

**MENENTUKAN SUMBER DAYA HIDROKARBON MENGGUNAKAN  
ANALISIS PETROFISIKA DAN INVERSI SEISMIC IMPEDANSI  
AKUSTIK PADA LAPANGAN “RZL”**

(Skripsi)

Oleh:

**Zeallin Istiqomah Rizal**



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
2019**

**DETERMINING HYDROCARBON RESOURCES USING  
PETROPHYSICAL ANALYSIS AND SEISMIC INVERSION OF  
ACOUSTIC IMPEDANCE IN THE "RZL" FIELD**

**By**

**Zeallin Istiqomah Rizal**

**ABSTRACT**

Reservoir analysis is important thing to do to find out hydrocarbon resource. Petrophysical analysis and seismic inversion make it easier for researchers to analyze and characterize the reservoir. The research area, located in the Flover Formation, Bonaparte Basin in “RZL” Field with the main prospect is gas. In this study the hydrocarbon potential zone in RZL field was identified in RZL-1 well at depth 3960-4266 ft. In RZL-3 well at depth 4190-4453 ft. In RZL-4 at depth 4223-4538 ft. From the results of the analysis, it can be concluded that the productive layer containing hydrocarbons can be searched in two ways, qualitative interpretation and quantitative interpretation. For qualitative interpretation, it can be seen from the low gamma ray value, the separation between RHOB and NPHI and high resistivity. And for quantitative interpretation of RZL-1 well has a Vshale value 31.1 %, effective porosity 7.6 %, SW 15.5 % and permeability 2823.887 mD. With net to gross values in RZL-1 well 0.81, in RZL-3 well 0.94, in RZL-4 well 0.86. And for the bulk volume in RZL-1 well 317,291 acre.ft, in RZL-3 well 2,912,200 acre.ft, in RZL-4 well 3,779,480 acre.ft. This field accumulates 42.97 mmscf or 42,970,000 scf of gas.

Keywords: Petrophysical Analysis, Seismic Inversion, Hydrocarbon Resources.

**MENENTUKAN SUMBER DAYA HIDROKARBON MENGGUNAKAN  
ANALISIS PETROFISIKA DAN INVERSI SEISMIC IMPEDANSI  
AKUSTIK PADA LAPANGAN “RZL”**

Oleh

**Zeallin Istiqomah Rizal**

**ABSTRAK**

Analisis reservoir merupakan hal yang penting untuk dilakukan guna mengetahui sumberdaya hidrokarbon. Analisis petrofisika dan seismik inversi mempermudah peneliti untuk menganalisis dan karakterisasi reservoir. Daerah penelitian yang terletak pada cekungan bonaparte di Lapangan RZL dengan formasi plover ini memiliki prospek utama gas. Dalam penelitian ini zona potensi hidrokarbon pada lapangan RZL ini diidentifikasi pada sumur RZL-1 berada pada kedalaman 3960-4266 ft. Pada sumur RZL-3 berada pada kedalaman 4190-4453 ft. Pada sumur RZL-4 berada pada kedalaman 4223-4538 ft. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa lapisan produktif yang mengandung hidrokarbon dapat dilakukan dengan dua cara, interpretasi kualitatif dan interpretasi kuantitatif. Untuk interpretasi kualitatif dapat dilihat dari nilai gamma ray yang rendah, separasi antara *RHOB* dan *NPHI* dan resistivitas yang tinggi. Sedangkan untuk interpretasi kuantitatif pada sumur RZL-1 memiliki nilai *volume shale* sebesar 31,1 %, porositas efektif sebesar 7,6 %, *Sw* sebesar 15,5 % dan permeabilitas sebesar 2823,879 mD. Dengan nilai *net to gross* pada sumur RZL-1 sebesar 0,81, sumur RZL-3 sebesar 0,94, sumur RZL-4 sebesar 0,86. sedangkan *volume bulk* pada sumur RZL-1 317.291 acre.ft , sumur RZL-3 2.912.200 acre.ft, sumur RZL-4 3.779.480 acre.ft. Lapangan ini mengakumulasi 42,97 mmscf atau 42.970.000 scf gas.

Kata Kunci: Analisis Petrofisika, Seismik Inversi, Sumberdaya Hidrokarbon.

**MENENTUKAN SUMBER DAYA HIDROKARBON MENGGUNAKAN  
ANALISIS PETROFISIKA DAN INVERSI SEISMIC IMPEDANSI  
AKUSTIK PADA LAPANGAN “RZL”**

Oleh

**ZEALLIN ISTIQOMAH RIZAL**

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  
2019**

Judul Penelitian : **MENENTUKAN SUMBER DAYA  
HIDROKARBON MENGGUNAKAN ANALISIS  
PETROFISIKA DAN INVERSI SEISMIK  
IMPEDANSI AKUSTIK PADA LAPANGAN RZL**

Nama : **Zeallin Istiqomah Rizal**

No. Pokok Mahasiswa : 1515051011

Jurusan : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik



**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing,

Pembimbing I

Pembimbing II

**Dr. Ordas Dewanto, M.Si**  
NIP. 19661222 1999603 1001

**Dr. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si**  
NIP. 19711210 199702 1001

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

**Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.**  
NIP. 19750911 200012 1002

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

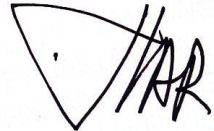
**Ketua : Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si.**



**Sekretaris : Dr. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si.**



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Prof. Drs. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.**



**Dekan Fakultas Teknik**

**Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 19620717 198703 1002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 01 Oktober 2019**



## 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 pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

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

Bandar Lampung, 07 Oktober 2019



*Zeallin*  
**Zeallin Istiqomah Rizal**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kalibalangan, pada tanggal 07 Juni 1997, anak ke-empat dari pasangan Bapak Syamsurizal, S.H. dan Ibu Seprida. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) pada tahun 2003 di TK Islam Ibnu Rusyd Kotabumi, dilanjutkan ke jenjang Sekolah Dasar di SD Negeri 04 Tanjung Aman Lampung Utara yang selesai pada tahun 2009. Selanjutnya, penulis menempuh pendidikan Sekolah Menengah di SMP Negeri 7 Kotabumi Lampung Utara hingga tahun 2012 dilanjutkan di SMA Negeri 3 Kotabumi Lampung Utara hingga tahun 2015. Selanjutnya pada tahun yang sama penulis terdaftar sebagai mahasiswi di Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung angkatan 2015 melalui jalur undangan SNMPT (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi).

Selama menjadi mahasiswi, penulis aktif di beberapa kegiatan kampus antara lain: Eksekutif Muda BEM-FT Universitas Lampung (2015-2016), Anggota Muda FOSSI-FT Universitas Lampung (2015-2016), Anggota aktif divisi *Internal* SEG (*Society of Exploration Geophysicist*) *Student Chapter* Universitas Lampung (2016-2017), Anggota aktif divisi Sains dan Teknologi di HIMA TG Bhuwana Periode (2016-2017), Sekretaris Dinas Kesekretariatan BEM-FT Universitas



Lampung Periode (2016-2017), Sekretaris Bidang Multimedia Informasi Himpunan Mahasiswa TG Bhuwana Periode (2017-2018).

Selama masa kuliah, penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Well Logging pada tahun 2018-2019. Penulis pernah menerima beasiswa PPA pada semester 6.

Pada Maret 2018, penulis tercatat melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi (LEMIGAS) dengan mengambil tema penelitian **“Identifikasi Reservoir Gas berdasarkan Analisa dari Data Well Logging Lapangan “ZT” Daerah Cekungan Banggai-Sula Sulawesi Tengah”**. Pada Juli 2018, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Setia Agung, Kecamatan Gunung Terang, Kabupaten Tulang Bawang Barat. Pada Oktober 2018, penulis melakukan penelitian Tugas Akhir (TA) di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi (LEMIGAS) hingga akhirnya penulis berhasil menyelesaikan pendidikan sarjananya pada 01 Oktober 2019 dengan mengambil judul **“Menentukan Sumber Daya Hidrokarbon Menggunakan Analisis Petrofisika dan Inversi Seismik Impedansi Akustik Pada Lapangan RZL”**.

## PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, saya persembahkan skripsi ini kepada :

*Ayahanda Dan Ibunda Tercinta  
Bapak Syamsurizal, S.H. Dan Ibu Seprida*

Terima kasih atas kasih sayang yang berlimpah dari mulai saya lahir, hingga saya sudah sebesar ini. Apa yang saya dapatkan hari ini, belum mampu membayar semua kebaikan, keringat, dan juga air mata kalian. Terima kasih atas segala dukungan kalian, baik dalam bentuk materi maupun moril. Karya ini saya persembahkan untuk kalian, sebagai wujud rasa terima kasih atas pengorbanan dan jerih payah kalian. Terima kasih juga atas limpahan doa yang tak berkesudahan. Serta segala hal yang telah kalian lakukan, semua yang terbaik

*Kakak dan Adikku Tersayang  
M. Steven Rizda Atska Mandala  
Ahmad Whenda Zarkasy Syam  
Renza Rahmawaty Rizal  
Zealda Azzahra Rizal*

Tiada waktu yang paling berharga dalam hidup selain menghabiskan waktu dengan kalian. Walaupun saat dekat kita sering bertengkar, tapi saat jauh kita saling merindukan. Terima kasih untuk bantuan dan semangat dari kalian. Kalian adalah tempat saya berlari ketika saya merasa tidak ada yang memahami di luar rumah.

*Teknik Geofisika Universitas Lampung 2015*

Brother Jon dan Sist Jon yang telah menjadi keluarga kecil penulis selama kuliah, bisa menjadi bagian dari kalian sungguh pengalaman yang berharga. Terimakasih atas kebersamaannya. Semoga kesuksesan selalu menyertai kalian dimanapun dan kapanpun.

*Keluarga Besar Teknik Geofisika Universitas Lampung  
Almamater Tercinta, Universitas Lampung*

## MOTTO

*Berangkat dengan penuh keyakinan  
Berjalan dengan penuh keikhlasan  
Istiqomah dalam menghadapi cobaan  
“YAKIN, IKHLAS, ISTIQOMAH”  
(TGKH. Muhammad Zainuddin Abdul Madjid)*

*Andai kamu tau bagaimana Allah mengatur urusan hidupmu,  
pasti hati kamu akan meleleh karena cinta kepada-Nya  
(Ibnu Qayyim Al Jauziyah)*

*Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu,  
dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk  
bagimu; Allah mengetahui, sedangkan kamu tidak mengetahui  
(QS Al Baqarah 216)*

*Man Jadda Wajada  
Siapa yang bersungguh-sungguh pasti akan berhasil  
Man Shabara Zhafira  
Siapa yang bersabar pasti akan beruntung  
Man Sara Ala Darbi Washala  
Siapa yang menapaki jalan-Nya pasti akan sampai*

*Bermimpilah, lakukanlah, percayalah lalu dapatkanlah  
(Zeallin Istiqomah Rizal)*

## **KATA PENGANTAR**

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur senantiasa penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul **“Menentukan Sumberdaya Hidrokarbon Menggunakan Analisis Petrofisika dan Seismik Inversi Impedansi Akustik Pada Lapangan RZL”**. Adapun dalam pelaksanaan dan penulisan laporan ini penulis menyadari bahwa selesainya proses ini tidak lepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kesempurnaan.

Atas segala kekurangan dan ketidak sempurnaan skripsi ini, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun kearah perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan wawasan bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Penulis

**Zeallin Istiqomah Rizal**

## SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin...

Dengan penuh rasa bersyukur, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas limpahan rahmat, karunia serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Menentukan Sumberdaya Hidrokarbon Menggunakan Analisis Petrofisika dan Seismik Inversi Impedansi Akustik Pada Lapangan RZL”**. Tidak dapat terselesaikan skripsi ini tanpa bantuan, dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Kedua orangtua terhebat, Ayah Syamsurizal dan Ibu Seprida, yang telah menjadi inspirasi dan motivasi terbesar penulis. Terimakasih banyak atas segala dukungan serta doa-doa kalian, sehingga penulis bisa berhasil menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah selalu menjaga dan melindungi kalian.
2. Bapak Prof. Suharno, M. Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung sekaligus selaku dosen penguji TA.
3. Bapak Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Ordas Dewanto, M.Si. dan Bapak Dr. Muh. Sarkowi, M.Si. selaku dosen pembimbing penulis yang selalu memberikan arahan, masukan,

dan motivasi serta kemudahan selama proses membimbing Tugas Akhir.

5. Dosen-dosen Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu serta pengetahuan kepada penulis.
6. Bapak Egi Wijaksono, S.T., M.T dan Bapak Sulistiono, M.Si. selaku pembimbing lapangan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi (LEMIGAS).
7. Jedati, Abang Stiv, Angguman, Adin Whenda, Kanjeng Renza, Adek Zahra dan Rey yang selalu memotivasi, mendoakan dan mengingatkan penulis bahwa merekalah yang selalu menunggu untuk dibuat bangga.
8. Partner Tugas Akhir Adit dan Dana di PPPTMBGB “LEMIGAS”. Adit, terimakasih sudah banyak membantu dan mengajari penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Dana, terimakasih atas resume tentang seismik nya. Semoga kebaikan kalian dibalas oleh Allah SWT.
9. Partner Tugas Akhir Jakarta Ayu, Dyna, Sunarni, Rindi dan Rani. Terimakasih untuk waktu serta pengalamannya.
10. Kak Bana, terimakasih sudah mengajari baik secara langsung maupun tidak langsung. Maaf sudah terlalu sering merepotkan. Semoga ilmu yang kakak berikan bermanfaat dan berguna bagi setiap orang yang kakak bantu. Tetaplah menjadi baik dimanapun dan kapanpun. Kak egi, terimakasih sudah mengajari walau dari chat. Terimakasih sudah mau direpotkan sampai menjelaskan dengan mengirim video agar lebih jelas.
11. Ozza, terimakasih sudah menjadi pembimbing teori seismik. Yang selalu bales chat on time dan mengajari hingga larut malam walau lewat chat. Ozza terbaik!.



12. Juli, yang selalu menemani dari pengerjaan awal skripsi sampai akhir. Dan selalu ada disaat penulis membutuhkan bantuan. Terimakasih atas support yang telah diberikan. Best Of The Best!!.
13. Sahabat “TG” Nabila, Nadiyah, Reski, Tata, Punky, Nova, Via, Ayu, Rima dan Siti. Terimakasih untuk dukungan langsung dan tidak langsung yang kalian berikan walaupun berada di kota yang berbeda, tetapi kita tetap saling support dan memberi kabar.
14. Sahabat “Receh” Tiara, Maulina, Lia dan Rani. Terimakasih atas tawa dan keceriaannya.
15. Sahabat “ter-Pance” Dana, Laras dan Rindi. Terimakasih untuk pengalaman pengalaman warna-warni sejak bersama dari awal masuk teknik walau kita sudah tak sedekat maba dulu.
16. Angkatan 2015 Brother Jon: yogina komti, keti wakomti, ojak, juli, magamaga, nurman, ableh, ade, abil, kiwil, monang, yuda, makpeng, bang ali, bang re, ayah fauzan, leri, presnawa, angga, fikri, adit, adek brian, kakek ariyan, oppa dokoy, bunaken. Sist Jon: rindi gupek, ester, ayu, maul, nopi, isti, eka, dyna, sunar, taira, lia, dana, emak rani, bunda risma, desi, salamah, ayas, tata, aweng. Terimakasih telah menjadi keluarga kecil penulis selama kuliah, bisa menjadi bagian dari kalian sungguh pengalaman yang berharga.
17. Babe marsuno, terimakasih sudah banyak membantu dan memperlakukan saya dengan baik setiap saya membutuhkan babe.
18. Serta semua pihak yang terlibat yang tidak dapat disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan terima kasih atas doa dan semoga Allah SWT mencatat dan mengganti semuanya sebagai amal sholeh. *Aamiin*.

Demikian skripsi ini disusun dengan sebaik-baiknya. Semoga dengan adanya skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Selain itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar menjadi lebih baik lagi kedepannya.

Bandar Lampung, 07 Oktober 2019

Penulis

**Zeallin Istiqomah Rizal**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRACT</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ix
<b>MOTTO</b> .....	x
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>SANWACANA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xxiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian .....	2
C. Batasan Masalah .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	

A. Lokasi Penelitian .....	3
B. Tektonik Regional .....	5
C. Stratigrafi Regional .....	7
1. Batuan Sedimen Tertua .....	7
2. Formasi Jhonson .....	7
3. Formasi Wangarlu .....	7
4. Formasi Echuca Shoal .....	7
5. Formasi Elang .....	7
6. Formasi Plover .....	7

### **BAB III TEORI DASAR**

A. Konsep Dasar <i>Welllogging</i> .....	9
1. <i>Wireline Logging</i> .....	9
2. Log Spontaneous (SP) .....	10
3. Log Resistivitas .....	11
4. Log Gamma Ray .....	14
5. Log Densitas .....	15
6. Log Neutron .....	17
7. Log Caliper .....	18
8. Log Sonic .....	19
B. Konsep Dasar Seismik Refleksi .....	21
1. Hukum-Hukum Gelombang Seismik .....	21
2. Koefisien Refleksi .....	24
3. Wavelet dan Polaritas .....	25
4. Checkshot .....	28
5. Seismogram Sintetik .....	29
C. Seismik Inversi .....	30
D. Analisis Petrofisika .....	32
1. <i>Volume Clay (Vcl)</i> .....	32
2. Porositas .....	34
3. Permeabilitas .....	37
4. Saturasi Air .....	38
5. Resistivitas Air .....	40
6. Hubungan Properti Reservoir .....	41
7. <i>Cut off</i> Reservoir dan <i>Lumping</i> Petrofisika .....	43
E. Perhitungan Sumber Daya Hidrokarbon .....	45
1. <i>Original Oil In Place (OOIP)</i> .....	46
2. <i>Original Gas In Place (OGIP)</i> .....	46

### **BAB IV METODOLOGI PENELITIAN**

A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	47
B. Alat dan Bahan .....	48
C. Prosedur Penelitian .....	48
1. Studi Literatur .....	48
2. Persiapan dan Pengumpulan Data .....	48
3. Pengolahan Data .....	49
D. Diagram Alir Penelitian .....	53

<b>BAB V</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A.	Pengolahan Data Log.....	54
1.	Parameter Petrofisika .....	56
a.	<i>Volume Shale</i> .....	57
b.	Porositas .....	59
c.	Resistivitas Air .....	60
d.	Permeabilitas .....	63
e.	Saturasi Air .....	64
2.	<i>Cut-off Property</i> .....	64
a.	<i>Cut-off</i> Porositas .....	65
b.	<i>Cut-off Volume Shale</i> .....	67
c.	<i>Cut-off</i> Saturasi Air .....	69
3.	<i>Lumping Data</i> .....	71
B .	Pengolahan dan Analisis Data Seismik .....	73
1.	Analisis <i>Well Seismic Tie</i> .....	74
2.	Analisis <i>Picking Horizon</i> .....	78
3.	Model <i>P-Impedance</i> dan Analisis .....	81
4.	Inversi Impedansi Akustik .....	87
C .	Perhitungan Sumberdaya Hidrokarbon.....	94
D .	Analisis.....	97

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

### **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 1.</b> Cekungan Bonaparte .....	4
<b>Gambar 2.</b> Tektonik Cekungan Bonaparte .....	6
<b>Gambar 3.</b> Stratigrafi Cekungan Bonaparte .....	8
<b>Gambar 4.</b> Karakteristik log Sp .....	11
<b>Gambar 5.</b> Prinsip kerja alat laterolog .....	12
<b>Gambar 6.</b> Prinsip kerja alat induksi .....	13
<b>Gambar 7.</b> Respon log <i>gamma ray</i> terhadap batuan .....	15
<b>Gambar 8.</b> Respon densitas terhadap batuan .....	16
<b>Gambar 9.</b> Respon log neutron .....	17
<b>Gambar 10.</b> Tipikal respon caliper untuk berbagai litologi .....	19
<b>Gambar 11.</b> Grafik log <i>sonic</i> terhadap respon litologi .....	20
<b>Gambar 12.</b> Gelombang ketika melewati medium yang berbeda menurut hukum Snellius .....	22
<b>Gambar 13.</b> Prinsip <i>Huygens</i> .....	23
<b>Gambar 14.</b> Prinsip <i>Fermat</i> .....	24
<b>Gambar 15.</b> Koefisien refleksi ( $R_c$ ) mendefinisikan perbedaan $AI$ pada batas litologi .....	25
<b>Gambar 16.</b> Jenis-jenis fasa <i>wavelet</i> .....	27



<b>Gambar 17.</b> Polaritas standar SEG dan European .....	28
<b>Gambar 18.</b> Kurva <i>checkshot</i> .....	30
<b>Gambar 19.</b> Sintetik seismogram yang didapatkan dari proses konvolusi koefisien refleksi dengan <i>wavelet</i> .....	28
<b>Gambar 20.</b> Pembagian jenis metode seismik inversi .....	32
<b>Gambar 21.</b> Hubungan <i>RHOB</i> dan <i>PHIE</i> .....	42
<b>Gambar 22.</b> <i>Lumping</i> petrofisika .....	44
<b>Gambar 23.</b> Teknik dasar <i>lumping</i> menggunakan parameter porositas .....	44
<b>Gambar 24.</b> Tampilan lembar kerja <i>software Interactive Petrophysic</i> .....	50
<b>Gambar 25.</b> Tampilan lembar kerja <i>software Hampson Russel</i> .....	51
<b>Gambar 26.</b> Tampilan lembar kerja <i>software</i> Petrel .....	52
<b>Gambar 27.</b> Diagram alir penelitian .....	53
<b>Gambar 28.</b> <i>Triple combo</i> RZL-1 .....	55
<b>Gambar 29.</b> <i>Triple combo</i> RZL-2 .....	55
<b>Gambar 30.</b> <i>Triple combo</i> RZL-3 .....	56
<b>Gambar 31.</b> <i>Triple combo</i> RZL-4 .....	56
<b>Gambar 32.</b> Nilai <i>volume shale</i> RZL-1 .....	58
<b>Gambar 33.</b> Nilai <i>volume shale</i> RZL-3 .....	58
<b>Gambar 34.</b> Nilai <i>volume shale</i> RZL-4 .....	59
<b>Gambar 35.</b> <i>Crossplot</i> HLLD/PHIE RZL-1 .....	61
<b>Gambar 36.</b> <i>Crossplot</i> HLLD/PHIE RZL-3 .....	62
<b>Gambar 37.</b> <i>Crossplot</i> HLLD/PHIE RZL-4 .....	62
<b>Gambar 38.</b> <i>Cut-off</i> porositas efektif RZL-1 .....	66
<b>Gambar 39.</b> <i>Cut-off</i> porositas efektif RZL-3 .....	66

<b>Gambar 40.</b> <i>Cut-off</i> porositas efektif RZL-4 .....	66
<b>Gambar 41.</b> <i>Cut-off</i> VCLGR RZL-1 .....	68
<b>Gambar 42.</b> <i>Cut-off</i> VCLGR RZL-3 .....	68
<b>Gambar 43.</b> <i>Cut-off</i> VCLGR RZL-4 .....	68
<b>Gambar 44.</b> <i>Cut-off</i> saturasi air RZL-1 .....	69
<b>Gambar 45.</b> <i>Cut-off</i> saturasi air RZL-3 .....	70
<b>Gambar 46.</b> <i>Cut-off</i> saturasi air RZL-4 .....	70
<b>Gambar 47.</b> Hasil <i>lumping</i> RZL-1 .....	72
<b>Gambar 48.</b> Hasil <i>lumping</i> RZL-3 .....	72
<b>Gambar 49.</b> Hasil <i>lumping</i> RZL-4 .....	73
<b>Gambar 50.</b> <i>Wavelet Statistical</i> .....	75
<b>Gambar 51.</b> Pengikatan data sumur terhadap data seismik RZL-1 .....	76
<b>Gambar 52.</b> Pengikatan data sumur terhadap data seismik RZL-2 .....	76
<b>Gambar 53.</b> Pengikatan data sumur terhadap data seismik RZL-3 .....	77
<b>Gambar 54.</b> Pengikatan data sumur terhadap data seismik RZL-4 .....	77
<b>Gambar 55.</b> Peta struktur waktu <i>top</i> res .....	79
<b>Gambar 56.</b> Peta struktur waktu <i>base</i> res .....	79
<b>Gambar 57.</b> Peta struktur kedalaman <i>top</i> res .....	80
<b>Gambar 58.</b> Peta struktur kedalaman <i>base</i> res .....	80
<b>Gambar 59.</b> Analisis model <i>P-Impedance</i> RZL-1 .....	81
<b>Gambar 60.</b> Analisis model <i>P-Impedance</i> RZL-2 .....	82
<b>Gambar 61.</b> Analisis model <i>P-Impedance</i> RZL-3 .....	82
<b>Gambar 62.</b> Analisis model <i>P-Impedance</i> RZL-4 .....	82
<b>Gambar 63.</b> Model awal RZL-1 .....	83

<b>Gambar 64.</b> Model awal RZL-2 .....	84
<b>Gambar 65.</b> Model awal RZL-3 .....	85
<b>Gambar 66.</b> Model awal RZL-4 .....	86
<b>Gambar 67.</b> Hasil Inversi Impedansi Akustik .....	88
<b>Gambar 68.</b> Hasil inversi impedansi akustik RZL-1.....	90
<b>Gambar 69.</b> Hasil inversi impedansi akustik RZL-2.....	91
<b>Gambar 70.</b> Hasil inversi impedansi akustik RZL-3.....	92
<b>Gambar 71.</b> Hasil inversi impedansi akustik RZL-4.....	93

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 1.</b> Variasi harga densitas batuan dengan kandungan fluida tertentu dari beberapa lapangan minyak bumi .....	16
<b>Tabel 2.</b> Densitas matriks berbagai litologi .....	36
<b>Tabel 3.</b> Skala penentuan baik atau tidaknya porositas .....	36
<b>Tabel 4.</b> Nilai permeabilitas berdasarkan kualitas secara umum .....	37
<b>Tabel 5.</b> Jadwal kegiatan penelitian .....	47
<b>Tabel 6.</b> Kelengkapan data <i>log</i> tiap sumur.....	48
<b>Tabel 7.</b> Range kandungan lempung pada zona target .....	59
<b>Tabel 8.</b> Range PHIT dan PHIE zona reservoir .....	60
<b>Tabel 9.</b> Nilai permeabilitas pada zona reservoir .....	63
<b>Tabel 10.</b> Nilai saturasi air pada zona target terindikasi reservoir.....	64
<b>Tabel 11.</b> Nilai <i>cut-off</i> porositas efektif pada zona target.....	67
<b>Tabel 12.</b> Nilai <i>cut-off volume shale</i> pada zona target.....	69
<b>Tabel 13.</b> Nilai <i>cut-off</i> saturasi air pada zona target .....	70
<b>Tabel 14.</b> Nilai <i>cut-off</i> tiap sumur .....	71

<b>Tabel 15.</b> <i>Cut-off summary</i> hasil lumping .....	73
<b>Tabel 16.</b> Hasil Pengikatan data sumur terhadap data seismik .....	78
<b>Tabel 17.</b> Nilai <i>volume bulk</i> masing-masing sumur .....	94
<b>Tabel 18.</b> Hasil perhitungan sumberdaya hidrokarbon.....	96

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Dalam perkembangan industri yang modern ini minyak dan gas masih saja sangat diminati, mengingat energi tak terbarukan ini keberadaannya mulai sangat sulit untuk ditemukan. Jumlah material *shale* di Indonesia sangatlah banyak, sehingga diharapkan beberapa tahun kedepan banyak tersedia minyak dan gas (Dewanto, dkk., 2017). Agar produktivitas minyak dan gas meningkat, perlu dilakukan studi geofisika. Adapun studi geofisika yang biasanya dilakukan yaitu analisis petrofisika. Untuk mendapatkan sumber daya hidrokarbon, analisis petrofisika merupakan hal yang penting untuk dilakukan. Dengan analisis petrofisika ini dapat diketahui parameter-parameter fisika batuan seperti volume shale, porositas, permeabilitas dan saturasi air. Selain analisis petrofisika, terdapat juga interpretasi seismik yang dilakukan agar didapatkan gambaran struktur bawah permukaan sehingga dapat ditentukan bentuk lapisan yang prospek di bawah permukaan bumi. Untuk mengintegrasikan antara data sumur dan data seismik dapat digunakan beberapa metode, antara lain yaitu dengan menggunakan metode seismik inversi.



Pada penelitian kali ini, digunakan metode inversi impedansi akustik. Impedansi akustik merupakan fungsi perkalian dari kecepatan gelombang ( $P$ ) dan densitas yang dapat membantu dalam menginterpretasikan parameter-parameter petrofisika. Penelitian ini dilakukan di cekungan Bonaparte terutama dilakukan pada formasi plover dengan prospek utamanya adalah gas. Untuk itu pada penelitian ini, analisis petrofisika dan inversi seismik perlu dilakukan untuk mengetahui sumber daya hidrokarbon pada lokasi penelitian menggunakan data yang ada.

## **B. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai pada kerja praktek ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan lapisan produktif yang mengandung hidrokarbon.
2. Menentukan *net to gross* dari data log dan *volume bulk* dari data seismik.
3. Menentukan sumberdaya hidrokarbon pada lapangan penelitian.

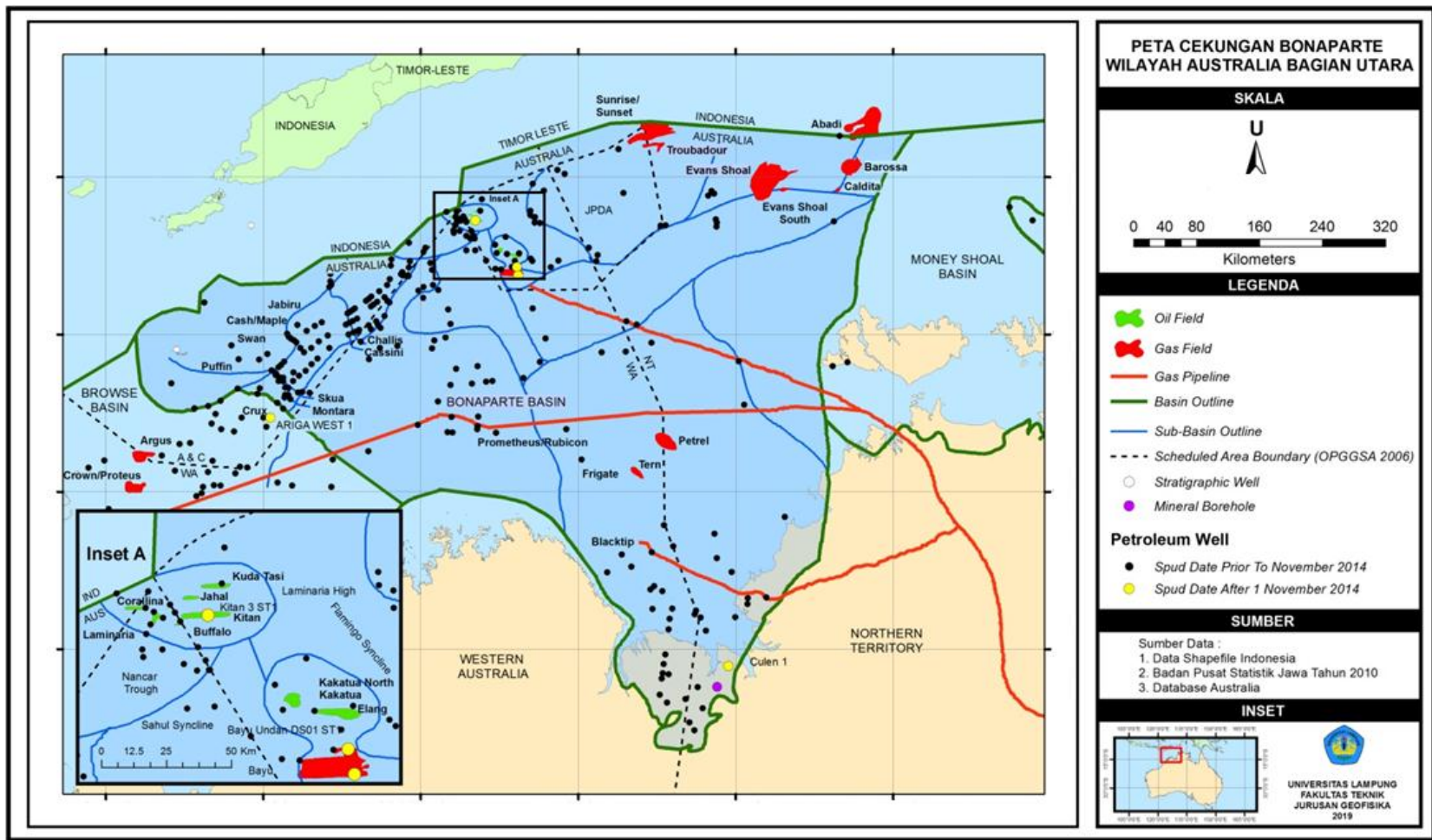
## **C. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah menginterpretasikan zona prospek menggunakan data log *gamma ray*, log densitas, log neutron, dan log resistivitas. Selain itu, melakukan interpretasi seismik inversi impedansi akustik dan mengintegrasikannya dengan data *logging* untuk mendapatkan data pendukung dalam perhitungan sumber daya hidrokarbon di lapangan penelitian.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Lokasi Penelitian

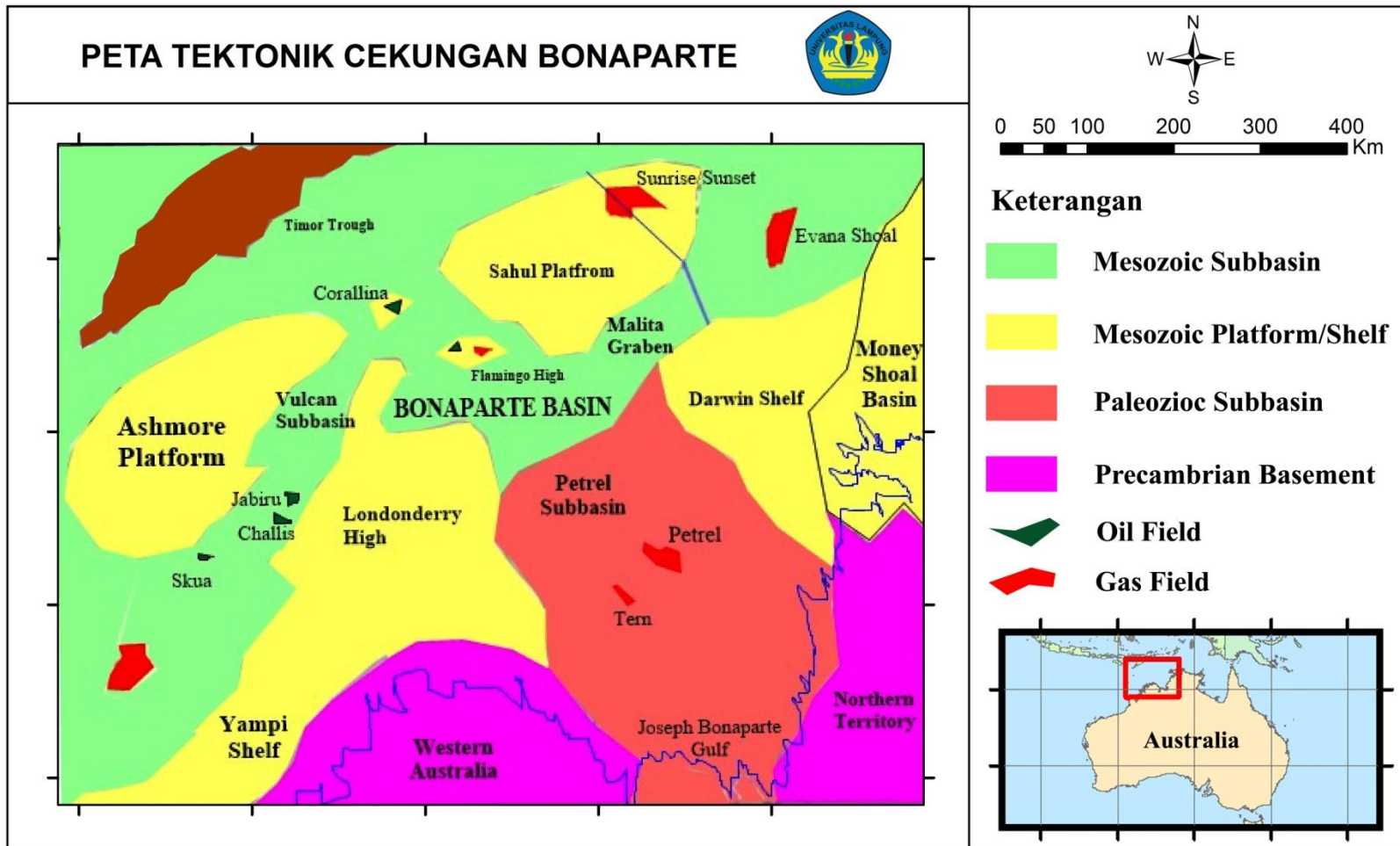
Cekungan Bonaparte merupakan lokasi penelitian yang berada diantara paparan *kontingen* Australia dengan paparan Eurasia di lepas pantai (*offshore*) luasnya sekitar 270.000 m<sup>2</sup>. Pada cekungan bonaparte ini kedalaman air lebih dari 3000 m dengan dibatasi ke barat laut oleh Lintas Timor. Cadangan gas dihasilkan dari akumulasi Bayu/Undan di daerah Laut Timor pada antara Timor-Leste dan Australia. Cekungan Bonaparte berbatasan dengan *Money Shoal Basin* di antara timur laut sedangkan barat daya bersebelahan dengan *Browse Basin* berbatasan dengan laut lepas Indonesia.



Gambar 1. Cekungan Bonaparte (Barret, dkk., 2004).

## **B. Tektonik Regional**

Cekungan Bonaparte berdasarkan strukturnya sangatlah kompleks, terdiri dari umur *Mesozoic* dan *Paleozoic* yang terdapat pada daerah *Platform*. Pada cekungan ini terdapat deposenter utama yang terjadi di lepas pantai (*offshore*). Untuk ekstensi luar Sub-cekungan Petrel, cekungan Timor Gap merupakan deposenter orthogonal pada Sahul Sinklin dan Malita Graben. Pada daerah selatan cekungan Bonaparte di batasi dengan Plover Shelves dan Darwin. Regional konstituen adalah bagian dari Sahul platform.



Gambar 2. Tektonik Cekungan Bonaparte (Mory, 1988).

### C. Stratigrafi Regional

Pada Stratigrafi cekungan Bonaparte dari umur tua sampai umur muda diurutkan sebagai berikut:

#### 1. Batuan Sedimen Tertua

Pada batuan ini terbentuk pada umur *Jurassic*, *Triassic*, *Permian*, *Creataceous* dan yang termuda *Tertiary*. Untuk umur Permian terbagi dua yaitu, *Upper* dan *Lower* (umur atas dan umur bawah). Untuk umur *Triassic* terbagi menjadi tiga yaitu, *Upper*, *Middle*, dan *Lower*.

#### 2. Formasi Jhonson

Untuk Formasi Jhonson endapan dominannya mengandung batulempung (*claystone*) *calclutities*, *interbended*, napal, dan batulempung gampingan.

#### 3. Formasi Wangarlu

Untuk Formasi Wangarlu terbentuk atas batulempung (*claystone*) silika yang cukup konsisten.

#### 4. Formasi Echuca Shoal

Untuk Formasi Echuca Shoal tersusun atas material batu lempung dan jejak material karbonat.

#### 5. Formasi Elang

Untuk Formasi Elang selaras dengan Formasi Flamingo yang terdiri dari batulempung *agillaceous* dan batupasir.

#### 6. Formasi Plover

Formasi Plover ini merupakan formasi pada daerah penelitian. Didominasi batupasir dan batulempung. Formasi ini terdiri dari Plover atas dan Plover bawah. Dimana Formasi Plover atas dan Plover bawah memiliki ciri-ciri



### III. TEORI DASAR

#### A. Konsep Dasar Well Logging

##### 1. *Wireline Logging*

Yang dimaksud log yaitu grafik kedalaman atau waktu dari set data dengan menunjukkan parameter yang diukur dengan cara berkesinambungan pada sebuah sumur pemboran (Harsono, 1997). Untuk prinsip dasar *wireline log* itu sendiri yaitu mengukur parameter sifat-sifat fisik pada suatu formasi di setiap kedalaman secara kontinyu dari sebuah sumur pemboran. Dimana sifat-sifat fisik yang diukur dapat berupa kemiringan batuan, kerapatan formasi atau densitas, cepat rambat gelombang elastis, radioaktivitas, tahanan jenis batuan, potensial listrik batuan, serta kekompakan formasi yang tercermin dari lubang bor. Dimana pada *well logging* dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

##### 1. *Openhole Logging*

Dimana *Openhole logging* yaitu suatu kegiatan logging yang dilakukan pada sumur atau lubang bor yang belum dilakukan pemasangan *casing*. *Openhole Logging* dilakukan untuk mengurangi kesalahan data.

##### 2. *Casedhole Logging*

Sedangkan pada *Casedhole logging* yaitu suatu kegiatan logging yang



dilakukan pada sumur atau lubang bor yang sudah dilakukan pemasangan *casing*. *Casing* pada sumur pengeboran itu berupa pipa. Pipa itu bertujuan untuk produksi sumur. Panjangnya *casing* yang dipasang pada sumur bergantung dari data logging hasil dari interpretasi.

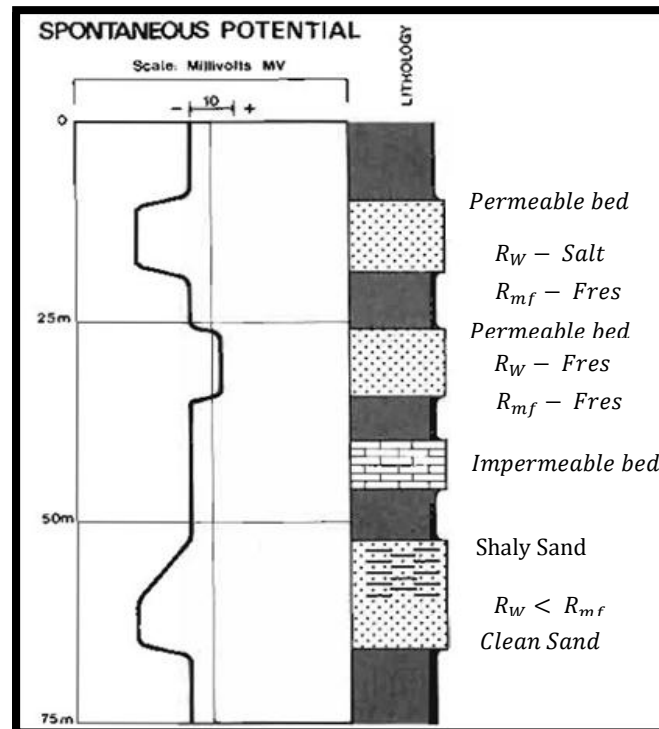
Dengan cara kualitatif dapat diperoleh identifikasi tipe batuan, pendeteksi adanya lapisan *permeable*, dan penentuan batas-batas reservoir. Sedangkan dengan cara kuantitatif dapat diperoleh nilai porositas, permeabilitas, *volume shale* dan saturasi air (Dewanto, 2018).

## **2. Log Spontaneous (SP)**

Log Spontaneous merupakan rekaman perbedaan potensial listrik antara elektroda yang berada di permukaan dengan elektroda yang berada di dalam lubang bor yang bergerak naik turun.

Log Spontaneous hanya bisa memperlihatkan lapisan *permeable*, tetapi tidak dapat mengukur harga *absolute* permeabilitas ataupun porositas di suatu formasi. Agar SP dapat berfungsi maka lubang bor harus di isi lumpur konduktif. Log Spontaneous dipengaruhi oleh parameter-parameter yaitu ketebalan formasi, air lumpur pemboran, resistivitas formasi serta parameter lainnya. Sehingga apabila salinitas komposisi pada lapisan lebih besar daripada salinitas lumpur maka kurva SP akan negatif, begitupun sebaliknya. Sedangkan apabila salinitas komposisi di dalam lapisan sama dengan salinitas lumpur maka yang terjadi yaitu defleksi kurva SP akan menunjukkan garis lurus seperti pada shale. Log SP dapat digunakan untuk identifikasi lapisan *permeable*, mencari batas lapisan *permeable*,

menentukan resistivitas air formasi ( $R_w$ ), memberikan indikasi kualitatif lapisan serpih (G. Asquitsh, 1976).



**Gambar 4.** Karakteristik Log SP (G. Asquitsh, 1976).

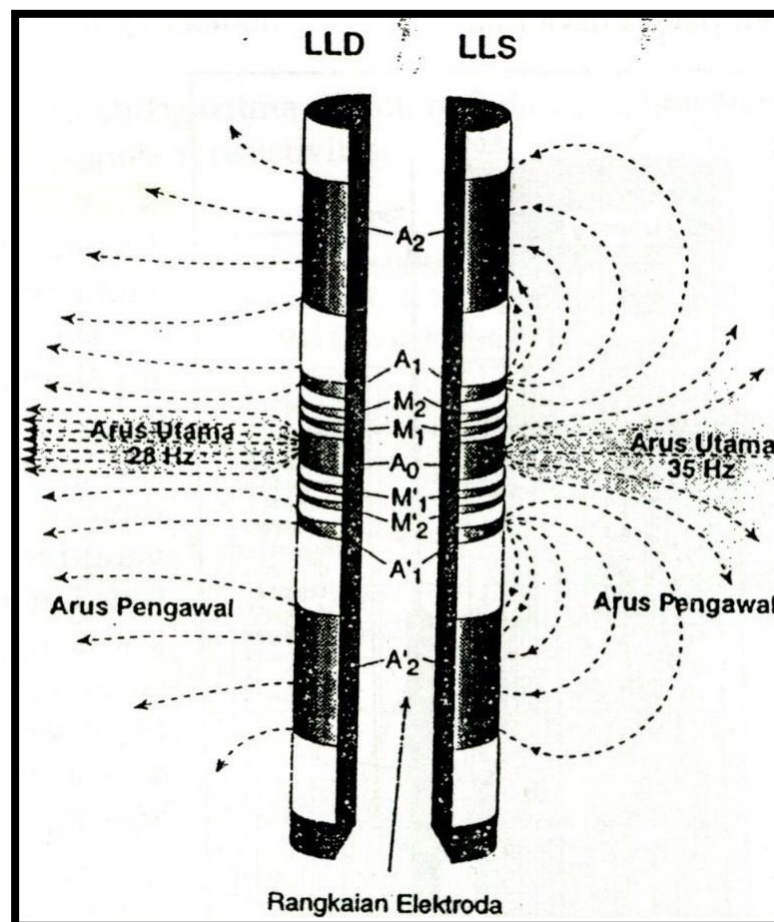
### 3. Log Resistivitas

Resistivitas merupakan suatu kemampuan batuan untuk menghambat jalannya arus listrik yang mengalir melalui batuan tersebut (Darling, 2005). Nilai suatu resistivitas rendah apabila batuan tersebut mudah untuk mengalirkan arus listrik dan nilai resistivitas tinggi apabila batuan tersebut sulit untuk mengalirkan arus listrik

Dimana pada log resistivitas ada 2 jenis yang umum dikenal yaitu laterolog: LLd (*Deep Laterolog Resistivity*), LLs (*Shallow Laterolog Resistivity*) dan induksi: ILd (*Deep Induction Resistivity*), ILM (*Medium Induction Resistivity*), dan SFL.

## 1. Laterolog

Dimana prinsip kerja alat laterolog (DLT) ini yaitu mengirimkan arus bolak-balik ke formasi dengan frekuensi yang berbeda-beda. Alat ini memfokuskan arus listrik secara lateral dalam formasi dengan bentuk lembaran tipis dengan menggunakan arus pengawal yang berfungsi untuk mengawal arus utama yang masuk ke dalam formasi. Saat tegangan listrik diukur untuk menghasilkan arus listrik utama yang besarnya tetap, resistivitas dihitung dengan hukum ohm. pada alat ini digunakan untuk resistivitas menengah tinggi. Alat DLT ini terdiri dari dua bagian yaitu bagian pertama dengan elektroda berjarak sedemikian rupa dan bagian lainnya membiarkan arus utama terbuka sedikit.

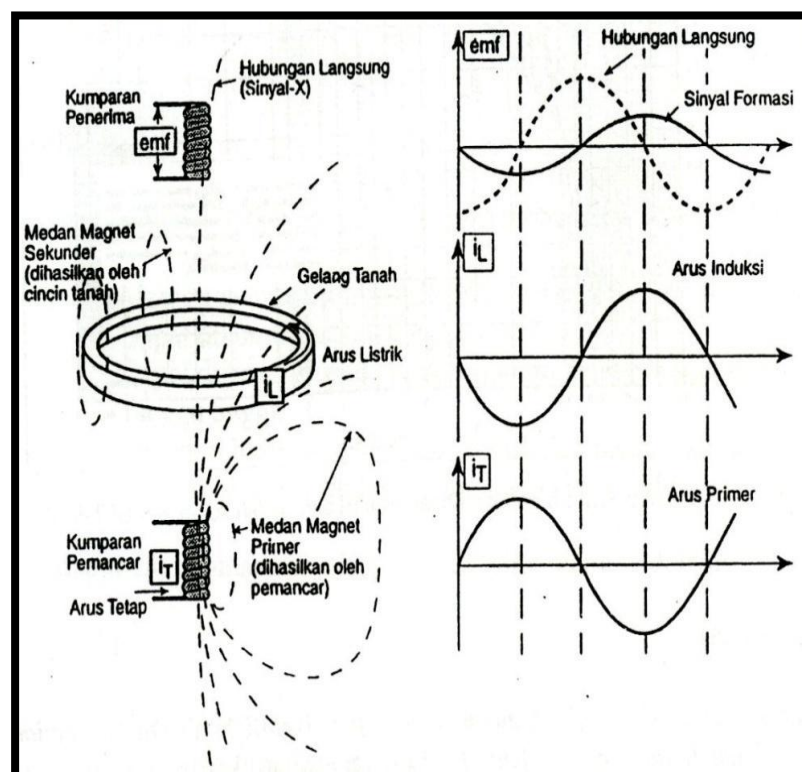


**Gambar 5.** Prinsip Kerja Alat Laterolog (Harsono, 1997).

## 2. Induksi

Dimana prinsip kerja alat induksi dengan menginduksikan arus listrik pada formasi. Dengan alat ini memanfaatkan arus bolak-balik agar terkena kumparan dan dihasilkan medan magnet sedangkan pada medan magnet akan menghasilkan arus listrik di kumparan. Kegunaan log induksi ini yaitu mengukur konduktivitas formasi serta mengukur resistivitas formasi pada lubang pemboran dengan menggunakan lumpur pemboran dengan jenis *oil base mud* atau *fresh water base mud*.

Lumpur pemboran ini mempunyai fungsi untuk memperkecil formasi pada zona lempung atau shale yang besar dan log induksi ini bisa menguntungkan jika cairan lubang bor merupakan insulator seperti air tawar, gas, udara atau *oil base mud*, diameter lubangnya tidak terlalu besar, resistivitas formasinya tidak lebih dari 100  $\Omega$ .



**Gambar 6.** Prinsip Kerja Alat induksi (Harsono, 1997).

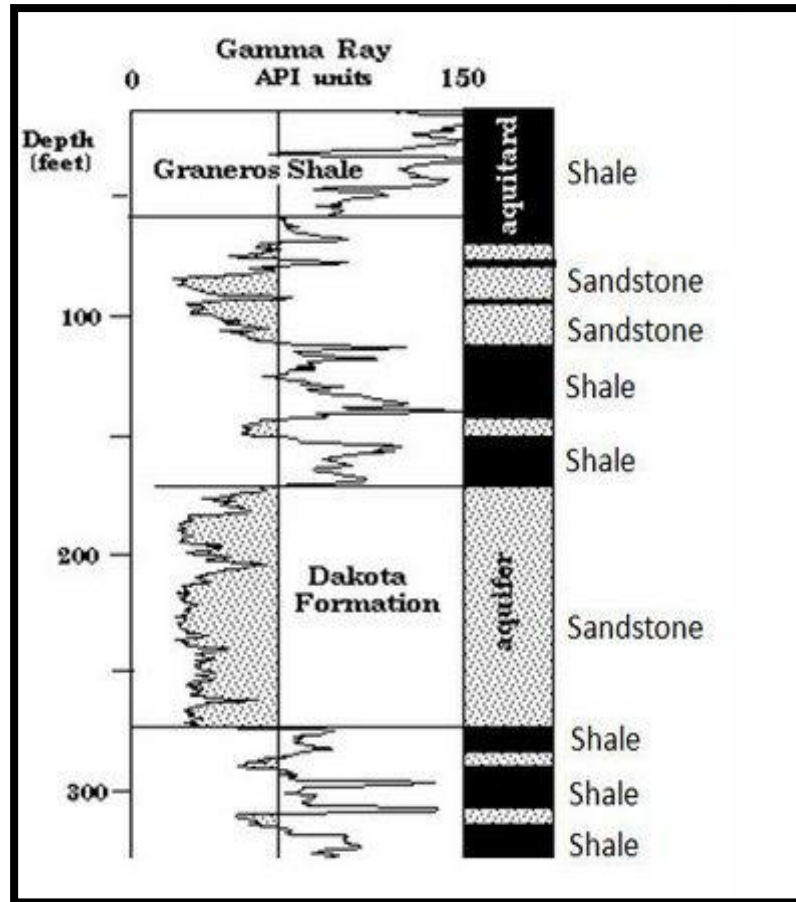
#### 4. Log *Gamma Ray* (GR)

Log *Gamm Ray* yaitu suatu kurva dimana kurva tersebut menunjukkan besaran intensitas radioaktif di dalam formasi. Prinsip kerja log *gamma ray* itu sendiri yaitu merekam sinar gamma alamiah batuan, dimana kegunaannya dapat untuk mendeteksi atau mengevaluasi endapan mineral radioaktif Potasium (K), Uranium (U), ataupun Thorium (Th).

Di lapisan bersih *permeable*, log *gamma ray* akan menunjukkan kurva radioaktif yang sangat rendah, tetapi bila lapisan itu mengandung mineral tertentu yang memiliki sifat radioaktif.

Lapisan serpih merupakan lapisan yang banyak mengandung unsur-unsur radioaktif, maka dari itu log *gamma ray* berguna untuk menentukan besar kecilnya kandungan serpih ataupun lempung. Dari menarik garis *gamma ray* dengan harga minimal beserta maksimalnya, maka kurva akan mengindikasikan adanya lapisan serpih.

*Gamma ray* log dengan satuan API (*American Petroleum Institute*), dimana kisaran API sekitar 0-150 tetapi ada juga yang sampai 200 API untuk jenis *organic rich shale*. Dikarenakan log *gamma ray* mempunyai kapabilitas untuk mengukur derajat kandungan shale pada suatu lapisan batuan, jadi pada industry migas *gamma ray* kerap dipakai untuk memprediksi besaran volume shale. Adapun kegunaan log *gamma ray* antara lain untuk *well to well correlation* serta penentuan *sequence boundary* (SB), yaitu dengan identifikasi *maximum flooding surface* (MFS) sebagai spike yang memiliki nilai *gamma ray* tinggi. Dimana untuk *well to well correlation* dapat dilakukan melibatkan log sonic, densitas, porositas.



**Gambar 7.** Respon Log *Gamma Ray* terhadap batuan (Asquith, 2004).

## 5. Log Densitas

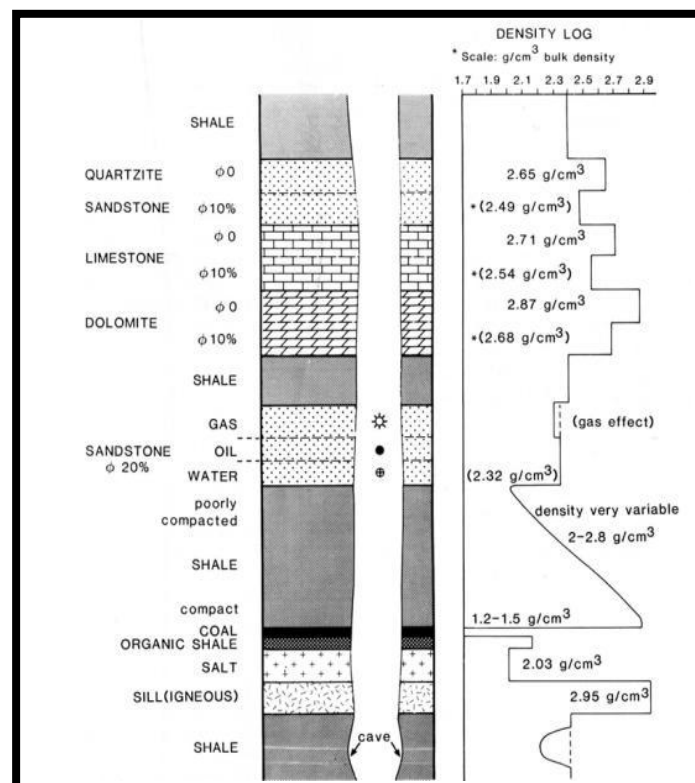
Log densitas yaitu suatu kurva yang menunjukkan besarnya densitas yang ditembus lubang bor. Dimana prinsip kerja log ini yaitu menembakkan sinar gamma kedalam formasi, dimana sinar gamma tersebut dianggap sebagai partikel yang bergerak dengan kecepatan yang sangat tinggi. Energi sinar gamma yang hilang menyatakan bahwa densitas dari electron yang terdapat pada formasi, dimana densitas elektron adalah indikasi dari densitas formasi.

*Bulk density* ( $\rho_b$ ) yaitu indikator yang penting guna menghitung porositas dengan kombinasi kurva log neutron, bila kurva log densitas menunjukkan

besarnya kerapatan medium. Apabila log densitas dikombinasikan dengan log neutron, maka bisa dipakai guna memprekirakan kandungan hidrokarbon serta dapat membantu dalam evaluasi lapisan *shale*. Lapisan yang mengandung hidrokarbon memiliki kurva densitas dengan defleksi ke kiri (densitas total ( $Rho_b$ ) makin kecil), dan pada log neutron ke kanan. Gambar variasi harga densitas pada beberapa lapangan minyak dan gas bisa dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Variasi harga densitas batuan dengan kandungan fluida tertentu dari beberapa lapangan minyak bumi (Harsono, 1997)

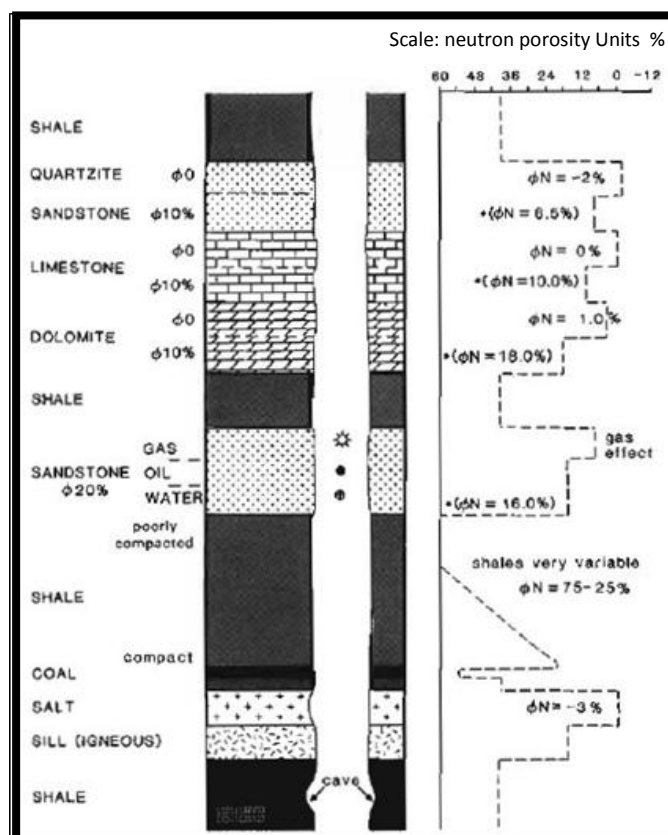
	Kandungan Fluida	Densitas (gram/cc)
<i>Shale</i>	-	2,20-2,50
Lapisan <i>clean</i>	Air Asin	2,25-2,45
Lapisan <i>clean</i>	Minyak	2,20-2,35
Lapisan <i>clean</i>	Gas	2,00-2,25
Lapisan batubara	-	1,60-1,90



**Gambar 8.** Respon log densitas terhadap batuan (Rider, 2002).

## 6. Log Neutron

Neutron merupakan suatu partikel listrik netral yang memiliki masa hampir sama dengan atom hidrogen. Dimana prinsip kerja log neutron ini mendeteksi atom hidrogen dengan menembakkan atom neutron dengan energi yang tinggi. Partikel neutron ini memancar serta menembus formasi lalu bertumbukan dengan material formasi, mengakibatkan tumbukan yang berasal dari neutron itu akan kehilangan energi. Hilangnya energi tersebut saat benturan dengan atom pada formasi disebut sebagai porositas formasi ( $\phi N$ ). energy paling besar hilang jika neutron bertumbukan pada sesuatu yang memiliki massa sama atau bisa juga hampir sama seperti hidrogen. Maka besarnya energi neutron yang hilang semuanya tergantung dari banyaknya jumlah atom hydrogen yang berada di dalam formasi itu.



**Gambar 9.** Respon Log Neutron (Rider, 2002).

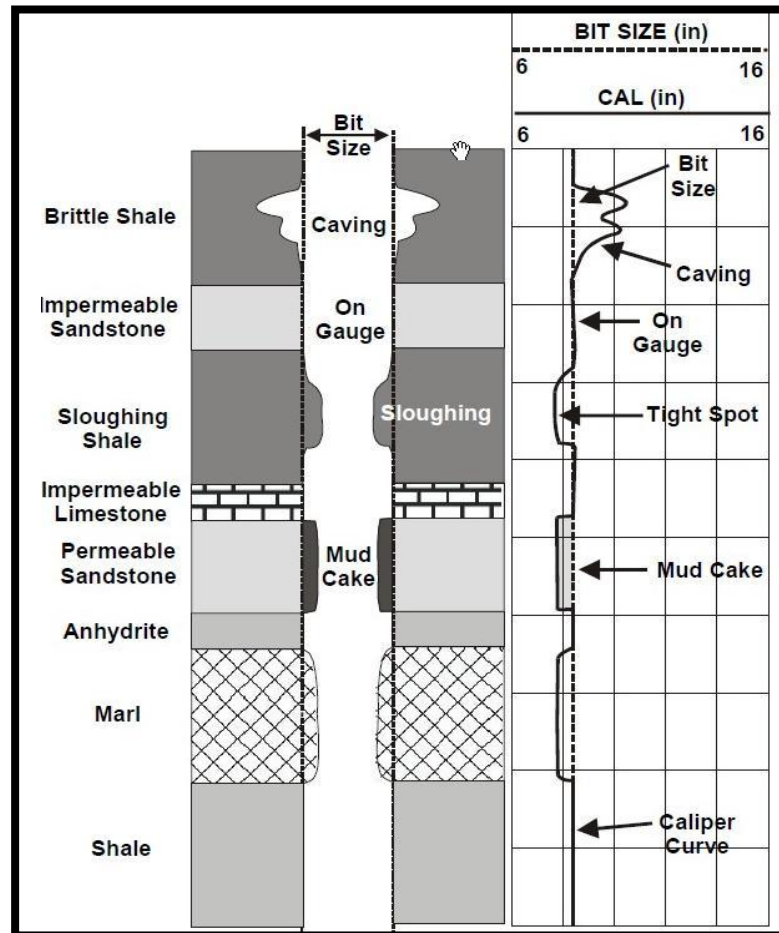


Air yang terkandung akan memperbesar harga porositas neutron. Apabila pori-pori didominasi dengan minyak dan air maka harga porositas neutronnya kecil. Dan jika formasi didominasi oleh gas, maka nilai log neutron kecil yaitu mendekati batuan yang sangat kompak (2 %-6 %), itu disebabkan karena konsentrasi atom hidrogen pada gas lebih kecil dibandingkan konsentrasi minyak dan air. Batuan yang dikatakan kompak bila porositas mendekati nol maka menurunkan harga neutron. Serpih memiliki porositas besar yaitu sekitar 30 %-50 % di kurva log, akan tetapi permeabilitasnya mendekati nol. Dalam lapisan *permeable* pengaruh serpih akan memperbesar harga porositas neutron. Air tawar dan air asin yang terkandung pada batuan akan memperbesar harga porositas neutron. Pada kurva log neutron tidak akan bisa mengorelasi karena itu tidak mewakili litologi batuan.

Perekaman log neutron menunjukkan langsung porositas batuan dengan standar matrik batu gamping. Pada batuan selain batu gamping maka harga porositasnya dinyatakan dengan porositas neutron.

## 7. Log Caliper

Pada log caliper ini digunakan untuk mengukur diameter lubang bor yang sesungguhnya, untuk keperluan penyemenan serta perencanaan serta dapat merefleksikan lapisan yang *permeable* dengan lapisan yang *impermeable*. Untuk lapisan yang *permeable* maka diameter lubang bor semakin kecil dikarenakan adanya kerak lumpur atau *mud cake* yang terbentuk pada dinding lubang bor. Dan untuk lapisan yang *impermeable* diameter lubang bor semakin bertambah besar.



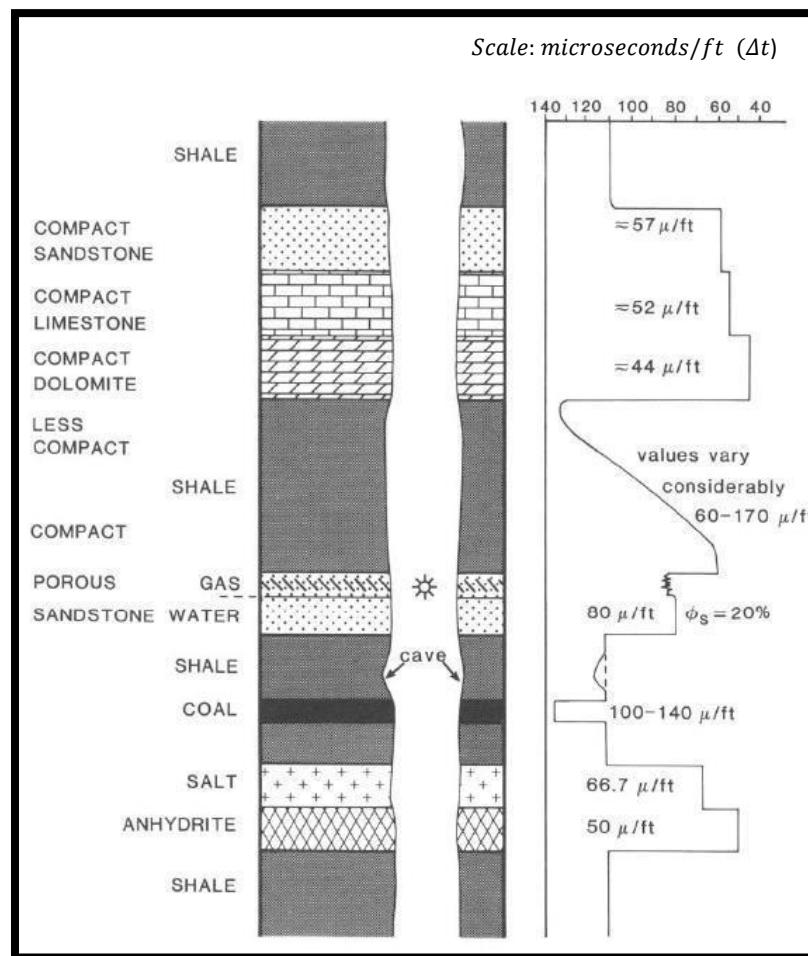
**Gambar 10.** Tipikal Respon caliper untuk berbagai litologi (Rider, 2002).

## 8. Log Sonic

Log sonic adalah log akustik dengan mengukur waktu tempuh gelombang bunyi pada jarak tertentu di suatu lapisan batuan. Dimana prinsip kerja alat ini bunyi dengan interval teratur akan dipancarkan dari sumber bunyi atau *transmitter* sedangkan alat penerima akan mencatat lama waktu perambatan bunyi di suatu batuan ( $\Delta t$ ). lama waktu perambatan bunyi tersebut tergantung dari litologi nya serta porositas batuan. Log sonic dapat mengukur kemampuan formasi agar meneruskan gelombang suara. Secara kuantitatif log sonic bisa digunakan sebagai evaluasi porositas di lubang yang berisi fluida, sedangkan pada interpretasi seismik bisa digunakan

untuk mencari *interval velocities* dan *velocity profile*, dan juga bisa dikalibrasi dengan penampang seismik. Dan untuk kualitatifnya bisa digunakan untuk mendeterminasi variasi tekstur pada lapisan pasir-*shale* dan dalam beberapa kasus bisa juga digunakan guna identifikasi rekahan atau *fractures* (Rider, 2002).

Alat sonic yang biasa digunakan yaitu *Borehole Compensated Sonic Tool* atau BHC, pada alat ini sangat kecil dipengaruhi dengan perubahan lubang bor ataupun posisi alat sewaktu dilakukan pengukuran. Dimana faktor yang mempengaruhi pengukuran yaitu pengaruh dari lubang bor, rekahan, hidrokarbon, komposisi serpih, serta kepadatan.



**Gambar 11.** Grafik Log *Sonic* terhadap Respon Litologi (Rider, 2002).

## **B. Konsep Dasar Seismik Refleksi**

Metode seismik didasarkan oleh respon bumi terhadap gelombang seismik yang merambat pada suatu gelombang buatan di permukaan bumi. Cordsen dan Pierce (2000) mengatakan bahwa seismik refleksi berasal dari perbedaan properti akustik di dua bidang. Sumber gelombang yang ada pada permukaan bumi melepaskan energi ke dalam bumi dengan bentuk energi akustik serta dirambatkan ke segala arah. Bila dalam perambatannya gelombang terkena bidang batas antara dua medium yang mempunyai perbedaan kontras impedansi akustik, maka yang terjadi sebagian energi akan dipantulkan kembali ke permukaan dan sebagian akan ditransmisikan. Pantulan gelombang ini yang akan direkam pada permukaan tanah dengan menggunakan alat yang dinamakan *geophone*, jika pengukurannya dilakukan di darat. sedangkan *hydrophone* bila pengukurannya dilakukan di laut. Perbedaan kontras impedansi akustik terjadi saat batas antara dua lapisan batuan, maka secara tidak langsung gelombang seismik membawa informasi tentang struktur batuan dibawah permukaan bumi (Cordsen dan Pierce, 2000).

### **1. Hukum-Hukum Gelombang Seismik**

Dalam eksplorasi seismik terdapat beberapa hukum gelombang yang digunakan, yaitu sebagai berikut:

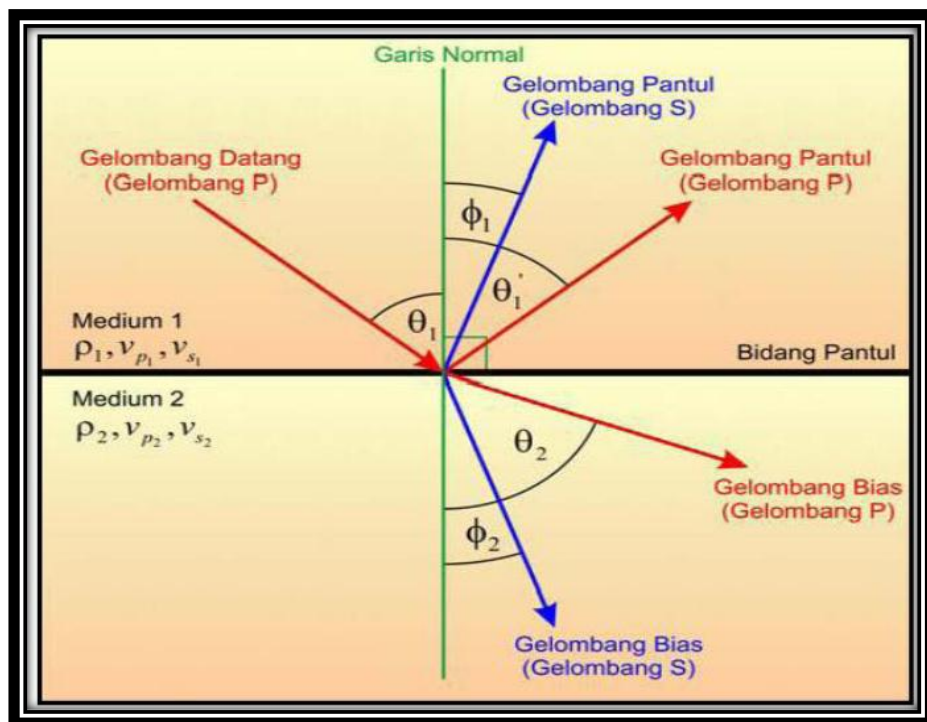
#### **a. Hukum Snellius**

Pada seismik eksplorasi, gelombang yang umumnya diselidiki adalah gelombang primer (P). Bila gelombang kompresi merambat disuatu medium melewati batas medium yang sifatnya berbeda, maka gelombang akan terpatisi ke dalam 4 komponen energi antara

lain, energi gelombang pantul, *shear* pantul, kompresi bias dan *shear* bias. Jumlah ke 4 komponen energi sama dengan energi gelombang pada mula-mula. Berubahnya arah gelombang seismik karena mengenai batas dua medium berbeda yang dijelaskan oleh hukum *snellius* yang menyatakan bahwa gelombang akan dipantulkan atau dibiaskan pada bidang batas diantara 2 medium. Dimana persamaan hukum *snellius* terdapat pada Persamaan 1.

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \dots\dots\dots (1)$$

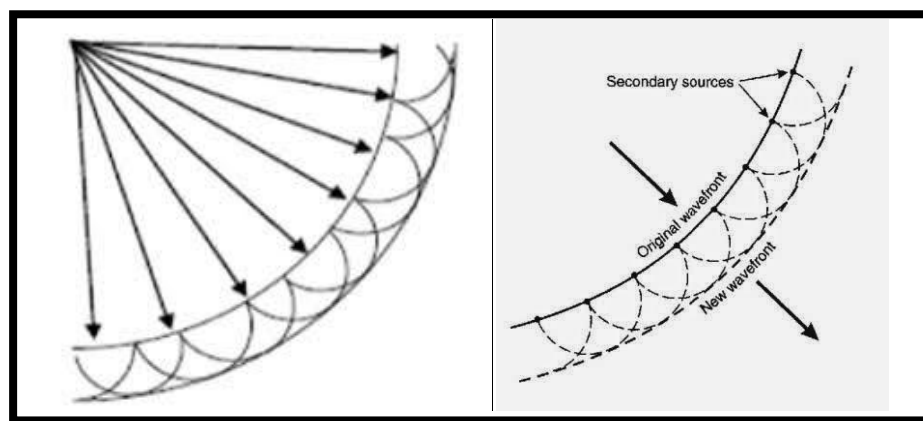
Dimana  $\theta_1$  dan  $\theta_2$  yaitu sudut datang dan sudut bias,  $v_1$  dan  $v_2$  pada kecepatan gelombang sinar datang dan sinar bias. Lambang  $n_1$  yaitu indeks bias medium yang dilalui sinar datang, dan  $n_2$  merupakan indeks bias medium yang dilewati sinar bias.



**Gambar 12.** Gelombang ketika melewati medium yang berbeda menurut hukum Snellius (Shearer, 2009).

### b. Prinsip *Huygens*

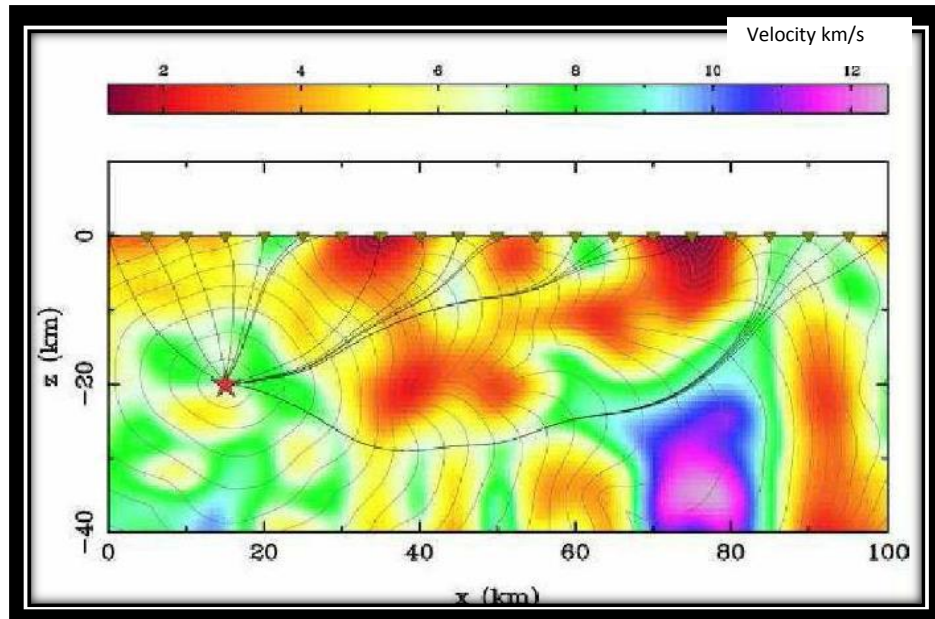
Huygens menyatakan bahwa setiap titik pada muka gelombang merupakan gelombang baru yang menjalar dalam bentuk bola. Jumlah energi total pada gelombang baru akan sama dengan energi gelombang utama. Dalam eksplorasi seismik titik-titik diatas bisa berupa suatu patahan, antiklin, rekahan dan lainnya. Dan gelombang baru itu disebut sebagai gelombang difraksi.



**Gambar 13.** Prinsip *Huygens*.

### c. Prinsip *Fermat*

Dalam prinsip *fermat* menyatakan bahwa gelombang merambat dari titik satu ke titik yang lain maka gelombang tersebut akan memilih lintasan dengan waktu tempuh yang paling cepat. Pada prinsip *fermat* ini bisa diaplikasikan guna menentukan lintasan sinar dari satu titik ke titik lain yaitu lintasan dengan waktu tempuh bernilai minimum. Dari diketahui lintasan dengan waktu tempuh minimum maka bisa dilakukan penelusuran jejak sinar yang merambat dalam medium. Penelusuran jejak sinar seismik akan sangat membantu pada penentuan posisi reflektor bawah permukaan. Jejak sinar seismik tercepat tidak selalu berbentuk garis lurus.



Gambar 14. Prinsip *Fermat*.

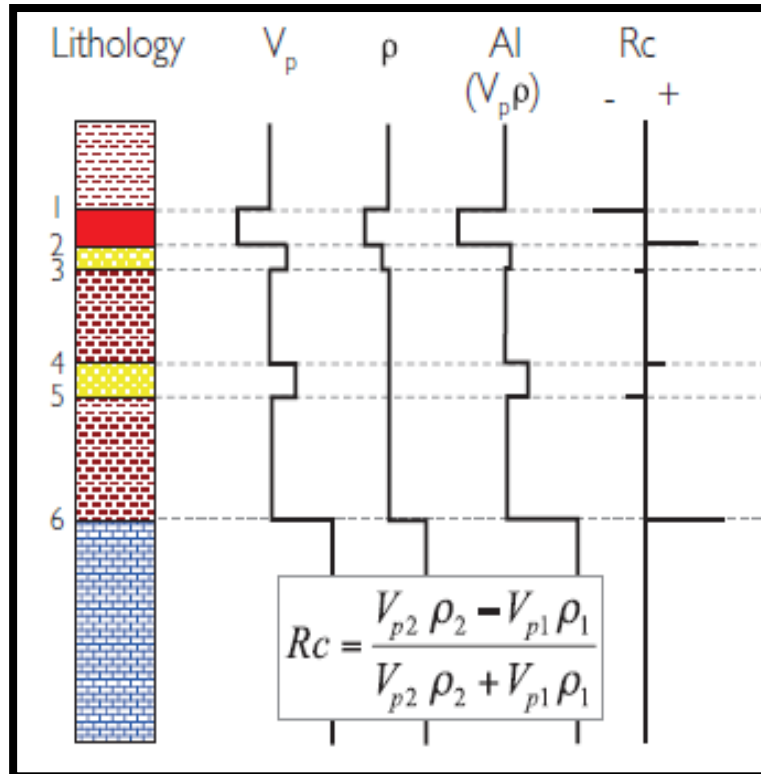
**2. Koefisien Refleksi**

Refleksi seismik dapat terjadi apabila terdapat perubahan impedansi akustik di mana suatu gelombang akustik pada amplitudo yang melewati batas antara dua lapisan dengan impedansi akustik yang berbeda. Koefisien refleksi tergantung pada sudut datang gelombang seismik. Koefisien refleksi sudut datang nol yaitu besarnya koefisien refleksi untuk gelombang yang datang tegak lurus dengan bidang pemantul. Koefisien refleksi gelombang P dapat dilihat pada persamaan 2 dan 3:

$$KR = \frac{(Z_2 - Z_1)}{(Z_2 + Z_1)} = \frac{(AI_2 - AI_1)}{(AI_2 + AI_1)} \dots\dots\dots (2)$$

$$Z = AI = \rho \cdot v \dots\dots\dots (3)$$

Dimana  $\rho$  sebagai densitas sedangkan  $v$  sebagai fungsi kecepatan rambat gelombang seismik di medium. Hal ini dapat diilustrasikan pada **Gambar 15**.



**Gambar 15.** Koefisien refleksi ( $R_c$ ) mendefinisikan perbedaan AI pada batas litologi (Simm dan Bacon, 2014).

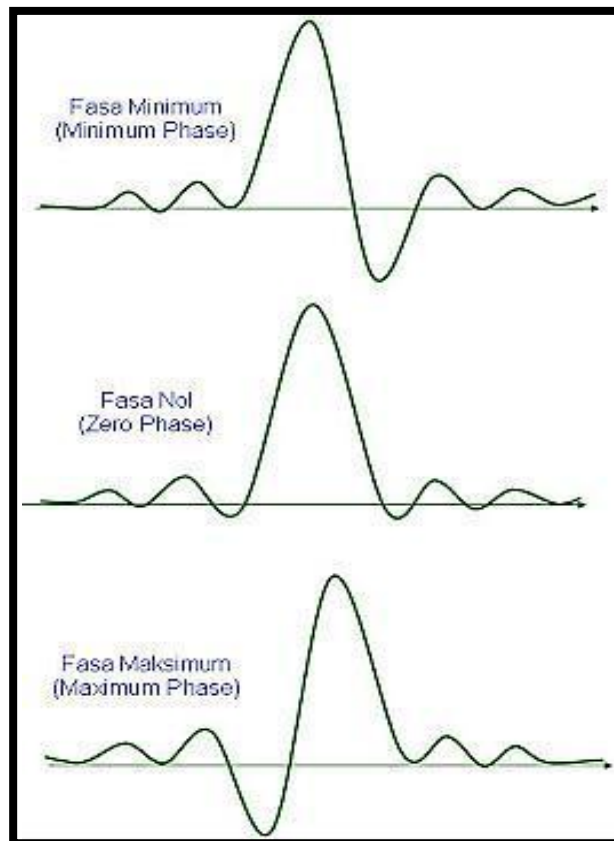
### 3. Wavelet dan Polaritas

*Wavelet* adalah sinyal transient yang memiliki interval dan amplitudo terbatas. *Wavelet* adalah kumpulan dari sejumlah gelombang harmonik dengan mempunyai amplitudo, frekuensi, dan fasa tertentu. Suatu gelombang harmonik bisa dilihat secara unik dengan tiga karakter gelombang antara lain, amplitudo maksimum merupakan simpangan maksimum gelombang harmonik dari nilai simpangan rata-rata, frekuensi adalah jumlah putaran gelombang per detik ditentukan dengan menghitung jumlah puncak dalam interval satu detik, fasa selalu diukur relative terhadap suatu referensi. Terdapat 4 macam tipe *wavelet* berdasarkan fasa gelombangnya antara lain yaitu *wavelet* fasa maksimum, fasa



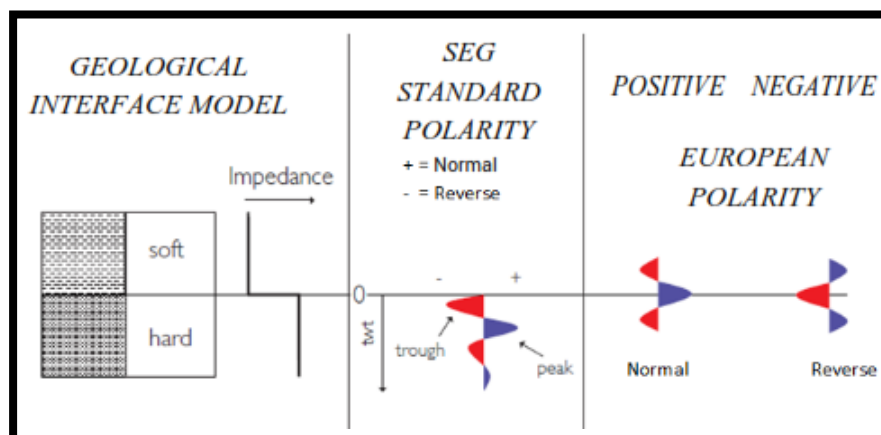
minimum, fasa nol, dan fasa campuran. Pada tipe-tipe *wavelet* ini mempunyai konsentrasi energi yang letaknya berbeda-beda. *Wavelet* fasa minimum memiliki energi yang terpusat di depan dan memiliki pergeseran fasa kecil disetiap frekuensi. *Wavelet* fasa maksimum memiliki konsentrasi energi di akhir. *Wavelet* fasa nol memiliki konsentrasi energi maksimum di tengah, memiliki waktu tunda nol dan sempit dikawasan. Dan untuk *wavelet* campuran yaitu *wavelet* yang memiliki energi campuran dari ketiga bentuk *wavelet* yang lainnya.

*Wavelet* sangat penting dalam pembuatan sesismogram sintetik. Pada inversi seismik, *wavelet* yang sering digunakan umumnya yaitu fasa minimum dan fasa nol. Pada *wavelet* fasa minimum, energi terbesar terkonsentrasi di bagian depan *wavelet* sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 16**. Kebanyakan *wavelet* pada eksplorasi seismik mendekati *wavelet* jenis ini. *Zero phase wavelet* mempunyai bentuk yang simetris terhadap titik tengahnya. *Ricker wavelet* merupakan suatu tipe *zero phase wavelet* untuk rekonstruksi pulsa seismik dimana di dalamnya terkandung informasi-informasi perpindahan percepatan, partikel, dan kecepatan. *Wavelet* ini dibuat simetri atau *zero phase* dan bisa dibuat dengan menggunakan parameter  $f$ . Pada proses inversi seismic, bentuk *wavelet* yang digunakan adalah *zero phase*. *Wavelet statistical* adalah *wavelet* yang menggunakan data seismik sebagai data tunggalnya *wavelet* ini akan menunjukkan fase yang ada pada data seismik.



**Gambar 16.** Jenis-jenis fasa *wavelet* (Russel, 1988).

Dalam polaritas *wavelet* menggambarkan suatu koefisien refleksi positif (+) ataupun negatif (-) hal ini disebabkan karena adanya ketidakpastian pada bentuk gelombang seismik yang terekam sehingga perlu dilakukan pendekatan bentuk polaritas yang berbeda yaitu polaritas normal dan terbalik atau *reverse*. Meski penggunaan kata polaritas hanya mengacu pada perekaman, tetapi dalam rekaman seismik penentuan polaritas sangatlah penting. Perubahan polaritas kadang memberikan informasi yang penting mengenai keberadaan batuan reservoir yang potensial seperti litologi, kandungan fluida ataupun porositas, dimana dalam polaritas seismik terdapat 2 tipe, polaritas SEG dan polaritas eropa. Kedua polaritas ini saling berkebalikan dimana ditunjukkan seperti **Gambar 17**.

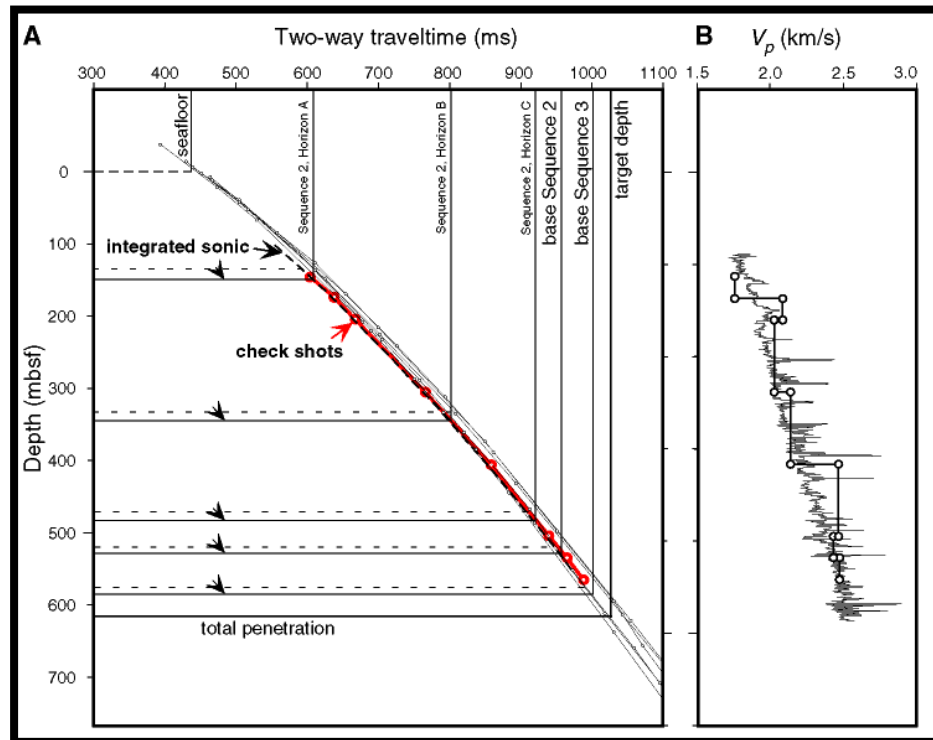


**Gambar 17.** Polaritas standar SEG dan European (Simm dan Bacon, 2014).

#### 4. Checkshot

*Checkshot* merupakan tembakan yang bertujuan untuk mengoreksi dan mengontrol hasil survei kecepatan *continue* atau *well velocity survei* atau log *sonic* dalam menentukan waktu tiba. Pada metode ini menentukan kecepatan rata-rata sebagai fungsi kedalaman dengan menempatkan *geophone* ke dalam lubang sumur dan sumber seismiknya diletakkan pada permukaan di dekat mulut sumur. Dalam hal ini dapat memberikan waktu rambat yang terbaik untuk kontrol waktu saat pembuatan seismogram sintetik. **Gambar 18** menunjukkan kurva *checkshot* waktu *TWT* dengan fungsi  $x$  serta kedalaman dengan fungsi  $y$ . Dalam *checkshot*, waktu tiba dalam *TWT* cenderung berbanding lurus dan linear terhadap kedalaman, yang berarti semakin dalam batas lapisan maka waktu tempuhnya akan semakin lama. Data *checkshot* sangat penting guna melakukan interpretasi seismik, terutama pada proses pengikatan data sumur dengan data seismik (*well seismic tie*) guna penerjemahan dari domain kedalaman untuk data seismik dan domain waktu untuk data sumur. Penerjemahan ini dilakukan

oleh log *sonic* dari data sumur. Dalam proses *well seismic tie* masih terdapat kelemahan sehingga diperlukan data kecepatan lain berupa data *checkshot*.

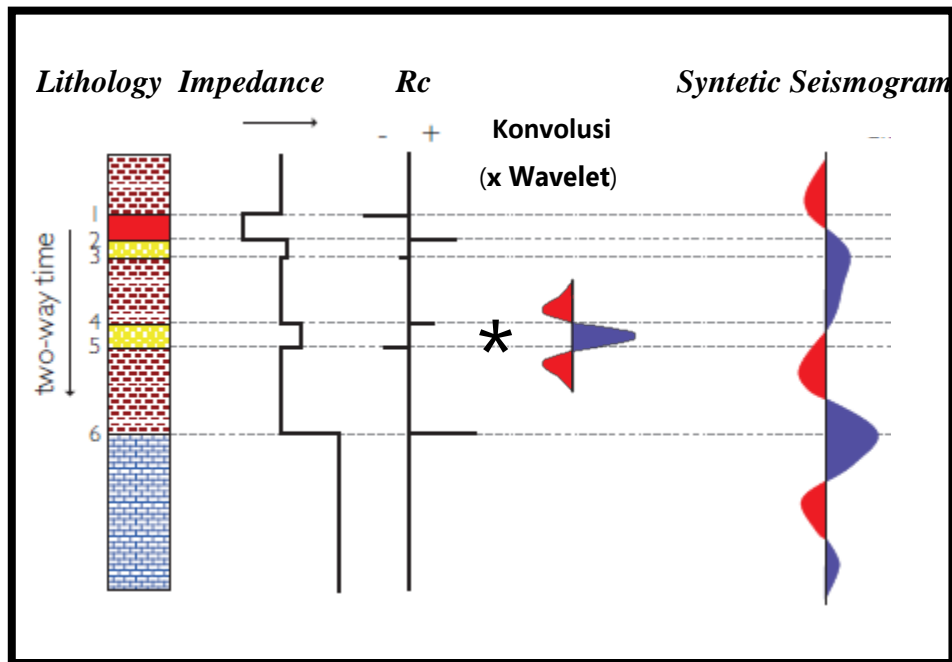


**Gambar 18.** Kurva *checkshot* (Budiarto dkk, 2015).

## 5. Seismogram Sintetik

Seismogram sintetik merupakan data seismik buatan yang di buat dari data sumur, yaitu log densitas, kecepatan dan *wavelet* dari data seismik. Kecepatan dengan densitas dikalikan maka akan didapatkan deret koefisien refleksi. Lalu koefisien refleksi tersebut akan dikonvolusikan dengan *wavelet* sehingga didapatkan seismogram sintetik didaerah sumur tersebut sebagaimana dapat diilustrasikan pada **Gambar 19**. Kegunaan seismogram sintetik ini yaitu untuk mengikat data sumur dengan data seismik. Dimana data seismik umumnya berada dalam domain waktu (*TWT*) sedangkan data sumur berada pada domain kedalaman (*depth*). Sebelum dilakukan

pengikatan, langkah pertama harus dilakukan konversi data sumur ke domain waktu dengan cara membuat seismogram sintetik.



**Gambar 19.** Sintetik seismogram yang didapatkan dari proses konvolusi, koefisien refleksi dengan *wavelet* (Simm dan Bacon, 2014).

### C. Seismik Inversi

Seismik inversi merupakan suatu teknik pembuatan model bawah permukaan dengan menggunakan data seismik sebagai *input* dan data sumur sebagai control (Simm dan Bacon, 2014). Definisi tersebut menjelaskan bahwa metode inversi merupakan kebalikan dari pemodelan metode ke depan atau *forward modelling* dimana berhubungan dengan pembuatan seismogram sintetik berdasarkan model bumi. Inversi seismik juga mengubah kandungan informasi data seismik dengan informasi yang berkaitan pada bidang batas antar lapisan menjadi sebuah informasi yang berkaitan dengan lapisannya. Kandungan informasi yang berkaitan dengan lapisan ini antara lain impedansi akustik (*AI*) yang dapat dihubungkan

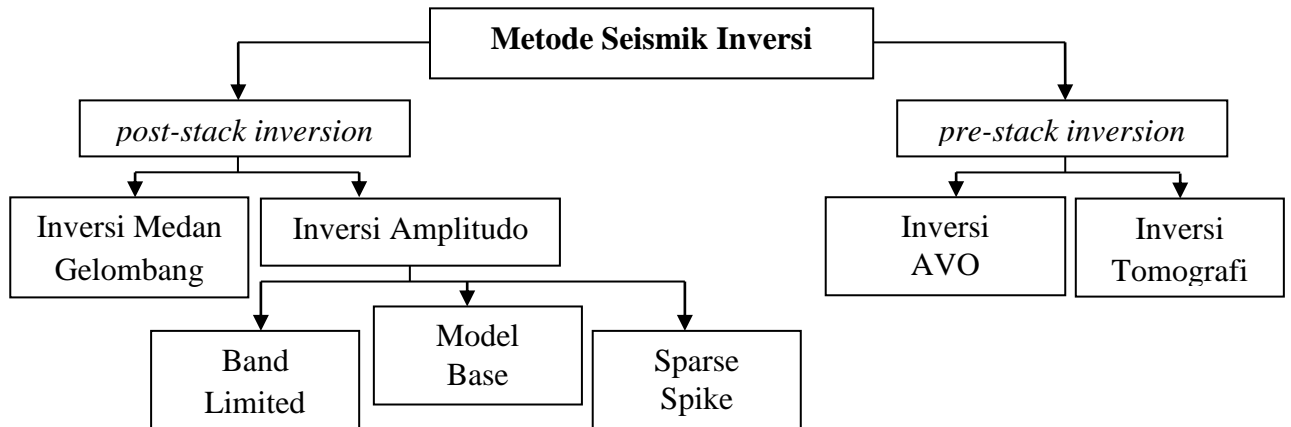
dengan porositas batuan. Karena  $AI$  merupakan perkalian dari densitas dengan kecepatan, jadi secara logika semakin besar  $AI$ , maka porositasnya semakin rendah. Lalu hasil  $AI$  dapat digunakan untuk interpretasi penyebaran litologi dengan penggabungan parameter densitas,  $P$ -Wave dan  $AI$  termasuk dalam penyebaran distribusi *sandstone* di area inversi.

Metode seismik inversi  $AI$  dibagi menjadi 2 yaitu inversi *pre-stack* dan inversi *post-stack*. Dalam penelitian ini akan dibahas inversi *post-stack* yang berhubungan dengan inversi amplitude. Pada penelitian ini digunakan Inversi *model based*. Dalam metode inversi *model based*, langkah yang pertama dilakukan yaitu membangun model bumi, lalu model tersebut dibandingkan dengan data seismik, diperbaharui secara iteratif kemudian didapatkan kecocokan yang lebih baik dengan data seismik. Prinsip metode ini yaitu membuat model geologi atau bumi serta membandingkannya dengan data riil seismik. Kemudian dari hasil perbandingan tersebut digunakan secara iteratif memperbarui model guna menyesuaikan dengan data seismik. Metode ini dikembangkan guna mengatasi masalah yang tidak dapat dipecahkan menggunakan metode rekursif.

Biasanya hasil dari inverse model based tidak begitu jauh dari model bumi yang sudah dibuat, dikarenakan acuan dasar teknik inverse model based yaitu berdasarkan model bumi (Prastika, dkk., 2018).

Keuntungan penggunaan metode inversi berbasis model yaitu metode ini tidak menginversi langsung dari seismik melainkan menginversi model geologinya. Dan permasalahan potensial menggunakan metode ini yaitu sifat sensitifitas terhadap bentuk *wavelet* dan sifat ketidakunikan atau *non-*

*uniqueness* untuk *wavelet* tertentu. Gambar ilustrasi inversi seismik dapat ditunjukkan pada **Gambar 20**.



**Gambar 20.** Pembagian jenis metode seismik inversi (Russel, 1988).

#### D. Analisis Petrofisika

Analisis petrofisika yaitu analisis yang dilakukan pada lapangan ukur dimana pada analisis ini data sumur sebagai data utamanya. Dari analisis ini dilakukan guna mengetahui besaran fisis tertentu dalam suatu formasi satuan besar atau litologi dalam satuan kecil. Dari analisis ini juga dapat menentukan nilai per-kedalaman dengan interval kedalaman tertentu. Melalui analisis ini dapat diketahui zona reservoir, jenis litologi, identifikasi hidrokarbon, *volume shale*, porositas, permeabilitas dan saturasi air.

##### 1. Volume Clay (Vcl)

*Volume clay (Vcl)* dapat merepresentasikan *volume shale (Vsh)* yang menunjukkan seberapa banyak kandungan *shale* atau *clay* dalam suatu batuan. Dalam hal ini berpengaruh terhadap sifat batuan karena *shale* atau *clay* menjadi penghambat dari batuan untuk mengalirkan fluida karena *clay*

bersifat *impermeable* atau tidak dapat mengalirkan fluida. Semakin banyak *clay* yang terkandung dalam batuan itu maka semakin mudah menghambat fluida untuk berada di batuan tersebut serta batuan tersebut akan kurang baik menjadi sebuah reservoir (Harsono, 1997).

*Volume clay* atau *shale* bisa didefinisikan sebagai persentase dari kandungan *shale* pada sebuah lapisan batuan dimana *shale* bisa dikatakan sebagai zat pengotor pada suatu batuan sehingga mengurangi persentase dari porositas batuan tersebut (Harsono, 1997).

Kandungan penting untuk dihitung karena mempengaruhi parameter lain seperti porositas. *Volume shale* paling sering dihitung menggunakan persamaan dari pembacaan log GR. Kandungan *shale* dihitung menggunakan rumus (Harsono, 1997).

$$IGR = \frac{GR \log - GR \min}{GR \max - GR \min} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

*IGR* = Indeks *gamma ray*

*GR log* = GR hasil pembacaan *log gamma ray*

*GR max* = GR maksimum

*GR min* = GR minimum

Dimana *volume shale (Vsh)* bisa dihitung melalui persamaan berikut:

- Untuk batuan yang lebih tua atau *older rock, consolidated*:

$$Vsh = 0.33 [2^{(2 \times IGR)} - 1.0] \dots\dots\dots (5)$$

- Untuk batuan tersier atau *tertiary rock, unconsolidated*:

$$Vsh = 0.083 [2^{(3.7 \times IGR)} - 1.0] \dots\dots\dots (6)$$

Keberadaan shale di dalam formasi mempengaruhi pembacaan log



porositas menjadi cenderung membaca porositas yang lebih tinggi dari semestinya. Dalam hal ini disebabkan karena terdapat pori non efektif yang dimiliki shale, dengan kata lain shale memiliki porositas yang tinggi tetapi tidak melalui aliran fluida.

## 2. Porositas ( $\phi$ )

Porositas merupakan perbandingan volume rongga-rongga pori terhadap volume total seluruh batuan dinyatakan dalam persen. Dalam suatu batuan dapat dikatakan memiliki porositas efektif jika bagian rongga-rongga dalam batuan yang saling berhubungan dan biasanya lebih kecil dari rongga pori-pori total. terdapat 2 jenis porositas yang dikenal di dalam teknik reservoir, yaitu porositas absolut dan porositas efektif. Porositas absolut merupakan perbandingan antara volume pori-pori total batuan terhadap volume total batuan. Dimana secara matematis dapat dituliskan persamaannya sebagai berikut :

$$\text{Porositas absolut } \phi = \frac{(\text{Volume pori-pori total})}{(\text{Volume total batuan})} \times 100 \% \dots\dots\dots (7)$$

Porositas efektif merupakan perbandingan antara volume pori-pori yang saling berhubungan dengan volume batuan total, dimana secara matematis persamaannya dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Porositas efektif } \phi_e = \frac{(\text{Volume pori-pori berhubungan})}{(\text{Volume total batuan})} \times 100 \% \dots\dots (8)$$

Adapun perhitungan nilai porositas berdasarkan dari log densitas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\phi_D = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_f} \dots\dots\dots (9)$$

Untuk nilai porositas total dapat ditentukan dengan rumus:

$$\phi_{\text{tot}} = \frac{\phi_{\text{N}} + \phi_{\text{D}}}{2} \dots \dots \dots (10)$$

Sehingga untuk menentukan nilai porositas efektif dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\phi_e = \sqrt{\frac{\phi_{\text{NC}}^2 + \phi_{\text{DC}}^2}{2}} \dots \dots \dots (11)$$

Dimana,

$$\phi_{\text{DC}} = \phi_{\text{D}} - (\phi_{\text{DSh}} * V_{\text{Sh}}) \dots \dots \dots (12)$$

$$\phi_{\text{NC}} = \phi_{\text{N}} - (\phi_{\text{DSh}} * V_{\text{Sh}}) \dots \dots \dots (13)$$

Keterangan,

$\phi_{\text{D}}$  = Porositas densitas (fraksi)

$\rho_{\text{ma}}$  = Densitas matriks batuan (gr/cc)

$\rho_{\text{b}}$  = Densitas matriks batuan dari log (gr/cc) atau *RHOB*

$\rho_{\text{f}}$  = Densitas fluida batuan (nilai 1,1 untuk *mud*, 1 untuk *fresh water*)

$\phi_{\text{tot}}$  = Porositas total (fraksi)

$\phi_{\text{N}}$  = Porositas neutron / *NPHI* (fraksi)

$\phi_{\text{DC}}$  = Koreksi porositas densitas

$\phi_{\text{NC}}$  = Koreksi porositas neutron

$\phi_{\text{DSh}}$  = Porositas densitas *shale* terdekat (fraksi)

$\phi_{\text{NSh}}$  = Porositas neutron *shale* terdekat (fraksi)

$V_{\text{Sh}}$  = *Volume shale* (fraksi)

Terdapat nilai densitas matriks untuk berbagai litologi. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2**. Pada dasarnya perbedaan dari kedua

jenis porositas hanya untuk mempermudah di dalam pengidentifikasi jenis porositas. Menurut Koesoemadinata (1978), penentuan kualitas baik atau tidaknya nilai porositas pada suatu reservoir yaitu dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 2.** Densitas Matriks berbagai Litologi (Schlumberger, 1989)

Litologi/Mineral	$\rho_{ma}$ (g/cm <sup>3</sup> )
Batu pasir	2,650
Batu gamping	2,710
Dolomit	2,876
Anhidrit	2,977
Garam	2,032

**Tabel 3.** Skala Penentuan Baik atau Tidaknya Kualitas Nilai Porositas Batuan (Koesoemadinata, 1978)

Harga Porositas (%)	Skala
0-5	Diabaikan
5-10	Buruk
10-15	Cukup
15-20	Baik
20-25	Sangat Baik
>25	Istimewa

Nilai porositas batuan diperoleh dari hasil perhitungan data log sumur, yaitu dari data log neutron, log kecepatan, dan log densitas. Secara umum porositas batuan akan berkurang bila bertambahnya kedalaman batuan, karena semakin dalam batuan akan semakin kompak akibat terdapat efek tekanan di atasnya. Dan nilai porositas juga akan mempengaruhi kecepatan gelombang seismik. Makin besar nilai porositas batuan maka kecepatan gelombang seismik yang melewatinya akan semakin kecil.

### 3. Permeabilitas ( $K$ )

Permeabilitas batuan ( $K$ ) adalah suatu nilai yang menunjukkan kemampuan batuan ber-*porous* untuk mengalirkan fluida dengan satuan *milidarcy* (md). Di dalam percobaan menggunakan sampel batu pasir tidak kompak yang dialiri fluida dengan alat yang dirancang menyimpulkan bahwa permeabilitas 1 Darcy jika suatu batuan mampu mengalirkan fluida dengan laju  $1 \text{ cm}^3/\text{s}$  dengan viskositas fluida 1 cp, sepanjang 1 cm dan memiliki penampang  $1 \text{ cm}^2$  dengan bertekanan 1 atm. Besarnya permeabilitas disuatu batuan tergantung pada porositas dan saturasi air serta dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$K = a \frac{\phi^b}{S_w^c} \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan:

- $K$  = Permeabilitas (*milidarcy*)
- $\phi$  = Porositas efektif (fraksi)
- $S_w$  = Saturasi air (fraksi)
- $a$  = konstanta Schlumberger = 10000
- $b$  = konstanta Schlumberger = 4.5
- $c$  = konstanta Schlumberger = 2

**Tabel 4.** Nilai Permeabilitas Berdasarkan Kualitas Secara Umum (Koesoemadinata, 1978)

Nilai Permeabilitas	Kualitas (umum)
> 5 mD (1mD–5 mD)	Diabaikan
5-10 mD	Buruk
10-100 mD	Cukup
100-1000 mD	Baik
> 1000 mD	Sangat Baik

Permeabilitas disuatu batuan tergantung oleh beberapa faktor diantaranya morfologi permukaan pori bagian dalam, susunan pori dan batang pori (topologi dari jaringan pori), bentuk pori, ukuran pori, porositas batuan, ukuran butir dan distribusinya serta kompaksi dan sementasi (Asquith dan Krygowski, 2004).

#### 4. Saturasi Air ( $S_w$ )

Saturasi air ( $S_w$ ) merupakan banyaknya kandungan air formasi yang mengisi pori batuan yang dihitung dalam fraksi (Asquith dan Krygowski, 2004). Bila formasinya bersih digunakan persamaan perhitungan *Archie*. Metode *Archie* punya kelebihan yaitu bisa dengan baik menentukan nilai saturasi air di reservoir yang tidak mempunyai kandungan *shale* atau formasi bersih (Dwiyono dan Winardi, 2014). apabila untuk formasi kotor atau nilai  $V_{sh}$  besar maka menggunakan perhitungan *Simandoux*, dan untuk daerah Indonesia menggunakan perhitungan Indonesian dikarenakan formasi batuan Indonesian yang sangat kompleks. Berikut merupakan perhitungan  $S_w$  :

***S<sub>w</sub> Archie***

$$S_w^n = \frac{a \cdot R_w}{\phi^m \cdot R_t} \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan:

$S_w$  = Saturasi air (%)

$m$  = Faktor sementasi (gamping = 2; batu pasir = 2.15)

$a$  = Faktor turtuositi (gamping =1; batu pasir = 0.62)

$n$  = Eksponen saturasi (1.8 – 2.5 dengan nilai umum 2.0)

$\phi$  = Porositas efektif (%)

$R_w$  = Resistivitas air (ohm.m)

$R_t$  = Resistivitas sebenarnya dari bacaan log (ohm.m)

### ***Sw Simandoux***

$$S_w = \frac{0.4 \cdot R_w}{\phi e^2} \left[ - \left( \frac{V_{sh}}{R_{sh}} \right) + \sqrt{\frac{5 \cdot \phi e^2}{R_w \cdot R_t} + \left( \frac{V_{sh}}{R_{sh}} \right)^2} \right] \dots\dots\dots (16)$$

Keterangan:

$S_w$  = Saturasi Air (%)

$R_t$  = Resistivitas Formasi dibaca dari Kurva Resistivitas (Ohm.m)

$V_{sh}$  = Volume *Shale* (%)

$R_{sh}$  = Resistivitas *Shale* (Ohm.m)

$R_w$  = Resistivitas Air Formasi (Ohm.m)

$\phi e$  = Porositas Efektif (%)

### ***Sw Indonesia***

$$\frac{1}{\sqrt{R_t}} = \left[ \frac{V_{sh} \left( 1 - \frac{V_{sh}}{2} \right)}{\sqrt{R_{sh}}} + \frac{\phi e^{m/2}}{\sqrt{a \cdot R_w}} \cdot S_w^{n/2} \right] \dots\dots\dots (17)$$

Keterangan:

$S_w$  = Saturasi Air (%)

$R_t$  = Resistivitas Formasi dibaca dari Kurva Resistivitas (Ohm.m)

$R_w$  = Resistivitas Air Formasi (Ohm.m)

$R_{sh}$  = Resistivitas *Shale* (Ohm.m)

$V_{sh}$  = Volume *Shale* (%)

$\phi e$  = Porositas Efektif (%)

$a$  = Faktor Turtuositi (gamping = 1; batupasir = 0,62)

$m$  = Faktor Sementasi (gamping = 2; batupasir = 2,15)

$n$  = Eksponen Saturasi (1,8–2,5 dengan nilai umum 2,0)

## 5. Resistivitas Air ( $R_w$ )

Nilai  $R_w$  bisa didapatkan dengan mencari lapisan reservoir yang terisi penuh dengan air atau  $S_w = 1$  (Irawan dan Utama, 2009).  $R_w$  dapat ditentukan dengan *crossplot* resistivitas-*porosity* atau rumus Archie, serta dari pengukuran laboratorium. Rumus Archie dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$R_w a = \frac{R_t}{F} \dots\dots\dots (18)$$

Sedangkan rumus faktor formasi dituliskan dalam persamaan:

$$F = \frac{a}{\phi^m} \dots\dots\dots (19)$$

Dimana,

$R_w a$  = Resistivitas formasi (*apparent resistivity*)

$R_t$  = Resistivitas dalam formasi kandungan air

$F$  = Faktor formasi

$\phi$  = Porositas

$a$  = Faktor turtuositi (gamping = 1; batupasir = 0,62)

$m$  = Faktor sementasi (gamping = 2; batupasir = 2,15)

Pada daerah terinvasi,  $R_w$  digantikan oleh  $R_{mf}$  karena air formasi didesak keluar oleh fluida yang bersaing dari lumpur pada saat pemboran atau *mud filtrate*. Untuk mendapatkan harga  $R_{mf}$  pada formasi, maka harus diketahui temperatur formasi dengan menggunakan persamaan (Harsono, 1997).

$$T_f = \frac{DF (BHT-ST)}{TD} + TS \dots\dots\dots (20)$$

Dimana,

$Tf$  = Temperatur formasi

$DF$  = Kedalaman formasi (*Depth Formation*)

$ST$  ( $TS$ ) = Temperatur permukaan (*Surface Temperature*)

$TD$  = Kedalaman temperatur (*Total Depth*)

$BHT$  = Temperatur dasar sumur (*Bottom Hole Temperature*)

Sehingga penentuan  $Rmf$  ( $^{\circ}F$ ) pada temperatur formasi dapat menggunakan persamaan:

$$Rm@Tf = \frac{Rmf (TS+6.77)}{Tf+6.77} \dots\dots\dots(21)$$

$$Rw = Rm@Tf \cdot \frac{Rt}{Rxo} \text{ (Terinvasi Lumpur) } \dots\dots\dots(22)$$

$$Rw = Rm@Tf \cdot \frac{Rt}{Ro} \text{ (Bersih) } \dots\dots\dots(23)$$

$$Rxo = F \cdot Rmf \dots\dots\dots(24)$$

$$Rxo = F \cdot Rw \dots\dots\dots(25)$$

Keterangan :

$Rw$  = Resistivitas Air

$Rmf$  = Resistivitas Lumpur (*mud filtrate*)

$Rt$  = Resistivitas Sebenarnya

$Rxo$  = Resistivitas formasi zona terinvasi

$Ro$  = Resistivitas formasi zona tidak terinvasi (zona jenuh 100 % air)

## 6. Hubungan Properti Reservoir

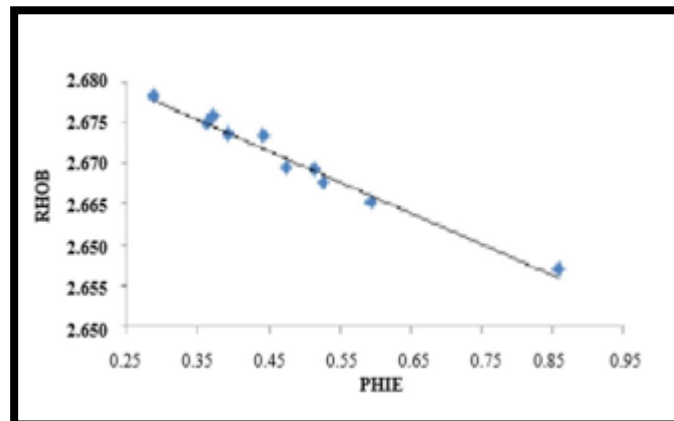
Ada beberapa parameter yang termasuk kedalam properti reservoir dengan memiliki korelasi dan hubungan yang linier. Korelasi dan hubungan antar properti yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut.



**a. Hubungan Porositas Efektif (PHIE) dan Bulk Density (RHOB)**

Korelasi yang terjadi antara PHIE dengan RHOB adalah korelasi linier sebagaimana menurut Baiyegunhi, dkk., (2014), makin besar nilai densitasnya, maka nilai porositas makin kecil dan sebaliknya. Hal ini terbukti dengan diperkuatnya beberapa uji yang dilakukan dari beberapa lapangan yang menunjukkan hubungan linier dengan ditunjukkan pada

**Gambar 21.**



**Gambar 21.** Hubungan *RHOB* dan PHIE (Baiyegunhi, dkk., 2014)

**b. Hubungan Porositas Efektif (PHIE) dan Saturasi Air ( $S_w$ )**

Hubungan porositas efektif dengan saturasi air dinyatakan dengan persamaan linier *Buckles*.

$$\text{Porosity } (\phi) \times \text{Water Saturation } (S_w) = \text{Constant} \dots\dots\dots(26)$$

$$S_w = \frac{\text{Constant}}{\phi} \dots\dots\dots(27)$$

Dimana, nilai untuk konstanta berbeda untuk tiap litologi

$$\text{Sandstone} = 0,02-0,10$$

$$\text{Intergranular Carbonates} = 0,01-0,06$$

$$\text{Vuggy Carbonates} = 0,005-0,006$$

## 7. *Cut-off* Reservoir dan *Lumping* Petrofisika

*Cut-off* merupakan batasan yang diperlukan dalam penentuan zona *netpay* reservoir. *Netpay* merupakan ketebalan reservoir yang mengandung hidrokarbon (Dewanto, 2016). Untuk menentukan *netpay* perlu dicari harga *cut-off* porositas ( $\phi$ ), *cut-off volume shale* (*Vsh*), dan *cut-off* saturasi air (*Sw*). Dari harga-harga *cut-off* yang akan dicari maka dapat diperoleh angka atau ketebalan *netpay* dari *gross* reservoir. Untuk nilai penggal porositas dibaca keatas, artinya nilai diatas *cut-off* yang dianggap produktif sedangkan untuk nilai penggal *Vsh* dan *Sw* dibaca ke bawah (Triwibowo, 2010).

*Cut-off* porositas dapat dicari dengan menggunakan metode *crossplot* antara nilai porositas sebagai sumbu x dan permeabilitas sebagai sumbu y (Budiarto, dkk., 2015). Kemudian dilakukan regresi linear dan nilai porositas terbaca saat permeabilitas 1 mD adalah nilai *cut-off* porositas. Nilai permeabilitas 1 mD merupakan nilai permeabilitas minimum agar fluida dapat mengalir dalam formasi. *Cut-off Vshale* dapat dicari dengan menggunakan *crossplot* antara nilai *Vcl* dalam sumbu x dan porositas sebagai fungsi y. Nilai *Vcl* terbaca saat nilai porositas *cut-off* merupakan nilai penggal untuk *Vshale*. Nilai penggal pada saturasi air bisa dicari dengan *crossplot* antara porositas dengan saturasi air. Tetapi bisa juga dengan menggunakan analisis data *core* (Vidhotomo, dkk., 2011). Nilai *cut-off* bisa berubah sesuai dengan peneliti serta nilai rata-rata dari parameter yang digunakan (Arief, dkk., 2018).

*Lumping* data petrofisika dibuat dengan menerapkan nilai penggal porositas ( $\phi$ ), kandungan lempung (*Vcl*), dan saturasi air (*Sw*). *Lumping*



Dalam **Gambar 23** menunjukkan garis ambang batas kuning merupakan nilai *cut-off* dari porositas efektif dengan nilai 0.12 (fraksi) pada sumbu vertikal dan *cut-off Vshale* dengan nilai 0.35 (fraksi) pada horizontal. Wilayah yang melewati ambang batas *cut-off* tersebut yaitu wilayah yang diduga menyimpan hidrokarbon. Yang dimaksud dari *gross sand* dalam *lumping* data merupakan ketebalan utuh lapisan reservoir termasuk komposisi *shale*. *Netsand* adalah lapisan reservoir yang sudah bersih atau sudah dikurangi dengan komposisi *shale* di dalamnya dan *netpay* adalah lapisan reservoir yang mempunyai komposisi hidrokarbon di dalamnya.

#### **E. Perhitungan Sumber Daya Hidrokarbon**

Dalam perhitungan sumber daya hidrokarbon terlebih dahulu mencari nilai *Volume bulk* ( $V_b$ ) dari reservoir yang ditempati oleh fluida. Oleh sebab itu, analisis petrofisika penting dilakukan guna mengetahui parameter dan properti petrofisika serta ketebalan formasi produktif (*netpay reservoir*). Dalam penentuan perhitungan *original in place* diperlukan nilai *net to gross* (N/G) yaitu perbandingan *net sand* terhadap *gross sand* yang merupakan perbandingan tebal lapisan batupasir yang dianggap cukup produktif untuk tersimpannya hidrokarbon terhadap tebal formasi secara keseluruhan yang dianggap sebagai *gross sand*.

Data yang diperlukan untuk mencari perhitungan OOIP atau OGIP secara volumetrik yaitu *volume bulk* ( $V_b$ ), porositas batuan ( $\phi$ ), saturasi air ( $S_w$ ), *net to gross* (N/G) dan faktor volume saturasi fluida ( $B_{oi}$  atau  $B_{gi}$ ). *Volume bulk* ( $V_b$ ) yaitu suatu volume dari reservoir yang diperoleh dari perhitungan setelah

pemodelan *depth structure map*. Perhitungan cadangan hidrokarbon terdiri dari perhitungan minyak *Original Oil In Place (OOIP)* dan gas *Original Gas In Place (OGIP)*.

### 1. *Original Oil In Place (OOIP)*

$$OOIP = \frac{7758 \times A \times \phi \times (N/G) \times (1-S_w)}{B_{oi}} \text{ (Vidhotomo dkk., 2011) .....(28)}$$

Keterangan:

*OOIP* = *Original oil in place* (STB, Stock Tank Barrels)

7758 = Faktor konversi dari *acre.feet* ke BBL.Barrel

$\Phi$  = Porositas efektif rata-rata (fraksi)

$S_w$  = Saturasi air rata-rata (fraksi)

*N/G* = *Net sand to gross sand* (fraksi)

$B_{oi}$  = faktor volume formasi minyak mula-mula, BBL/STB

### 2. *Original Gas In Place (OGIP)*

$$OGIP = \frac{43560 \times A \times \phi \times (N/G) \times (1-S_w)}{B_{gi}} \text{ (Triwibowo, 2010) .....(29)}$$

Keterangan:

*OGIP* = *Original gas in place* (SCF, *Standard Cubic Foot*)

43560 = Faktor konversi dari *acre.feet* ke *MMSCF*

$\Phi$  = Porositas efektif rata-rata (fraksi)

$S_w$  = Saturasi air rata-rata (fraksi)

*N/G* = *Net sand to gross sand* (fraksi)

$B_{gi}$  = Faktor *volume* formasi gas mula-mula, BBL/SCF



## B. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Data Sumur ( Log *Gamma Ray*, Log *NPHI*, Log *RHOB*, Log *Resistivity*, Log *Caliper*).
2. Data Eksplorasi Geofisika (Seismik 3D PSTM, Checkshot).
3. Laptop dan *Software* pengolahan.

## C. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian kali ini adalah:

### 1. Studi Literatur

Studi literatur kali ini dilakukan agar dapat menentukan fokus penelitian.

Pada tahapan ini, penulis mempelajari metode seismik dan *wellogging* yang menjadi dasar Tugas Akhir ini serta mempelajari tatanan geologi dan stratigrafi regional daerah penelitian.

### 2. Persiapan dan Pengumpulan Data

**Tabel 6.** Kelengkapan data *log* tiap sumur

Well	Log GR	Log CAL	Log NPHI	Log RHOB	Log Resistivity	Log DT	Checkshot
RZL-1	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada
RZL-2	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada
RZL-3	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada
RZL-4	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada

### A. Data Sumur

Pada penelitian ini digunakan 4 sumur , yaitu RZL-1, RZL-2, RZL-3, dan RZL-4 Kelengkapan *log* dapat dilihat pada **Tabel 6**.

## **B. Data Seismik**

Data seismik yang digunakan adalah data seismik *post stack migration* 3D.

## **C. Data Checkshot**

Data ini digunakan untuk mendapatkan hubungan kedalaman dengan waktu. Dalam hal ini data sumur berada dalam domain kedalaman, sedangkan data seismik berada dalam domain waktu. Data *checkshoot* pada sumur dapat mengkonversi domain sumur (kedalaman) menjadi domain waktu (*time to depth conversion*). Oleh karena itu data *checkshoot* ini digunakan untuk mengikat sumur dengan seismik.

## **D. Data Marker**

Data ini digunakan sebagai patokan dalam melakukan *picking horizon* serta *well to seismic tie*. Pada penelitian ini digunakan 4 data marker untuk pengolahan data.

# **3. Pengolahan Data**

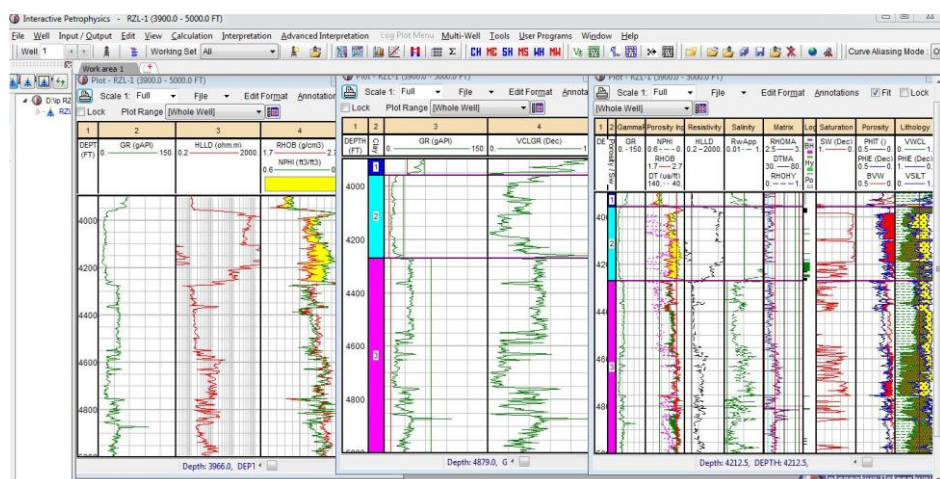
## **A. Pengolahan Data Sumur dan Perhitungan Properti Petrofisika**

Pada pengolahan data sumur terdapat 2 tahapan yang dilakukan yaitu interpretasi kualitatif dan kuantitatif. Untuk interpretasi kualitatif dilakukan dengan cara *quick look* untuk membantu penginterpretasian zona *porous permeable*, ketebalan, jenis litologi dan fluida pengisi formasi. Dengan melihat nilai log *gamma ray* rendah yang mengindikasikan lapisan *permeable*, separasi antara log densitas dan neutron serta log resistivitas yang sedang atau tinggi.

Untuk interpretasi kuantitatif yaitu kandungan *shale* dilakukan analisis



Setelah itu menghitung porositas dimana pada penelitian ini terfokus pada porositas efektif. Lalu menentukan harga saturasi air. Sebelum itu, harus tau terlebih dahulu resistivitas air nya. Lalu menentukan nilai permeabilitas dengan formula *Schlumberger*. Kemudian menentukan nilai *cut-off* yaitu *cut-off* porositas yang dilakukan melalui *crossplot* antara porositas efektif dengan permeabilitas. *Cut-off volume shale* yang dilakukan melalui *crossplot* antara porositas efektif dengan *volume shale*. *Cut-off* saturasi air yang dilakukan melalui *crossplot* antara porositas efektif dengan saturasi air.

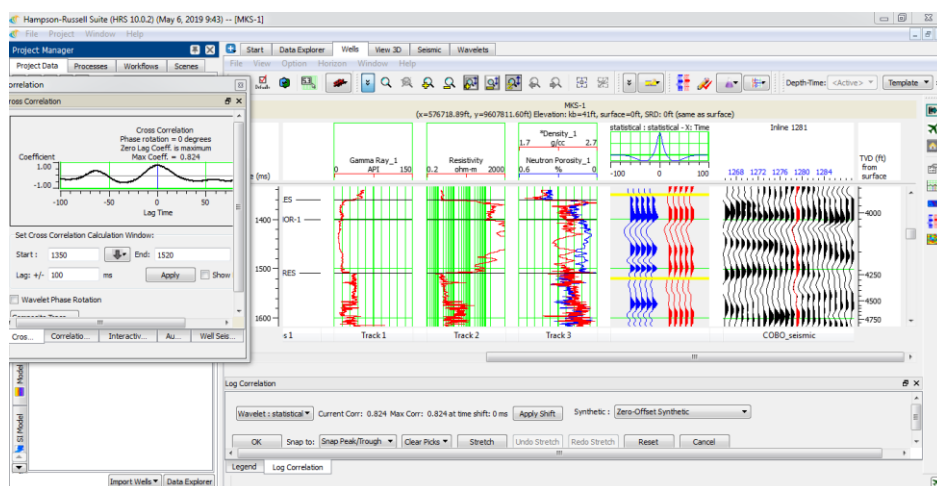


**Gambar 24.** Tampilan lembar kerja software *Interactive Petrophysics*.

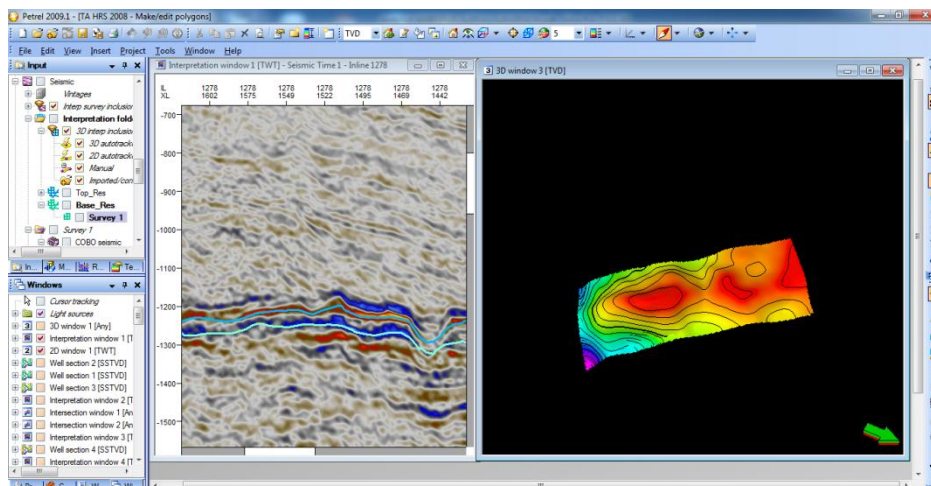
## B. Pengolahan Data Seismik

Pada pengolahan data seismik setelah data diinput lalu dilakukan analisis sumur guna dilihat zona yang memiliki potensi hidrokarbon. Kemudian dilakukan ekstraksi *wavelet*, pada tahap ini digunakan *wavelet statistical*. Lalu dilakukan pembuatan sintetik seismogram dari hasil konvolusi koefisien refleksi dengan *wavelet*. Setelah itu dilakukan pengikatan data sumur dengan data seismik atau *well to seismic tie*.

Dimana dalam *well seismic tie* dilakukan guna menyamakan domain sumur berupa kedalaman dengan domain seismik berupa waktu. Dalam tujuan akhir dari pengikatan ini yaitu mengetahui posisi *marker* geologi pada data seismik. Proses *well seismic tie* dipengaruhi oleh *shifting* dan *stretching*. Dimana *shifting* merupakan proses memindahkan komponen seismogram ke posisi yang diinginkan karena adanya perbedaan datum antara data seismik dengan data sumur. Sedangkan *stretching* merupakan proses meregangkan dua *amplitude* yang berdekatan pada data seismogram. Kemudian dilakukan *picking horizon* sebagai dasar untuk pembuatan peta struktur waktu atau *time structure map*. Dari peta struktur waktu akan dikonversi kedalam satuan meter sehingga dihasilkan peta struktur kedalaman atau *depth structure map*.



**Gambar 25.** Tampilan lembar kerja pada *software Hampson Russell (HRS)*.



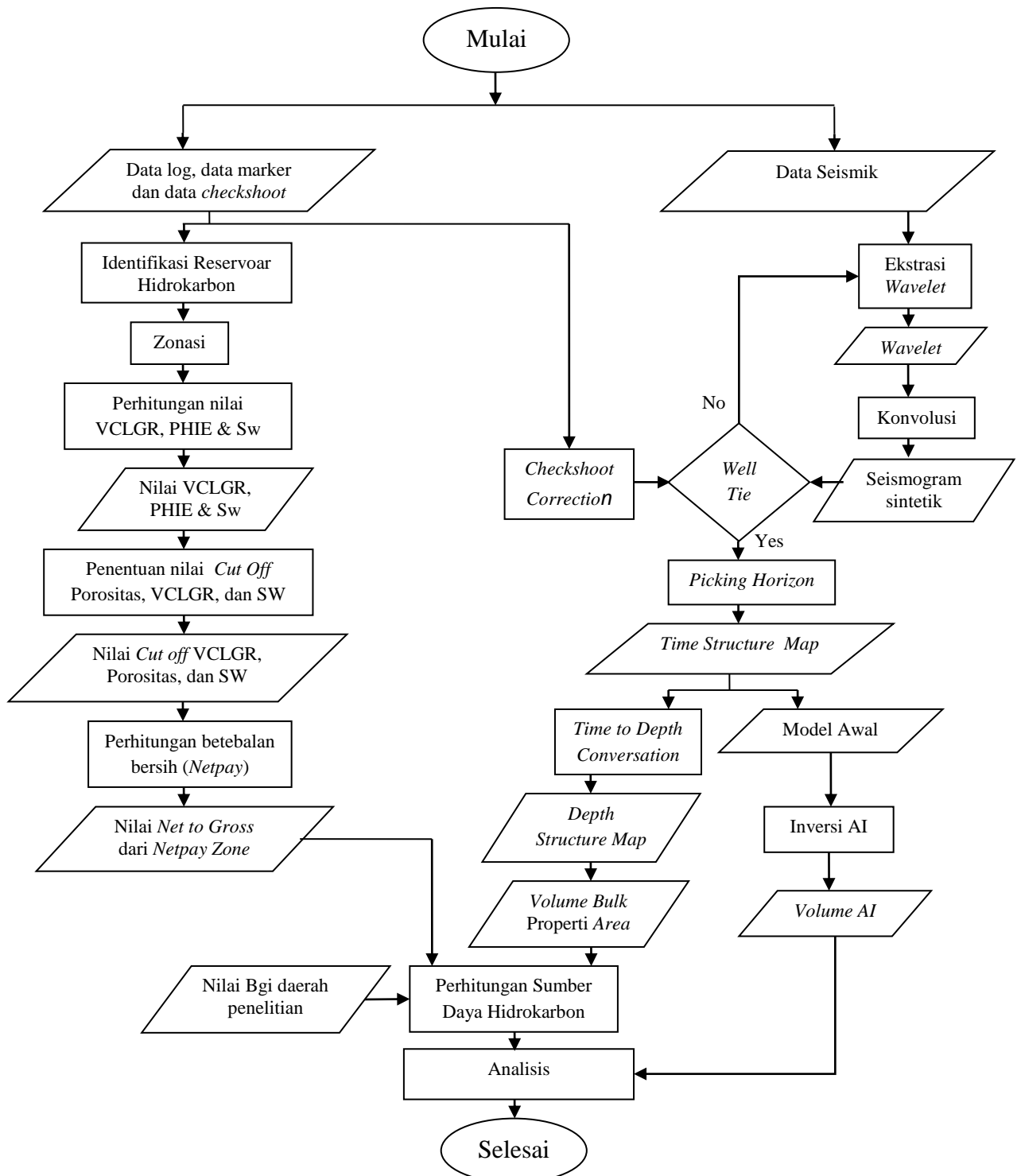
**Gambar 26.** Tampilan lembar kerja pada *software* Petrel.

### C. Perhitungan Sumberdaya Hidrokarbon

Pada perhitungan sumberdaya hidrokarbon dilakukan berdasarkan parameter petrofisika. Dimana parameter yang digunakan yaitu berupa porositas, saturasi air, *net to gross*, dan faktor volume saturasi fluida (*Boi* atau *Bgi*). Dalam perhitungan sumberdaya hidrokarbon dalam reservoir dihitung menggunakan metode *volumetric*. Data penunjang lainnya yaitu *volume bulk*. Setelah *volume bulk* diperoleh maka dapat dihitung *Original Oil In Place* atau *OOIP* berupa sumberdaya minyak dan *Original Gas In Place* atau *OGIP* berupa sumberdaya gas dengan nilai *Boi* atau *Bgi* diketahui sehingga diperoleh besar sumberdaya hidrokarbon.

#### D. Diagram Alir Penelitian

Diagram Alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 27** berikut:



**Gambar 27.** Diagram alir penelitian.

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Lapisan produktif yang mengandung hidrokarbon dapat dilakukan dengan dua cara, interpretasi kualitatif dan interpretasi kuantitatif. Untuk interpretasi kualitatif dapat dilihat dari nilai *gamma ray* yang rendah, separasi antara *RHOB* dan *NPHI* dan resistivitas yang tinggi. Sedangkan untuk interpretasi kuantitatif pada sumur RZL-1 memiliki nilai *volume shale* sebesar 31,1 %, porositas efektif sebesar 7,6 %, *Sw* sebesar 15,5 % dan permeabilitas sebesar 2823,879 mD.
2. Nilai *net to gross* sumur RZL-1 0,81, sumur RZL-3 0,94, sumur RZL-4 0,86. sedangkan *volume bulk* pada sumur RZL-1 317.291 acre.ft , sumur RZL-3 2.912.200 acre.ft, sumur RZL-4 3.779.480 acre.ft.
3. Hasil perhitungan sumberdaya hidrokarbon dengan total 3 sumur sebesar 42,97 mmscf atau 42.970.000 scf.

**B. Saran**

Agar hasil interpretasi lebih akurat sebaiknya dilakukan pengolahan seismik lebih lanjut yaitu seismik multiatribut pada penelitian selanjutnya. Selain itu juga perlu dilengkapi dengan hasil uji laboratorium seperti nilai *cut-off* dan juga *Rw* agar data lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arief, D.M., Dewanto, O., Karyanto dan Azzaino, Z. 2018. Analisis Petrofisika Dalam Penentuan Zona Prospek dan Estimasi Cadangan Hidrokarbon Pada Sumur DMA-01 dan DMA-04 Lapisan Formasi DMA Cekungan X. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*. ISSN: 2356-1599.
- Asquith, G.B. 1976. *Basic Well Log Analysis for Geologist*. Oklahoma: The American Association of Petroleum Geologists.
- Asquith, G.B. dan Krygowski D.A. 2004. *Basic Well Log Analysis, 2nd Edition*. Tulsa, Oklahoma: AAPG. AAPG Methods in Exploration Series 16.
- Barret, A.G., Hinde, A.L. dan Kennard, J.M. 2004. *Undiscovered Resource Assessment Methodologies and Application to The Bonaparte Basin*. Geoscience Australia: Canberra.
- Budiarto, E., Pranata, E., Putra, R.A., Hendyantoro, R., Praja, A.A.S. dan Permana, A.W. 2015. *Tutorial Petrel dan Interactive Petrophysic*. Laboratorium Geologi Minyak dan Gas Bumi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro: Semarang.
- Charlton, T.R. 2002. The Petroleum Potential of East Timor. *The APPEA Journal*, 03 (12), p. 15 – 21.
- Cordson, A. dan Pierce, J. 2000. *Planning land 3D seismic surveys*. SEG Geophysical Developments : USA.
- Darling, T. 2005. *Well Logging and Formation Evaluation*. Oxford: Elsevier Publishing Company.
- Dewanto, O. 2016. *Petrofisika Log, Edisi-1*. Lampung: Universitas Lampung.
- Dewanto, O., Mulyatno, B.S., Rizky, S. dan Alimuddin. 2016. Petrophysical Properties Analysis of Reservoir Rock Using Core Analysis and Interpretation Log Data Method To Estimated The Water Saturation (Sw) at OD-1 and OD-2 Wells in The X-Area. *Proceeding PIT HAGI 41*.

- Dewanto, O., Mulyatno, B.S., Rustadi dan Wibowo, R.C. 2017. Determining the Temperature of Shale Material Conversion Into Crude Oil Based on Organic Clay and Organic Carbonate Test Outside Reservoir. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering, IJMME*. Vol:17 No:05. ISSN: 2077-124X (Online), 2227-2771 (Print Page: 84-89).
- Dewanto, O. 2018. *Well Logging, Edisi-I*. Buku Ajar. Bandar Lampung: Pusaka Media. ISBN: 978-602-5947-28-5.
- Dwiyono, I.F. dan Winardi, S. 2014. Kompilasi Metode Saturasi Air Dalam Evaluasi Formasi. *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan ke-7*.
- Harsono, A. 1997. *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*. Jakarta: Schlumberger Oil field Service.
- Irawan, D. dan Utama, W. 2009. Analisis Data Well Log (Porositas, Saturasi Air, dan Permeabilitas) untuk menentukan Zona Hidrokarbon, Studi Kasus: Lapangan ITS Daerah Cekungan Jawa Barat Utara. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. Vol:05 No:01.
- Koesoemadinata, R. 1978. *Geologi Minyak dan Gas Bumi*. Bandung: ITB.
- Mulyatno, B.S., Dewanto, O. dan Maharani, C.D. 2018. Karakterisasi Batuan Reservoir Menggunakan Metode Log-Petrofisika, Geokimia dan Termal pada Sumur I-1 dan I-2 di Daerah 'Y' Sumatera Tengah. *Prosiding Semnas SINTA FT UNILA*. ISBN: 2655-2914.
- Mulyatno, B.S., Dewanto, O. dan Rizky, S. 2018. Determining Layer Oil Shale as New Alternative Energy Source Using Core Analysis and Well Log Method. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.36) (2018) 941-949.
- Mory, A.J. 1988. Regional geology of offshore Bonaparte Basin. In: Purcell, P.G. and Purcell, R.R. (eds), *The North West Shelf Australia, Proceedings of Petroleum Exploration Society of Australia Symposium*, Perth, 1988, 287-309.
- Prastika, N., Sapto, B., Dewanto, O. dan Wijaksono, E. 2018. Analisis Perbandingan Metode Seismik Inversi Impedansi Akustik Model Based, Band Limited, dan Sparse Spike Untuk Karakteristik Reservoir Karbonat Lapangan NBL Pada Cekungan Nias. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*. ISSN: 2356-1599.
- Ramdhani, E. 2017. Perhitungan Cadangan Hidrokarbon Formasi Talang Akar Menggunakan Analisis Petrofisika Dan Seismik Inversi AI Dengan Pendekatan Map Algebra Pada Lapangan Bisma, Cekungan Sumatera Selatan. Skripsi Sarjana FT Universitas Lampung: Tidak diterbitkan.



- Rider, M. 2002. *The Geological Interpretation of Well Logs Second Edition*. Scotland: Whitetles Publishing.
- Russell, B. 1988. *Introdustion to Seismic Inversion Methods*. S.N. : Domenico Series Editor Course Notes Series Volume 2 An SEG Continuing Education Short Course. USA.
- Schlumberger. 1989. *Log Interpretation Principles / Applications*. Schlumberger Wireline & Testing: Texas.
- Shearer, P. 2009. *Introduction to Seismolog; Second Edition*. Cambridge University Press: UK.
- Simm, R dan Bacon, M. 2014. *Seismic Amplitude: An Interpreters Handbook*. Cambridge University Press: UK.
- Triwibowo, B. 2010. Cut-off Porositas, Volume Shale, dan Saturasi Air untuk Perhitungan Netpay Sumur O Lapangan C Cekungan Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmiah MTG*, 3(2).
- Vidhotomo, E., Juwono, A.M. dan Mekarsari, R. 2011. Analisis Petrofisika dan Perhitungan Cadangan Minyak pada Lapangan “BEAR” Cekungan Sumatera Tengah; Studi Kasus PT Chevron Pacific Indonesia. *Jurnal Chevron Indonesia*. p. 1-14.