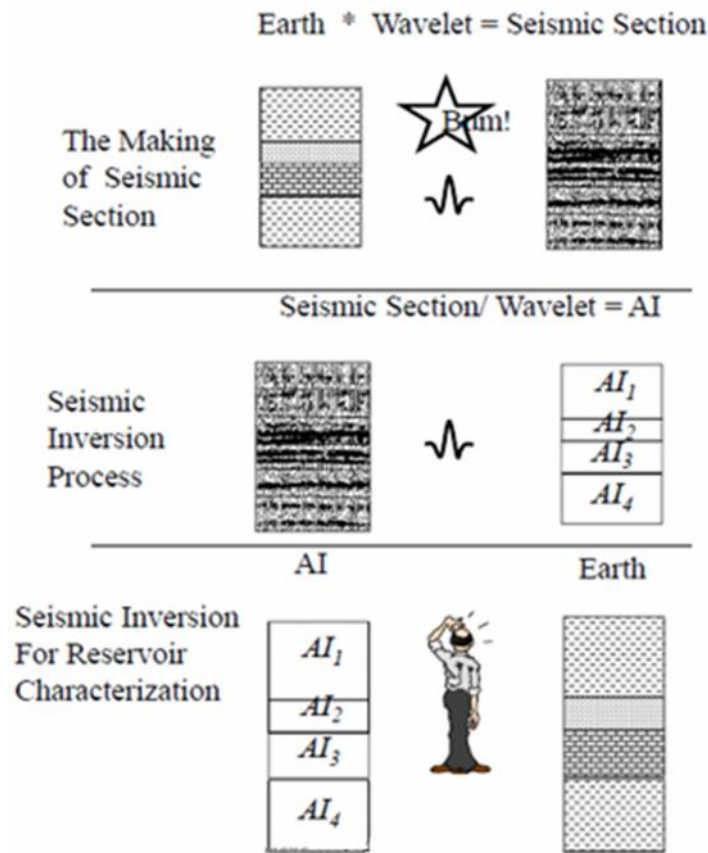
3.5 Prinsip Dasar Inversi Seismik

Proses inversi merupakan proses pembalikan data seismik yang berupa time (domain waktu) menjadi model fisis yang kita inginkan. Dalam hal ini kita akan melakukan proses inversi untuk mendapatkan model impedansi akustik.



Gambar 3.10 Skema umum proses inversi (Sukmono, 2016)

Dalam melakukan proses inversi kita memerlukan data log (sumur) yang harus kita korelasikan dengan data seismik, proses pengikatan data log (sumur) dengan data seismik ini memerlukan pengestraksian *wavelet* (*wavelet extracting*) yang digunakan untuk merubah data log *sonic* menjadi data sintetik seismogram.



Gambar 3.11 Proses inversi dari data seimik menjadi model AI (Ariyanto, 2011)

Seperti kita ketahui RC (*Reflectivity coefficient*) merupakan perubahan koefisien dari perubahan impedansi antar batuan. Maka untuk merubah data log sonic menjadi data sintetik seismogram diperlukan proses dekonvolusi yang merubah data log sonic (*depth domain*) menjadi data sintetik seismic (*time domain*) (Ariyanto, 2011).

Impedansi Akustik dapat digunakan dalam:

1. Sebagai indikator litologi batuan.
2. Memetakan litologi dan persebarannya dengan cukup akurat.
3. Sebagai indikator porositas.
4. Identifikasi fasies seismik.

5. Pembentukan model geologi bawah permukaan dengan berdasarkan data seismik dengan data sumur sebagai pembatas.

6. Sebagai *Direct Hydrocarbon Indicator* (DHI)

Ada beberapa hal yang harus dipersiapkan untuk mendapatkan data seismik impedansi akustik, yaitu:

1. Data seismik yang dipakai harus diproses dengan menjaga keaslian amplitudonya (*preserved amplitude*)
2. Hasil interpretasi horizon
3. Data log sumur, minimal data log sonik dan densitas, data *checkshot*

3.5.1 Inversi seismik *rekursif/bandlimited*

Inversi seismik rekursif merupakan algoritma inversi yang mengabaikan efek *wavelet* seismik dan memperlakukan seolah-olah *trace* seismik merupakan kumpulan koefisien refleksi yang telah difilter oleh *wavelet* berfasa nol. Persamaan dasar dari inversi jenis ini adalah:

$$R_i = \frac{Z_{i+1} - Z_i}{Z_{i+1} + Z_i} \quad (3.1)$$

Impedansi lapisan ke- $i + 1$ dapat dihitung dari lapisan ke- i dengan persamaan:

$$Z_{i+1} = Z_i * \frac{1+r_i}{1-r_i} \quad (3.2)$$

Dimulai dari lapisan pertama, impedansi dari setiap lapisan berturut-turut dapat diketahui secara rekursif menggunakan persamaan dibawah ini :

$$Z_n = Z_1 \prod_{i=1}^{n-1} \left[\frac{1+R_i}{1-R_i} \right] \quad (3.3)$$

3.5.2 Inversi seismik berbasis model (*model based inversion*)

Prinsip metode ini adalah membuat model geologi dan membandingkannya dengan data riil seismik. Hasil perbandingan tersebut digunakan secara iteratif memperbaharui model untuk menyesuaikan dengan data seismik. Metode ini dikembangkan untuk mengatasi masalah yang tidak dapat dipecahkan oleh metode rekursif.

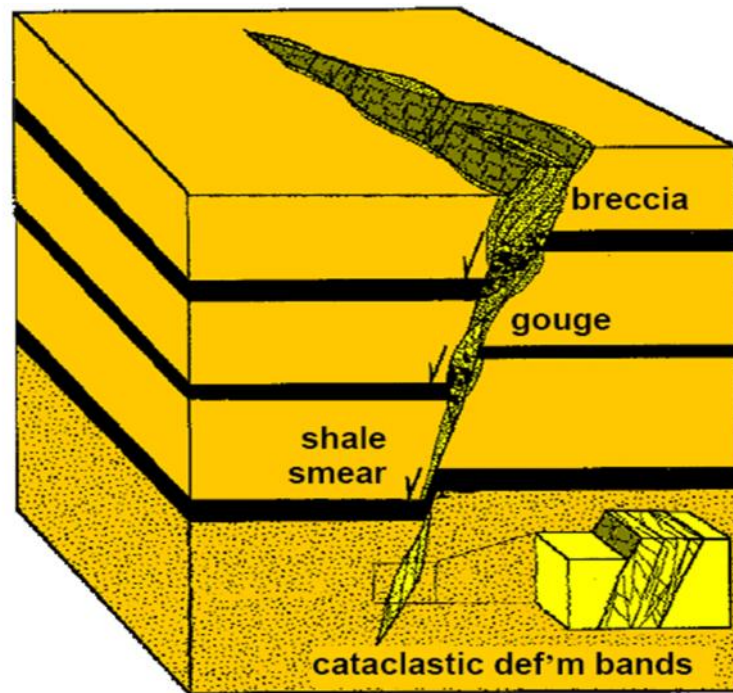
Keuntungan menggunakan metode inversi berbasis model adalah metode ini tidak menginversi langsung dari seismik namun menginversi model geologinya.

3.6 Sekatan Sesar (*Fault Seal*)

Struktur dan komposisi dari zona sesar sangat bervariasi. Sifat dasar dari zona sesar sangat bervariasi sepanjang dari permukaan sesar, tergantung pada tipe dan jumlah litologi yang muncul. Torehan (*smear*) mungkin signifikan pada beberapa permukaan sesar tapi *cataclasis gouge* bisa berkembang dimana lapisan serpih absen. Dalam hubungan memprediksi sekatan-sesar, adalah kandungan lempung yang menjadi kontrol utama dalam perilaku sekatan sesar dalam sekuen klastik campuran (**Gambar 3.12**).

Sekatan (*seal*) bisa dikatakan sebagai sekatan membran atau sebagai sekatan hidrolik, tergantung dari model kegagalan sekatannya (Watts, 1987). Kontrol dominan pada kegagalan sekatan membran adalah tekanan masukan kapiler dari batuan sekatan, yang mana tekanan tersebut merupakan tekanan yang dibutuhkan oleh hidrokarbon untuk memasuki interkoneksi saluran pori (*pore throat*) yang terbesar dari sekatan (*seal*). Saat tekanan masukan telah melewati kekuatan batuan

dalam cara untuk menerobos sekatan, sekatan bisa dikatakan sebagai sekatan hidrolik.



Gambar 3.12 Zona sesar di bawah permukaan bumi (Dee, 2005).

3.6.1 Mekanisme Sekatan (*Sealing*) Sesar

Mekanisme yang bisa membuat bidang sesar berlaku sebagai sekatan (Watts, 1987):

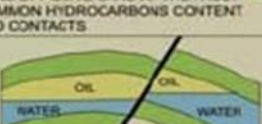
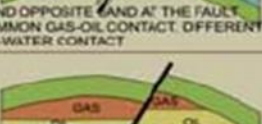
- Kesejajaran litologi (*Juxtaposition*), dimana reservoir batupasir bersejajar (*Juxtaposed*) dengan unit permeabilitas-rendah (serpih), dan akan memberikan tekanan masukan yang tinggi (*high entry pressure*). Torehan lempung (*Clay smear*) yang masuk ke dalam bidang sesar, akan memberikan sesar tekanan masukan yang tinggi.

- Katakklasis (*Cataclasis*), dimana penghancuran butiran pasir untuk menghasilkan zona sesar material butiran halus yang akan memberikan sesar tekanan masukan yang tinggi.
- Diagenesis, dimana sementasi sepanjang zona permeabel dari bidang sesar akan menghilangkan porositas yang akhirnya menciptakan sekatan hidrolik.

Sifat sekatan suatu sesar dapat terjadi karena dua hal, yaitu *juxtaposition fault seal* dan *fault seal sensu strico* (Watts 1987). *Juxtaposition fault seal* adalah sekatan (*sealing*) akibat bertemunya litologi dengan kualitas reservoir berhadapan dengan litologi bersifat penyekat (non-reservoir). Sekatan sesar (*fault seal*) adalah sifat sekatan pada sesar akibat terbentuknya material yang memiliki porositas dan permeabilitas yang rendah akibat proses mekanik dan kimia yang terjadi di dalam zona sesar. Smith (1980) memperlihatkan bagaimana kesejajaran batuan dan material dalam zona sesar yang terbentuk akibat sesar mempengaruhi aliran fluida dalam reservoir yang terpatahkan (**Gambar 3.13**).

Konsep kesejajaran litologi sudah lama diterima kalangan perminyakan bahkan kesejajaran litologi merupakan salah satu target utama dalam eksplorasi hidrokarbon. Konsep kesejajaran litologi selanjutnya dijadikan analisa rutin dalam menentukan sifat sekatan suatu sesar dengan menggunakan diagram ‘Allan’ atau sering juga disebut peta kesejajaran litologi reservoir. Pada prinsipnya peta kesejajaran litologi reservoir adalah peta bidang sesar yang menggambarkan perpotongan antara bidang sesar dan lapisan pada kedua blok yang terpatahkan menjadi sebuah peta yang sering disebut diagram bidang sesar “Allan” atau Diagram Allan.

Penentuan kapasitas sekatan suatu batuan sesar sangat penting dilakukan selain melihat *juxtaposition fault seal*. Kesejajaran litologi batupasir dengan batupasir dapat saja bersifat penyekat (*sealing*), dimana hal ini tergantung kepada komposisi batupasir tersebut. Watts (1987) melihat bahwa sifat penyekat zona sesar termasuk ke dalam sekatan membran. Sekatan membran secara umum adalah batas berupa suatu lapisan yang memiliki saluran pori (*pore throat*) yang lebih kecil dibandingkan batuan sekitarnya, dengan demikian dapat meneruskan aliran hidrokarbon jika hidrokarbon tersebut memiliki perbedaan tekanan (*displacement pressure*) yang cukup. *Displacement pressure* adalah tekanan yang dibutuhkan hidrokarbon untuk memasuki ukuran porositas interkoneksi maksimum pada lapisan penyekat (Watts, 1987).

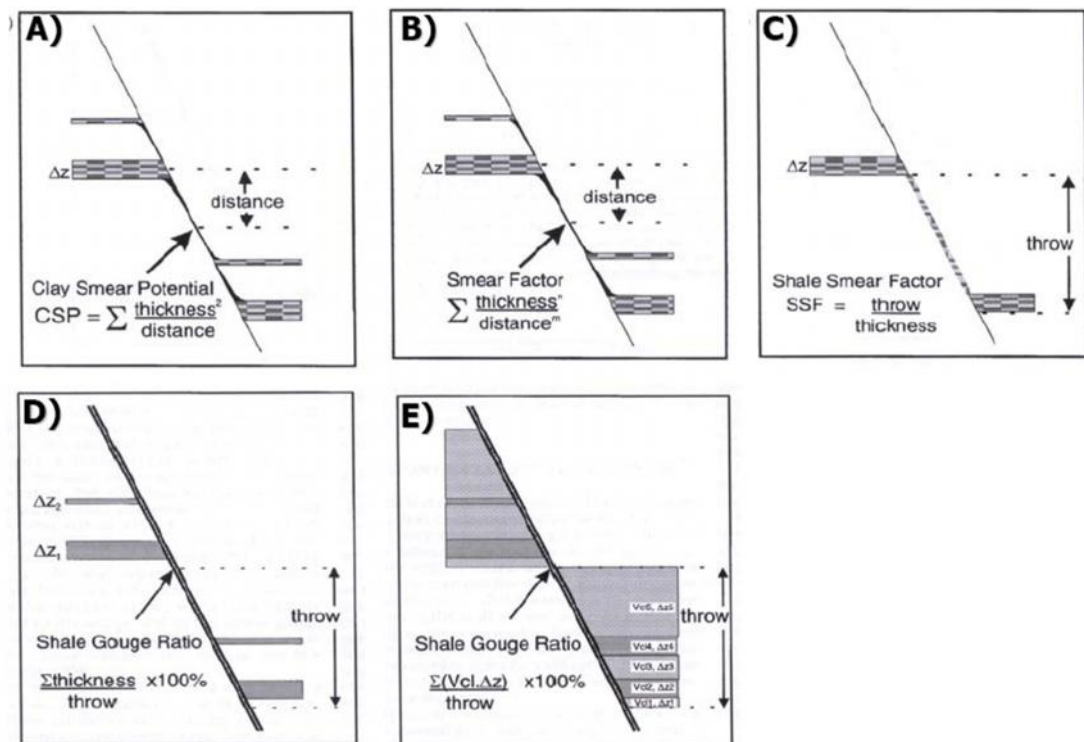
HYPOTHETICAL SITUATION	ANALYSIS OF FAULT SEAL	
	VERTICAL MIGRATION	LATERAL MIGRATION
 (a) SAND OPPOSITE SHALE AT THE FAULT HYDROCARBONS JUXTAPOSED WITH SHALE	SEALING	SEALING RESERVOIR BOUNDARY MATERIAL MAY BE THE SINGLE FORMATION OF FAULT ZONE MATERIAL
 (b) SAND OPPOSITE SAND AT THE FAULT HYDROCARBONS JUXTAPOSED WITH WATER	SEALING	SEALING SEAL MAY BE DUE TO A DIFFERENCE IN DISPLACEMENT PRESSURES ON THE SANDS OR TO FAULT ZONE MATERIAL WITH A DISPLACEMENT PRESSURE GREATER THAN THAT ON THE SANDS
 (c) SAND OPPOSITE SAND AT THE FAULT COMMON HYDROCARBONS CONTENT AND CONTACTS	SEALING	NON SEALING POSSIBILITY IS REMOTE THAT FAULT IS SEALING AND THE RESERVOIRS OF DIFFERENT CAPACITY HAVE BEEN FILLED TO EXACTLY THE SAME LEVEL BY MIGRATING HYDROCARBONS
 (d) SAND OPPOSITE SAND AT THE FAULT DIFFERENT WATER LEVELS	SEALING	UNKNOWN NONSEALING IF WATER LEVEL DIFFERENCE IS DUE TO DIFFERENCES IN CAPILLARY PROPERTIES OF THE JUXTAPOSED SANDS SEALING IF WATER LEVEL DIFFERENCE IS NOT DUE TO DIFFERENCES IN CAPILLARY PROPERTIES OF THE JUXTAPOSED SANDS
 (e) SAND OPPOSITE SAND AT THE FAULT COMMON GAS-OIL CONTACT, DIFFERENT OIL-WATER CONTACT	SEALING	NON SEALING POSSIBILITY IS REMOTE THAT FAULT IS SEALING AND MIGRATING GAS HAS FILLED THE RESERVOIRS OF DIFFERENT CAPACITY TO EXACTLY THE SAME LEVEL
 (f) SAND OPPOSITE SAND AT THE FAULT DIFFERENT GAS-OIL AND OIL-WATER CONTACT	SEALING	SEALING A DIFFERENCE IN BOTH GAS-OIL CONTACT AND OIL-WATER CONTACT INFERS THE PRESENCE OF BOUNDARY FAULT ZONE MATERIAL ALONG THE FAULT
 (g) SAND OPPOSITE SAND AT THE FAULT WATER JUXTAPOSED WITH WATER	UNKNOWN	UNKNOWN

Gambar 3.13 Hipotesis hubungan antara sesar–litologi–kontak fluida (Smith,1980).

3.6.2 Algoritma Sekatan Sesar

Yielding dkk (1997) berpendapat bahwa pembentukan material dalam zona sesar tersebut berkaitan erat dengan gesekan jenis litologi yang berbeda. Batuan

yang kaya akan lempung cenderung membentuk sekatan yang lebih baik karena mengandung material yang lebih halus sehingga memiliki lubang pori yang lebih kecil (Knipe, 1997). Beberapa peneliti telah membuat pendekatan untuk menentukan sifat sekatan material di dalam zona sesar. Tiga algoritma kapasitas *sealing* yang berhubungan dengan hal tersebut telah dikemukakan beberapa penulis (Gambar 3.9) yaitu : *Clay Smear Potential* (CSP: Bouvier dkk,1989) dan *Shale Smear Factor* (SSF:Lindsay dkk,1993), dan : *Shale Gouge Ratio* (Yielding dkk, 1997).



Gambar 3.14 Algoritma untuk memprediksi kapasitas *sealing* zona sesar. A), B), merupakan algoritma *Clay Smear Potential* (Bouvier dkk, 1989). C), merupakan algoritma *Shale Smear Factor* (Lindsay dkk, 1993). D), E), merupakan algoritma untuk menghitung *Gouge Ratio* (Yielding dkk, 1997).

Beberapa studi yang dilakukan oleh Shell menunjukkan bahwa SGR lebih baik dibandingkan CSP dan SSF (Yielding, 2002). Input yang dibutuhkan

algoritma ini lebih fleksibel dibandingkan CSP dan SSF dimana SGR dapat menggunakan rasio volume lempung setiap lapisan atau volume lempung rata – rata suatu zona.

3.6.3 Shale Gouge Ratio

Asumsi utama adalah material pasir dan lempung tergabung kedalam zona (*gouge*) sesar dengan proporsi yang sama (rasio) sebagaimana terdapat dalam batuan dinding (*wall rocks*) pada interval slipnya. Algoritma dasarnya menggunakan definisi ‘*window*’ sebagai *throw*-nya. *Shale Gouge Ratio* (SGR) adalah prediktor dari komposisi zona sesar, nilai SGR yang tinggi diharapkan berhubungan dengan pilosilikat yang banyak dalam zona sesar, kemudian nilai tekanan kapiler yang tinggi dan permeabilitas yang rendah. Perhitungan SGR memerlukan input dari kandungan pilosilikat (V_{sh} atau V_{clay}) untuk lapisan atau interval yang tersesarkan. Untuk perhitungan nilai SGR, terlebih dahulu dilakukan perhitungan *V-shale* atau *V-clay* pada masing-masing log sumur dengan menggunakan persamaan:

$$v_{sh} = \frac{Gamma Ray_{Log} - Gamma Ray_{Min}}{Gamma Ray_{Max} - Gamma Ray_{Min}} \quad (3.4)$$

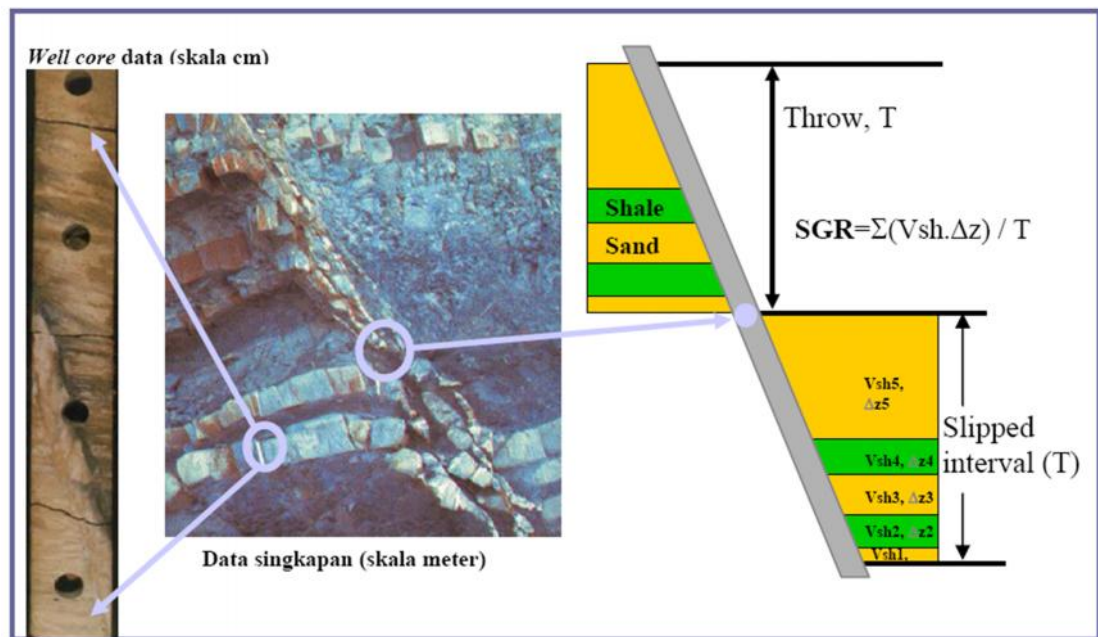
Setelah itu dapat dihitung Shale Gouge Ratio dengan menggunakan persamaan:

$$SGR = \sum(V_{sh} \times \Delta z) / Throw \quad (3.5)$$

Perhitungan SGR yang lebih besar dari 20% dinyatakan bahwa zona sesar tersebut menjadi zona sekatan fluida (*sealing fault*). Sedangkan perhitungan nilai SGR yang kurang dari 20% menyatakan bahwa zona tersebut merupakan

zona leaking dimana pada zona tersebut dapat mengalirkan fluida (Yielding dkk, 1997).

Pada **gambar 3.15** dibawah ini memperlihatkan prediksi komposisi zona sesar dengan algoritma perhitungan SGR dan analoginya dengan singkapan dilapangan dan data *core*.



Gambar 3.15 Prediksi komposisi zona sesar dengan algoritma perhitungan SGR dan analoginya dengan singkapan dilapangan dan data *core* (Dee, 2005).

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 27 November – 27Februari 2017 yang bertempat diKPRT Eksplorasi II ,PPPTMGB ‘LEMIGAS’ Jl. Ciledug RayaKav. 109 Kebayoran Lama, Jakarta Selatan dan di Gedung L Teknik Geofisika Universitas Lampung. Dibawah ini merupakan tabel *time schedule* dari kegiatan tugas akhir penulis.

Tabel 4.1 *Time Schedule*

No	Kegiatan	Minggu ke											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Studi Pustaka												
2	Pengaturan Database												
3	Pengolahan Data												
4	Interpretasi Data												
5	Penyusunan Laporan												

4.2. Persiapan Data

4.2.1. Pembuatan dan Pengaturan Database

Data yang digunakan belum tersusun dengan benar sehingga perlu dirapikan untuk memudahkan dalam tahap selanjutnya. Pengaturan *database* ini meliputi pengaturan *database* sumur, *top marker*, *checkshot*, *dataseismik* 3D dan *data core*.

4.2.2. Data seismik 3D

Data seismik yang digunakan dalam penelitian ini adalah *post stack time migration* dengan jumlah *inline* 345 dan jumlah *cross line* 188, dengan sampling rate sebesar 2 ms. Berikut ini adalah informasi data 3D seismik *post stack time migration*.

3-D SEISMIC LOADING INFORMATION

Upper Left Line: 345
Upper Left Trace: 1
CDP: 64673
X: 788039
Y: 976675

Upper Right Line: 345
Upper Right Trace: 188
CDP: 67860
X: 808604
Y: 977163

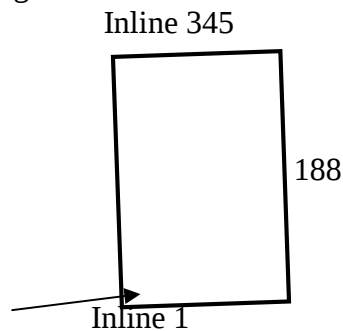
Inline Bearing: 88.64 Degrees

Datum: 5500 ft

Xline 1

Vc: 9000 ft/sec

Origin



Lower Left Line: 1
Lower Left Trace: 1
CDP: 1
X: 788937
Y: 938846
Number of Inlines(lines): 345
Inline spacing (interval): 110

Lower Right Line: 1
Lower Right Trace: 188
CDP: 188
X: 809502
Y: 939334
Number of Crosslines (traces): 188
Crossline spacing (interval): 110

Data Format: SEG Y

Data Length (ms): 3000

Sample Rate: 2ms

Header Information

Inline (line) bytes: 17- 20 and 181-184

Crossline (trace) bytes: 13- 16 and 185-188

CDP X_COORD bytes: 81- 84 and 189-193

CDP Y_COORD bytes: 85- 88 and 193-196

4.2.3. Data Sumur

Dalam penelitian ini digunakan 2 data sumur, yaitu G-1 dan G-2 yang dimana masing-masing sumur memiliki berbagai macam data sumur. Rincian dari data sumur yang dimiliki dari masing-masing sumur dijelaskan pada tabel 2.

Tabel 4.2 Data Sumur

Sumur	GR	Caliper	SP	NPHI	RHOB	DT	Resistivitas
G-1	v	v	v	v	v	v	v
G-2	v	v		v	v	v	v

4.2.4 Data Checkshot

Data *checkshot* digunakan untuk mendapatkan hubungan antara kedalaman dengan waktu. Data *checkshot* digunakan untuk mengikat data sumur dengan seismik (*well tie to seismic*). Adapun data *checkshot* dan data *core* pada penelitian ini hanya terdapat pada sumur G-1, sedangkan untuk sumur G-2 pada saat proses *well tie to seismic* menggunakan *checkshot* buatan yang telah dikoreksi dengan marker geologi.

4.2.5. Data Marker Geologi

Data marker geologi yang terdapat pada sumur G-1 dan G-2 dimulai dari formasi *Crow Mountain* hingga formansi *Red Peak*.

4.3. Software dan Hardware

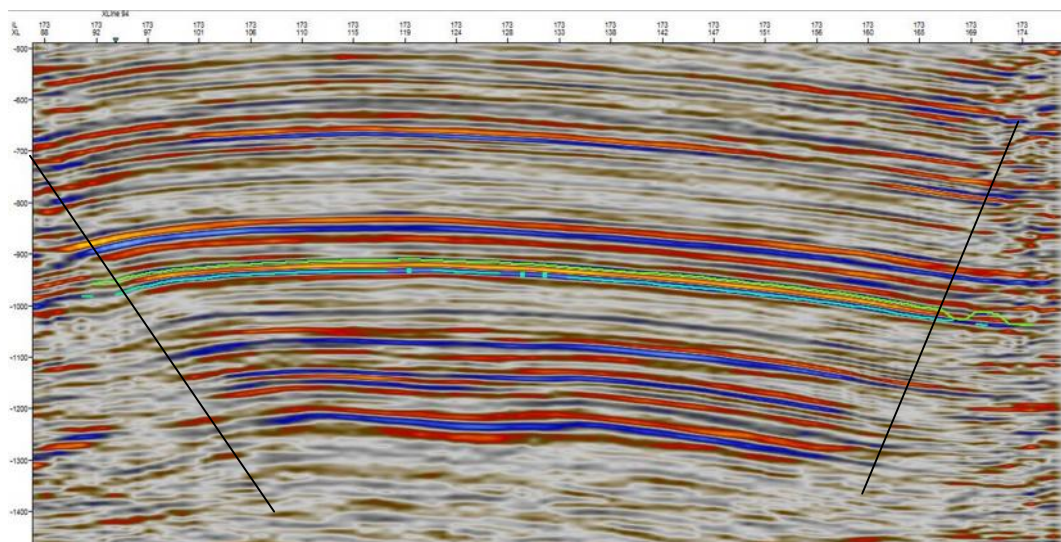
Software yang digunakan pada penelitian ini adalah *Hampson Russell (HRS)* versi CE8R4, *Petrel* versi 2009 dan *Interactive Petrophysics (IP)*.

Sedangkan untuk *hardware* yang digunakan adalah sebuah laptop dan alat tulis.

4.4. Pengolahan Data

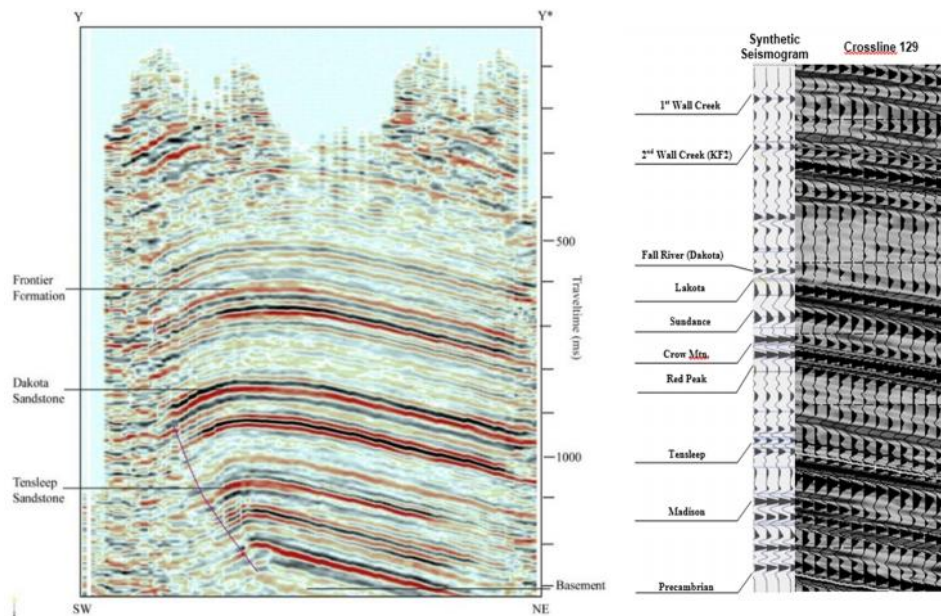
4.4.1. Interpretasi Horizon

Loading data pertama adalah dengan menggunakan software Petrel yaitu dengan melakukan interpretasi horizon. Interpretasi *horizon* dilakukan menggunakan 3 cara yaitu *picking horizon*, menghitung *horizon* menggunakan kalkulator seismik, dan menggunakan *surface* atribut (minimum/maksimum amplitudo). Langkah pertama dalam interpretasi *horizon* adalah dengan melakukan *picking horizon* dengan mengikuti referensi berdasarkan data *marker* geologi. Untuk mendapatkan interpretasi *horizon* lainnya tanpa harus melakukan *picking* adalah dengan menghitung menggunakan kalkulator seismik. Hasil interpretasi menggunakan kalkulator seismik ini belum sesuai sehingga perlu dilakukan perhitungan *surface* atribut untuk mendapatkan horizon yang digunakan. Dalam melakukan interpretasi, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu kesesuaian *horizon* yang kita lakukan interpretasi dengan formasi sesungguhnya.



Gambar 4.16 Proses interpretasi horizon dan patahan

Dalam melakukan interpretasi *horizon* terdapat acuan yang diikuti peneliti dalam melakukan interpretasi



Gambar 4.17 Letak Formasi pada lapangan *Teapot Dome*(Ayoro, 2007).

4.4.2. Pembuatan peta 2D Surface Atribut

Pembuatan peta 2D *surface* ini dilakukan pada formasi yang telah dilakukan *picking horizon* baik mulai dari *horizon* formasi *Crow Mountain* hingga *Red Peak*, dengan tujuan untuk mengetahui perubahan pola patahan. Atribut yang digunakan adalah atribut *extract value* dengan input berupa volume seismik dan *horizon* ataupun *surface* yang telah dibuat. Dalam membuat peta 2D *surface* atribut perlu memperhatikan persebaran nilai data seismik yang digunakan, dan pengaturan warna, oleh karena itu perlu memperhatikan histogram dari data tersebut.

4.4.3. Analisis Data Sumur

Proses pengolahan data sumur dilakukan menggunakan *software Interactive Petrophysic* adapun tahapan yang dilakukan adalah melakukan interpretasi kualitatif dan interpretasi kuantitatif terhadap data sumur. Interpretasi kualitatif ini terdiri dari interpretasi litologi, reservoir, dan interpretasi lingkungan pengendapan menggunakan interpretasi sumur Gamma Ray. Sedangkan Interpretasi kuantitatif data sumur terdiri dari perhitungan volume shale.

4.4.4. Ekstraksi Wavelet dan Well-Seismic Tie

Proses *well-seismic tie* merupakan proses pengikatan antara data sumur dengan data seismik yang tujuan untuk menyamakan domain sumur berupa kedalaman dan domain seismik berupa waktu. Tujuan dari proses *well seismic tie* ini adalah untuk mengetahui posisi atau marker geologi pada data seismik. Pengikatan ini akan menghasilkan koefisien korelasi antara data dengan seismogram sintetik dengan nilai antara 0 sampai 1.

Statistical Wavelet Extraction Menu

Wavelet Parameters

Wavelet Name:

Wavelet Length: ms

Taper Length: ms

Phase Rotation: degrees

Phase Type:

☒ Constant Phase

☐ Minimum Phase

OK Reset Cancel << Back Next >> Help

Gambar 4.18 Ekstraksi wavelet *statistical*

Proses ekstraksi wavelet dapat dilakukan dengan beberapa metode salah satunya adalah dengan cara statistik, yaitu dengan cara mengekstraksi wavelet dari suatu *cube* seismik disekitar zona target. Kemudian membuat wavelet *Ricker* dan menggunakan data sumur, dimana proses ekstraksi wavelet dilakukan disekitar lokasi sumur. Untuk memperoleh nilai korelasi yang tinggi maka dilakukan proses *auto shifting* serta *stretch*. Dimana saat melakukan *stretch* diharapkan tidak berlebihan karena sebenarnya proses *stretching* akan mengubah data sumur. Langkah tersebut diaplikasikan pada tiap-tiap sumur, sehingga pada tiap sumur tersebut mempunyai wavelet yang berbeda-beda.

4.4.5. Picking Horizon

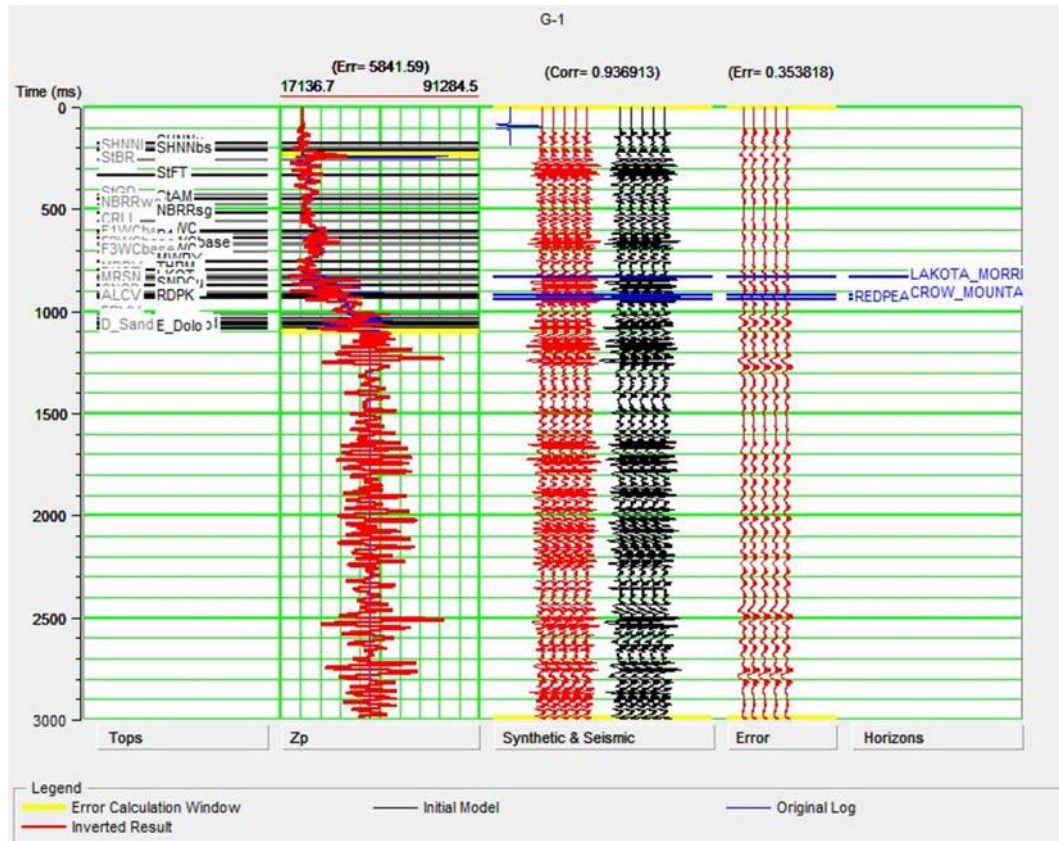
Tahapan ini telah dilakukan pada pembuatan peta atribut seismik, sehingga hasil *horizon* patahan yang telah diinterpretasi dapat digunakan untuk proses inversi.

4.4.6. Analisis *Cross plot*

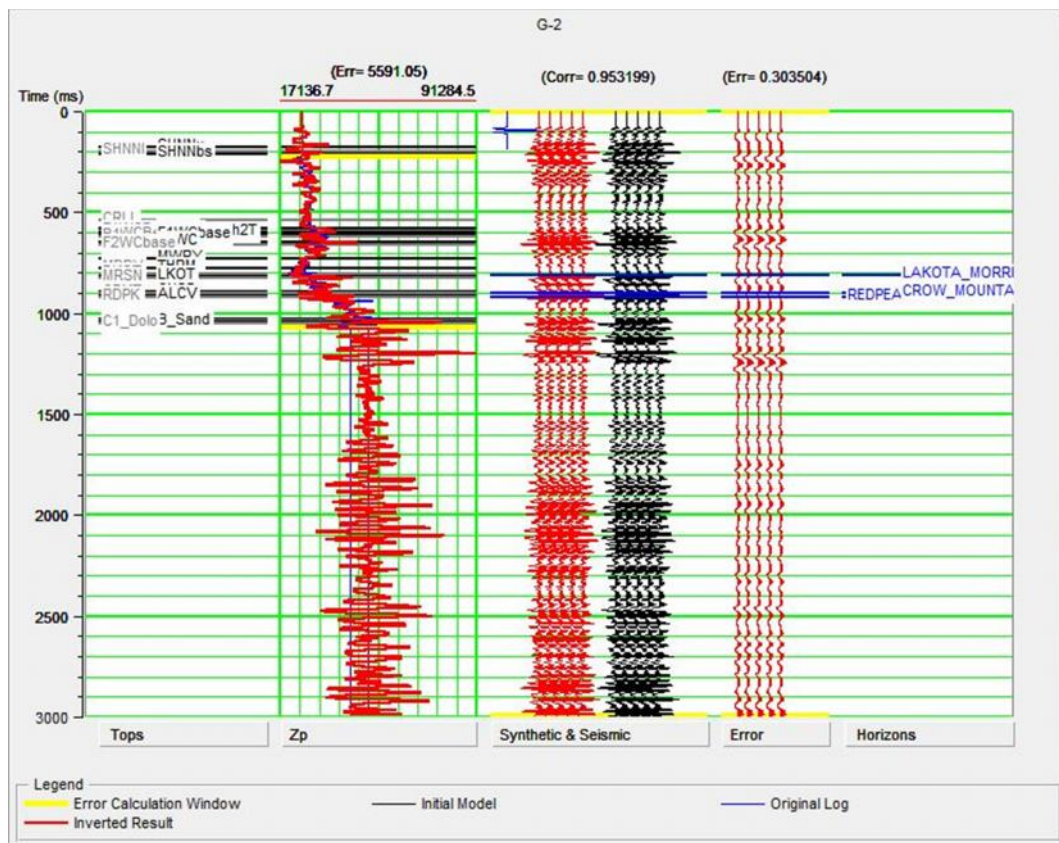
Sebelum memasuki tahap inversi terlebih dahulu di lakukan pengecekan zona litologi berdasarkan nilai impedansinya dengan *crossplot* antara impedansi dengan sumur yang ada pada sumur tersebut (*gamma ray*, *porosity*, dan *P-Impedance*).Setelah itu dilakukan zonasi antara zona impedansi rendah dan zona impedansi tinggi kemudian dilakukan *cross section*.Apabila nilai impedansi dapat memisahkan zona secara tegas, kemungkinan hasil inversi mampu digunakan untuk mengkarakterisasi reservoir.

4.4.7. Model Inisial

Pembuatan model inisial menggunakan data seismik dan data sumur. Adapun data sumur impedansi akustik yang didapat dari log *sonic* dengan log densitas. Model inisial ini akan digunakan sebagai kontrol ketika melakukan inversi, oleh karena itu hasil dari model inisial ini akan menentukan bagus tidaknya hasil inversi. Dalam membuat model inisial digunakan horizon hasil interpretasi yang berguna untuk membatasi pembuatan model inisialnya dan hasil inversinya. Adapun input dari pembuatan model inisial terdiri dari semua sumur yang telah dilakukan *well seismic tie*, *horizon* yang menjadi target, dan memasukkan *high cut frequency*.



Gambar 4.19 Korelasi model dan inversi well G-1



Gambar 4.20 Korelasi model dan inversi well G-2

4.4.8. Analisis Hasil Inversi

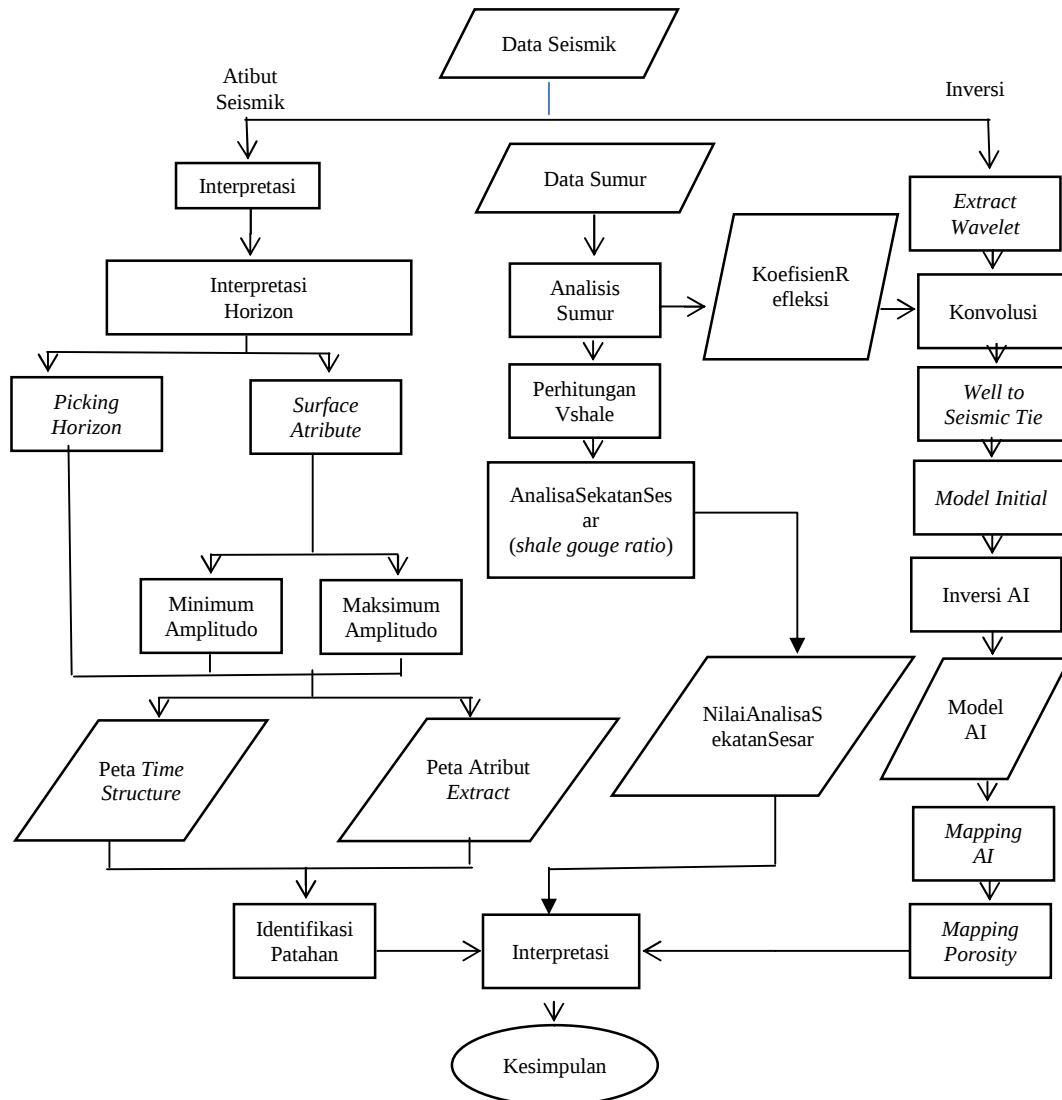
Analisis dilakukan dengan menggunakan *model base inversion*, dan *band limited* yang kemudian akan didapat nilai korelasi dan *error* antara hasil inversi dengan *model inisial*. Untuk mendapat nilai korelasi yang besar dan nilai *error* yang kecil, maka dipilih suatu wavelet yang cocok untuk masing-masing sumur. Selain itu terdapat beberapa parameter yang perlu dirubah untuk mendapatkan nilai korelasi yang tinggi diantaranya ialah *sample rate*, data log impedansi akustik pada sumur yang digunakan horizon, ukuran blok rata-rata, nilai pembatas (*soft constrain*), serta jumlah iterasi yang digunakan.

4.4.9 Analisis Sekatan Sesar

Analisa sekatan sesar dilakukan dengan penentuan nilai *Shale Gouge Ratio* (SGR). Nilai SGR diperoleh dari perhitungan antara nilai *volume shale* di setiap ketebalan lapisan *juxtaposition* dengan besar loncatan sesar (*throw*). Hasil dari perhitungan SGR adalah nilai SGR yang berada pada bidang sesar. Sesar akan bersifat *sealing* jika nilainya lebih besar dari 20%. Sebaliknya nilai SGR yang lebih kecil dari 20% akan bersifat *leaking*.

4.5. Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir yang digunakan pada penelitian ini



Gambar 4.21 Diagram alir penelitian

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan identifikasi patahan menggunakan atribut seismik menunjukkan jenis patahan *reverse fault* di sisi utara daerah penelitian dan sesar G-1 mempunyai nilai *Shale Gouge Ratio* sebesar 58,4% dan sesar G-2 mempunyai nilai *Shale Gouge Ratio* sebesar 26,9% yang artinya kedua sesar tersebut berpotensi sebagai penyekat hidrokarbon (*sealing*).
2. Hasil inversi menunjukkan metode inversi *model base* merupakan metode dengan hasil inversi terbaik. Pengaruh *reverse fault* yang membagi daerah penelitian menjadi dua dome menunjukkan perbedaan nilai impedansi akustik yang rendah yaitu berkisar 35.000 (ft/s)*(g/cc) hingga 38.000 (ft/s)*(g/cc) pada sisi utara dan pada sisi selatan yaitu berkisar 29.000 (ft/s)*(g/cc) hingga 32.000 (ft/s)*(g/cc) .
3. Litologi yang terdapat pada Formasi *Crow Mountain* dan Formasi *Red Peak* terdiri dari batupasir dan sisipan *dolomite* dengan nilai porositas efektif pada sumur G-1 sebesar 0.108, sumur G-2 sebesar 0.079.
4. Dalam penelitian ini tidak terdapat sesar/patahan yang bersifat *non sealing*.

6.2. Saran

Saran untuk peneliti selanjutnya:

1. Diperlukan software lain agar identifikasi sesar dapat terlihat jelas dan dapat menghasilkan model sesar yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, Y., 2011. *Pemodelan Impedansi Akustik untuk Karakterisasi Reservoir pada Daerah 'X' Sumatra Selatan*. (Skripsi). UI. Depok.
- Ayoro, A. O. O. 2007. *An Approach To Mapping Shallow Petroleum Reservoirs Using Integrated Conventional 3d And Shallow P- And Sh-Wave Seismic Reflection Methods, Teapot Dome Field, Casper, Wyoming*. (Tesis). Brigham Young University. Provo.
- Black, B.J., Anderson, T. C., dan Jane, Ng. *Characterizing the Lakota Sandstone using 3D Seismic Data and Well Data: Teapot Dome, Wyoming*. (Poster). AAPG.
- Bouvier, J.D., Kaars-Sijpesteijn, C.H., Kluesner, D.F., Onyejekwe, C.C., dan van der Pal, R.C., 1989. *Three-dimensional seismic interpretation and fault sealing investigation, Nun River Field, Nigeria: AAPG Bulletin*, v.73.
- Davis, G.H., dan Reynolds, S.J., 1996. *Structural Geology of Rock and Region*, John Wiley & Sons Inc., New York, USA.
- Dee, S., 2005. *Fault Seal Analysis Training Course*: Badley, TT 5.2, Jakarta.
- Fransisca, I. 2009. *Metode Efektif untuk Mendelineasi Faults Menggunakan Volume Atribut: Shaded Relief, dan Horizon Atribut: Dip, Azimut, dan Curvature Formasi Tensleep, Wyoming*. (Tesis). UI. Depok.
- Gadallah, R. M., dan Fisher, R. 2009. *Exploration Geophysics*. Springer. Berlin.
- Jnanaparama, M. A. 2017. *Evaluasi Formasi Menggunakan Analisis Data Log Dan Core Pada Lapangan Md, Formasi Tensleep, Powder River Basin, Wyoming U.S.A*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Kearns, R dan F.C. Boyd., 1963. *The Effect of a Marine Seismic Exploration on Fish Population in British Colombia*. Vancouver, Canada.

- Knipe, R.J., 1997. *Juxtaposition and Seal Diagram to Help Analyze Fault Seal in Hydrocarbon Reservoir*: AAPG Bulletin, v.81, p. 187-195. Kunto, Tri Wido., 2005.
- Lindsay, N.G., Murphy, E.C., Walsh, J.J., dan Watterson, J., 1993. *Outcrop studies of shale smears on fault surface*. International Association of Sedimentology.
- Mulhadiono., 1982. *Besitang River Sand as the First Turbidite Reservoir in Indonesia*. Indonesia Pet. Assoc., 11th Annual Convention, Jakarta.
- Prayogo, L., Syahputra, R., dan Haris, A. 2014. *Evaluasi Reservoir Batupasir Menggunakan Analisis Petrofisika Pada Lapangan Teapot Dome*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Sahoo, T.R., Nayak, S., Senapati, S., dan Singh, Y.N., 2010. *Fault Seal Analysis: A method to reduce uncertainty in Hydrocarbon Exploration. Case Study: Northern part of Cambay Basin*. 8th Biennial International Conference & Exposition on Petroleum Geophysics, India.
- Singhal, B.B.S., dan Gupta, R.P., 2010. *Applied Hydrogeology of Fractured Rocks* (2nded). New York: Springer Science+Business Media B.V.
- Smith, D.A., 1980. *Sealing and non-sealing fault in Louisiana Gulf Coast Salt basin*: AAPG Bulletin, v. 64.
- Sukmono, S., 1999. Interpretasi Seismik Refleksi. ITB, Bandung.
- Sukmono, S., 2016. Seismic Inversion for Reservoir Characterization. Jurusan Teknik Geofisika ITB. Bandung.
- Twiss, R.J., dan Moores, E.M., 1992. Structural Geology, W.H. Freeman and Company, New York, USA, 532 p.
- Watts, N., 1987. *Theoretical aspects of cap rock and faults seals for single and two- phase hydrocarbon columns*. Mar. Pet. Geol.
- Yielding, G., Freeman, B., dan Needham, T., 1997. *Quantitative Fault Seal Prediction*. AAPG Bulletin., v.81.
- Yielding, G., 2002. *Shale Gouge Ratio – calibration by geohistory*: NPF Special Publication 11.