

**KARAKTERISASI RESERVOAR MELALUI ANALISIS PETROFISIKA
PADA DATA *WELL LOG* SUMUR 'C' LAPANGAN 'R'**

(Skripsi)

Oleh
RIZAL GATA KUSUMA



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDUDUKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2017**

ABSTRAK

KARAKTERISASI RESERVOAR MELALUI ANALISIS PETROFISIKA PADA DATA *WELL LOG* SUMUR 'C' LAPANGAN 'R'

Oleh

RIZAL GATA KUSUMA

Daerah penelitian terletak pada *Paternoster Platform* yang berada dibagian laut Kalimantan Tenggara yang berbatasan langsung dengan Cekungan Makassar Selatan. Pentingnya penelitian ini dilakukan agar membantu dalam hal penentuan zona produktif dengan mengetahui karakteristik dari suatu data sumur C. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dimana zona-zona produktif berdasarkan parameter analisis petrofisika (saturasi air, porositas dan kandungan lempung) serta bagaimana karakteristiknya. Interpretasi pintas menghasilkan zona-zona *permeable* dan zona produktif dari setiap sumur. Adapun lithologi pada sumur C pada Lapangan R ini didapatkan dengan lithologi Karbonat *limestone* dan *Sandstone*). Zona produktif didapatkan pada setiap sumur, yaitu pada sumur C1 di zona 2 interval 3963-4273.5 ft, pada sumur C2 di zona 8 interval 4991.75-5094.25 ft, pada sumur C3 di zona 2 interval 4170-4450.5 ft dan sumur C4 di zona 2 yaitu interval 4221-4539.5 ft. Penentuan ini didasarkan pada hasil analisis petrofisika dengan hasil rata-rata porositas zona 2 pada sumur C1 sebesar 18.7%, Sw 9.3% dan Vsh 1.5%; zona 8 sumur C2 porositas 11.6%, Sw 43.8%, dan Vsh 6.5%; zona 2 pada sumur C3 porositas 14.3%, Sw 15.5% dan Vsh 3.9%; sedangkan pada zona 2 sumur C4, porositas 13.4%, Sw 7.8% dan Vsh 3%. Hasil ini juga dapat dilihat pada penampang 2D dan 3D yang merupakan persebaran parameter petrofisika baik itu reservoarnya dan netpaynya. Dan karakteristik reservoar pada sumur C ini relatif memiliki saturasi yang rendah di bawah 50%, porositas lebih dari 10 % dan kandungan lempung yang relative rendah yaitu kurang dari 10% sehingga dapat dikatakan zona produktif pada sumur C berpotensi Gas dibandingkan minyak.

Kata Kunci: Petrofisika, Saturasi Air, Porositas, *Vshale*, dan *netpay*

ABSTRACT

THE CHARACTERIZATION OF RESERVOIR WITH PETROPHYSICS ANALYSIS ON WELL DATA 'C' IN FIELD 'R'

By

RIZAL GATA KUSUMA

The research area located at Paternoster Platform in a place part of southeast from the sea Kalimantan, a border on with South Makassar Basin. The interesting of this research in order to help in the case of determining a productive zone with detecting of characterization from a data well C. The research in order to know where the productive zones based on parameter of petrophysics analysis (water saturation, porosity and volume shale) with how the characterization. A time interpretation results permeable zones and productive zones from the each well. The lithology on well C in this R field be founded with lithology Carbonate (limestone and dolomite). Productive zone be founded in each of well, in well C1 there on zone 2 with interval 3963-4273.5 feet, in well C2 on zone 8 with interval 4991.75-5094.25 feet, in well C3 on zone 2 with interval 4170-4450.5 feet and in well C4 on zone 2 with interval 4221-4539.5 feet. This determining based on result of petrophysics analysis with average result of porosity in zone 2 on well C1 as big as 18.7%, Sw 9.3% and Vshale 1.5%; zone 8 on well C2 with porosity 14.3%, Sw 43.8% and Vshale 6.5%; zone 2 on well C3 with porosity 14.3%, Sw 15.5% and Vshale 3.9%; and then in zone 2 on well C4 have porosity 13.4%, Sw 7.8% and Vshale 3%. This result also can see the profile 3D and 2D is the spread of petrophysics parameter to reservoir and net pay. And characterization of reservoir in this well C relative have a low water saturation under 50%, porosity more than 10% and with volume shale is relative low less than 10% with the result that can say productive zone in well C have potentially Gas just than oil.

Key words: petrophysics, water saturation, porosity, volume shale, and netpay

**KARAKTERISASI RESERVOAR MELALUI ANALISIS PETROFISIKA
PADA DATA *WELL LOG* SUMUR 'C' LAPANGAN 'R'**

Oleh
RIZAL GATA KUSUMA

Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada
Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDUDUKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2017

Judul Skripsi : **KARAKTERISASI RESERVOAR MELALUI
ANALISIS PETROFISIKA PADA DATA
WELL LOG SUMUR 'C' LAPANGAN 'R'**

Nama Mahasiswa : **Rizal Gata Kusuma**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1215051048

Program Studi : Teknik Geofisika S-1

Jurusan : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

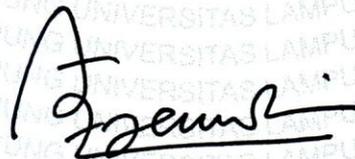


Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si.
NIP 19661222 199603 1 001



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

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika



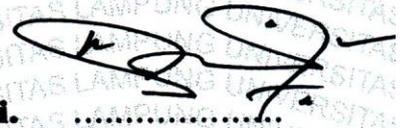
Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.
NIP 19720928 199903 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

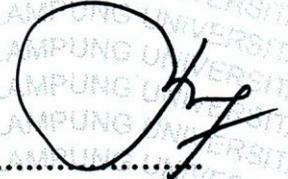
Ketua

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



Sekretaris

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



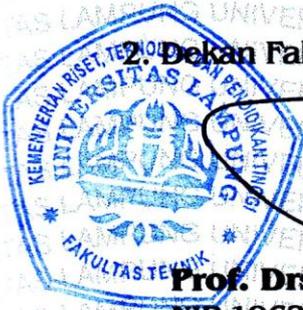
Penguji

Bukan Pembimbing

: Rustadi, S.Si., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



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

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 Februari 2017

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa 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.

Bandar Lampung, 03 Maret 2017

Penulis,



Rizal Gata Kusuma

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Pringsewu tepatnya pada tanggal 03 Januari 1994. Penulis merupakan anak ke delapan (VIII) dari pasangan Bapak Sulasno, S.Pd dan Ibu Kasiyah S.Pd. Penulis mengawali pendidikan awal di Taman Kanak-kanak TK Aisyiah Tambahsari, Pringsewu, pada tahun 1999 sampai dengan tahun 2000. Kemudian dilanjutkan ke pendidikan Sekolah Dasar di SD N 3 Tambahrejo, Pringsewu dari tahun 2000 sampai tahun 2006. Selanjutnya Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP N 2 Gadingrejo, Pringsewu sampai pada tahun 2009. Dan selanjutnya Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA N 1 Gadingrejo dari tahun 2009 sampai tahun 2012. Dimana selama di SMA N 1 Gadingrejo penulis pernah terdaftar sebagai ketua gamelan lampung dan aktif di kejuaraan sepak bola sampai pada tingkat provinsi.

Kemudian pada tahun 2012 penulis melanjutkan studi di perguruan tinggi dan masuk terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung penulis aktif pada bidang kemahasiswaan, keilmuan dan kerohanian.

Di bidang kemahasiswaan penulis terdaftar sebagai anggota Panitia Khusus Pemira Fakultas Teknik tepatnya diperiode 2012/2013. Di periode yang sama penulis juga terdaftar sebagai anggota SBM (Sosisal Budaya Masyarakat) HIMA TG. Dan pada periode 2013/2014 penulis menjabat sebagai Ketua Kerohanian Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika. Penulis juga pernah terdaftar sebagai anggota *course* di organisasi *SEG (Society Engineering Geophysics)*.

Di bidang keilmuan, Penulis pernah mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) pengabdian masyarakat yang lolos sampai pada ajang akbar PIMNAS (Pekan Ilmiah Nasional) di Institut Pertanian Bogor pada bulan Agustus tahun 2016. Di bidang kerohanian, penulis pernah terdaftar sebagai Staf MI (Media Informasi) di Fossi FT.

Pada tahun 2015 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Adiluhur, Kecamatan Panca jaya, Kabupaten Mesuji, Lampung. Dan pada tahun yang sama penulis juga melaksanakan Kerja Praktek selama 1 bulan di PT. Bukit Asam (Persero), Tbk., Tanjung Enim, Sumatera Selatan “Analisa data *logging* untuk mengetahui lithologi dan korelasinya serta keberadaan lapisan pengotor di area Tambang Air Laya (TAL) PT Bukit Asam (Persero) tbk”. Dan pada tahun 2016, Penulis melakukan penelitian Tugas Akhir (TA) untuk penulisan skripsi di LEMIGAS, bagian KPPP Eksplorasi 3 yang berlokasi di Jl.Ciledug Raya , Jakarta Selatan. Dan pada akhirnya penulis berhasil menyelesaikan pendidikan sarjana strata 1 di Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung tepatnya pada tanggal 23 Februari 2017.

PERSEMBAHAN

*Karya ini penulis persembahkan yang paling utama adalah kepada ALLAH SWT
sebagai wujud rasa syukur atas apa yang telah diberikan sampai saat ini.*

Kepada Ayahanda Tercinta Bapak Sulasno, S.Pd

Dan Ibunda Tercinta Ibu Kasiyah, S.Pd

Yang Selalu Menjadi Motivasi Hidup Untuk Selalu Bersemangat

Kepada Delapan Saudara Kandungku

Dan Keluarga Besar

Yang Selalu Memberikan Dukungan

Keluarga Terknik Geofisika Universitas Lampung Angkatan 2012

Keluarga Besar Teknik Geofisika Universitas Lampung

Dan Kampus Tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillah, puji syukur senantiasa penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat melaksanakan dan sekaligus menyelesaikan Tugas Akhir dan Skripsi di LEMIGAS ini dengan hikmat. Adapun laporan skripsi ini berjudul “*Karakterisasi Reservoir Melalui Analisis Petrofisika Pada Data Well Log Sumur ‘C’ Lapangan ‘R’*”.

Dalam pelaksanaan dan penulisan laporan ini, Penulis menyadari sepenuhnya bahwa terselesaikannya segala tentang skripsi ini tidaklah lepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu ucapan terimakasih Penulis persembahkan kepada:

1. Allah SWT;
2. Kedua Orang tua tercinta Bapak Sulasno, S.Pd dan Ibu Kasiyah, S.Pd yang tidak henti-hentinya mendidik, mendo’akan dan mendukung Penulis untuk selalu semangat dalam menyelesaikan kuliah dan skripsi ini;
3. Kepada kakak-kakak dan adikku yang selalu mendukung dan memeberi semangat untuk pantang menyerah selama mengerjakan skripsi ini;
4. PPPTMBG LEMIGAS sebagai Institusi yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan tugas akhir selama 2 bulan;
5. Bapak Dr. Ir. Bambang Widarsono, M.Sc selaku Kepala PPPTMBG LEMIGAS;

6. Bapak Oki Hendiana, S.Si selaku pembimbing selama tugas akhir di KPPP Eksplorasi 3, PPPTMBG LEMIGAS;
7. Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung;
8. Bapak Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si selaku Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan dan membagi ilmu yang bermanfaat untuk penyelesaian skripsi ini;
9. Bapak Bagus Sapto Mulyatno, S.Si, M.T selaku Dosen Pembimbing II sekaligus Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan pada penyelesaian skripsi ini;
10. Bapak Rustadi S.Si., M.T selaku Dosen Penguji yang telah membantu dalam masukan dan koreksi terhadap penyelesaian skripsi ini;
11. Semua Dosen Teknik Geofisika yang telah memberikan waktu dan ilmunya selama berkuliah di Jurusan Teknik Geofisika;
12. Teman seperjuangan selama menjalani Tugas Akhir di PPPTMBG LEMIGAS yaitu Made Jnanaparama A, Dimas Triyono dan Virgian Rahmanda;
13. Keluarga “Ciloko Rolas” (Agus, Bagas, Made, Sigit, Rival, Beny dan Zulhijri, Dimas ‘Suen’, Carta, Virgian, Dedi A., Dedi Yul, Ferry, Bari, Ryan ‘Ucok’, Anta ‘Agan’, Hanif, Soulthan’Sule’, Kukuh, Legowo, Andre, Kevin, Gifari, Jordi, Hilman, Esha, Dimas ‘onoy’, Dimas ‘Kopet’, Edo, Aldo, Irwan ‘Komti’, Ari, Andina, Azis, Elen, Gita, Niar, Nana, Vivi, Lita, Resti, Medi, Beta, Bella, Dilla, Vee, Zahidah) tanpa terkecuali;

14. Keluarga besar ‘KENDUR’ yang tak henti-hentinya selalu membagi ilmu serta informasi dan mendukung baik dalam suka dan duka di waktu siang maupun malam;
15. Keluarga kecil *The Anonymous* yang selalu menginspirasi melalui nada-nada;
16. Kakak serta adik tingkat Teknik Geofisika yang telah mendukung dan memberi semangat;
17. Dan berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini.

Semoga dengan adanya karya ini dapat bermanfaat sekaligus menambah ilmu pengetahuan kepada seluruh pembaca khususnya bagi mahasiswa Teknik Geofisika Universitas Lampung dan masyarakat luas pada umumnya. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk memotivasi penulis agar dapat menjadi seseorang yang lebih baik dikemudian hari nanti.

Bandarlampung, 03 Maret 2017

Penulis
Rizal Gata Kusuma

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
 I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	2
 II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Lokasi Penelitian	4
2.2 Geologi Regional	5
2.3 Stratigrafi	6
 III TEORI DASAR	
3.1 <i>Wireline Logging</i>	9
3.2 Jenis – Jenis Logging	10
3.2.1 Log SP	11
3.2.2 Log Resistivitas	13
	xiii

3.2.3 Log gamma ray	18
3.2.4 Log densitas	20
3.2.5 Log neutron	23
3.2.6 Log caliper	25
3.2.7 Log sonic.....	26
3.3 Interpretasi Kualitatif	27
3.4 Interpretasi Kuantitatif	28
3.3.1 Volume shale	29
3.3.2 Porositas	30
3.3.3 Faktor formasi.....	32
3.3.4 Penentuan Rw	33
3.3.5 Saturasi air	35
3.3.6 Permeabilitas.....	37

IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat Kerja Penelitian.....	39
4.2 Alat dan Bahan	39
4.3 Tahapan Penelitian	39
4.3.1 <i>Input data las</i>	39
4.3.2 <i>Input well data info</i>	40
4.3.3 <i>Input temperature gradient</i>	41
4.3.4 Koreksi lingkungan	42
4.3.5 Interpretasi kualitatif	42
4.3.5.1 Zonasi reservoir	42
4.3.5.1 Penentuan lithologi pintas	43
4.3.6 Interpretasi kuantitatif	43
4.3.6.1 Evaluasi kandungan lempung	43
4.3.6.2 Penentuan permeabilitas	44
4.3.6.3 Penentuan Sw dan Porositas	44
4.3.6.4 Cut off	44
4.3.6.5 Lumping	46
4.4 Diagram alir	47
4.5 <i>Time schedule</i>	48

V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Interval Berpori	49
5.2 Kandungan Lempung	50
5.3 Resistivitas Air Formasi	55
5.4 Porositas dan Saturasi Air	57
5.5 <i>Cut Off</i>	64
5.6 <i>Lumping</i>	70

VI KESIMPULAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Lokasi Penelitian.....	4
2. Kerangka struktur geologi.....	6
3. Kronostratigrafi Patenosfer Platform.....	7
4. Skema diagram dari pengaturan <i>wireline logging</i>	10
5. Karakter log SP	11
6. Ilustrasi dari prinsip alat log SP	12
7. Respon log resistivity	13
8. Prinsip kerja alat lateralog.....	14
9. Ilustrasi sistem kerja log induksi.....	15
10. Format khas log resistivitas.....	16
11. Profil sumur bor terinvasi lumpur	17
12. Nilai gamma ray dari tiap lithologi secara umum.....	19
13. Respon log gamma ray terhadap batuan	20
14. Skema alat log densitas dan responnya.....	21
15. Respon log neutron	23
16. Log penentu jenis lithologi	25
17. Respon caliper untuk berbagai lithologi	26
18. Prinsip kerja alat log sonik.....	27

19.	<i>Pickett plot</i>	35
20.	<i>Loading data</i>	40
21.	<i>Input well header info</i>	41
22.	<i>Input temperature gradient</i>	42
23.	Hasil zonasi reservoir	43
24.	<i>Cut off</i> Porositas	45
25.	<i>Cut off</i> Sw.....	46
26.	<i>Cut off</i> Vsh	46
27.	Diagram alir	47
28.	Zonasi dan kandungan <i>shale</i> sumur C1	51
29.	Zonasi dan kandungan <i>shale</i> sumur C2	52
30.	Zonasi dan kandungan <i>shale</i> sumur C3	53
31.	Zonasi dan kandungan <i>shale</i> sumur C4	54
32.	Penentuan Rw pada Sumur C1.....	55
33.	Penentuan Rw pada Sumur C2.....	56
34.	Penentuan Rw pada Sumur C3.....	56
35.	Penentuan Rw pada Sumur C4.....	57
36.	Porositas dan Sw sumur C1 (skala 1:500)	60
37.	Porositas dan Sw sumur C2 (skala 1:500)	61
38.	Porositas dan Sw sumur C3 (skala 1:500)	62
39.	Porositas dan Sw sumur C4 (skala 1:500)	63
40.	<i>Cut off</i> porositas sumur C1.....	65
41.	<i>Cut off</i> porositas sumur C2.....	65

42.	<i>Cut off</i> porositas sumur C3.....	66
43.	<i>Cut off</i> porositas sumur C4.....	66
44.	<i>Cut off Vsh</i> sumur C1	68
45.	<i>Cut off Vsh</i> sumur C2	68
46.	<i>Cut off Vsh</i> sumur C3	69
47.	<i>Cut off Vsh</i> sumur C4	69
48.	Zona net reservoir dan <i>netpay</i> sumur C1.....	71
49.	Zona net reservoir dan <i>netpay</i> sumur C2.....	72
50.	Zona net reservoir dan <i>netpay</i> sumur C3.....	73
51.	Zona net reservoir dan <i>netpay</i> sumur C4.....	74
52.	Porositas res zona produktif.....	76
53.	Porositas pay zona produktif.....	76
54.	<i>Vshale</i> res zona produktif.....	77
55.	<i>Vshale</i> pay zona produktif.....	77
56.	Sw res zona produktif.....	78
57.	Sw <i>pay</i> zona produktif	78

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Variasi harga densitas batuan dengan kandungan fluida tertentu dari beberapa lapangan minyak bumi.....	22
2. Prosentase porositas	32
3. <i>Time schedule</i>	48

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan industri yang modern ini minyak dan gas merupakan salah satu sektor yang masih saja sangat diminati, mengingat energi yang tidak terbarukan ini keberadaannya mulai sangat sulit untuk ditemukan. Dalam penentuan suatu hidrokarbon dibutuhkan suatu survei, yaitu survei geologi dan survei geofisika. Metode *well log* merupakan salah satu diantara dari survei geofisika.

Logging memberikan data yang diperlukan untuk mengevaluasi secara kuantitas banyaknya hidrokarbon di lapisan pada situasi dan kondisi sesungguhnya. Kurva log memberikan informasi yang cukup tentang sifat-sifat batuan dan cairan. Dari sudut pandang pengambil keputusan, *logging* adalah bagian yang penting dari proses pemboran dan penyelesaian sumur. Mutlak untuk mendapatkan data log yang akurat dan lengkap. Biaya *logging* diperkirakan hanya sekitar 5% dari total biaya eksplorasi sebuah sumur, sehingga adalah kurang bijaksana bila tahap yang penting ini tidak dilaksanakan dengan baik (Harsono, 1997).

Sifat-sifat batuan yang penting untuk analisis log adalah porositas, kejenuhan air dan permeabilitas. Dengan dua parameter yang pertama banyaknya hidrokarbon di lapisan formasi dapat dihitung, sedangkan dengan parameter yang

terakhir, dapat ditunjukkan pada tingkat mana hidrokarbon dapat diproduksi.

Analisis petrofisika sangat penting dalam penentuan karakteristik batuan pada suatu reservoir. Mengingat parameter-parameter petrofisika diantaranya penentuan porositas, volume *shale* permeabilitas, saturasi air dan *cut off* serta *net pay*. Hal ini tentunya sangat efektif jika parameter-parameter tersebut diketahui untuk tahap eksplorasi dan eksploitasi berikutnya.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis dan menentukan parameter petrofisika batuan (porositas, saturasi air dan volume *shale*, *cut off* serta *netpay*) dari data log sumur pada zona reservoir.
2. Menentukan zona prospek hidrokarbon berdasarkan nilai parameter petrofisika (porositas, saturasi air dan volume *shale*, *cut off* serta *netpay*) dari reservoir
3. Mengetahui hasil *net pay* zona reservoir setelah dilakukan proses *cut off*
4. Menentukan karakteristik reservoir pada sumur 'C' Lapangan 'R'

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal diantaranya, yaitu:

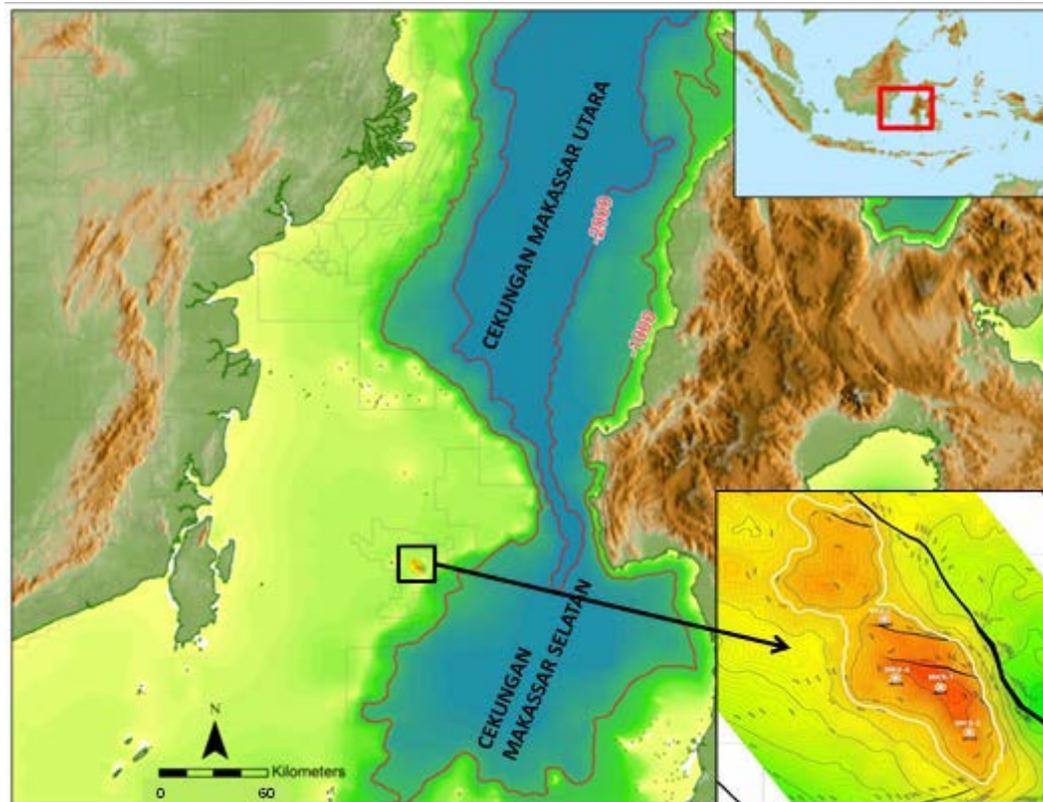
1. Data yang digunakan adalah 4 data sumur "C" pada Lapangan "R"
2. Membuat analisis nilai parameter petrofisika reservoir (porositas, volume *shale*, saturasi air, *cut off* dan *net pay*) berdasarkan kandungannya

3. Menggunakan metode analisis petrofisika dan log sumur sebagai acuan penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terdapat pada area Paternoster *Platform* yang berada dibagian Laut Kalimantan Tenggara yang bagian utara dibatasi oleh sesar Adang, bagian timur dibatasi oleh Cekungan Makassar Selatan, bagian barat dibatasi oleh Punggungan Meratus sedangkan bagian selatan dibatasi oleh Tinggian Sibaru seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

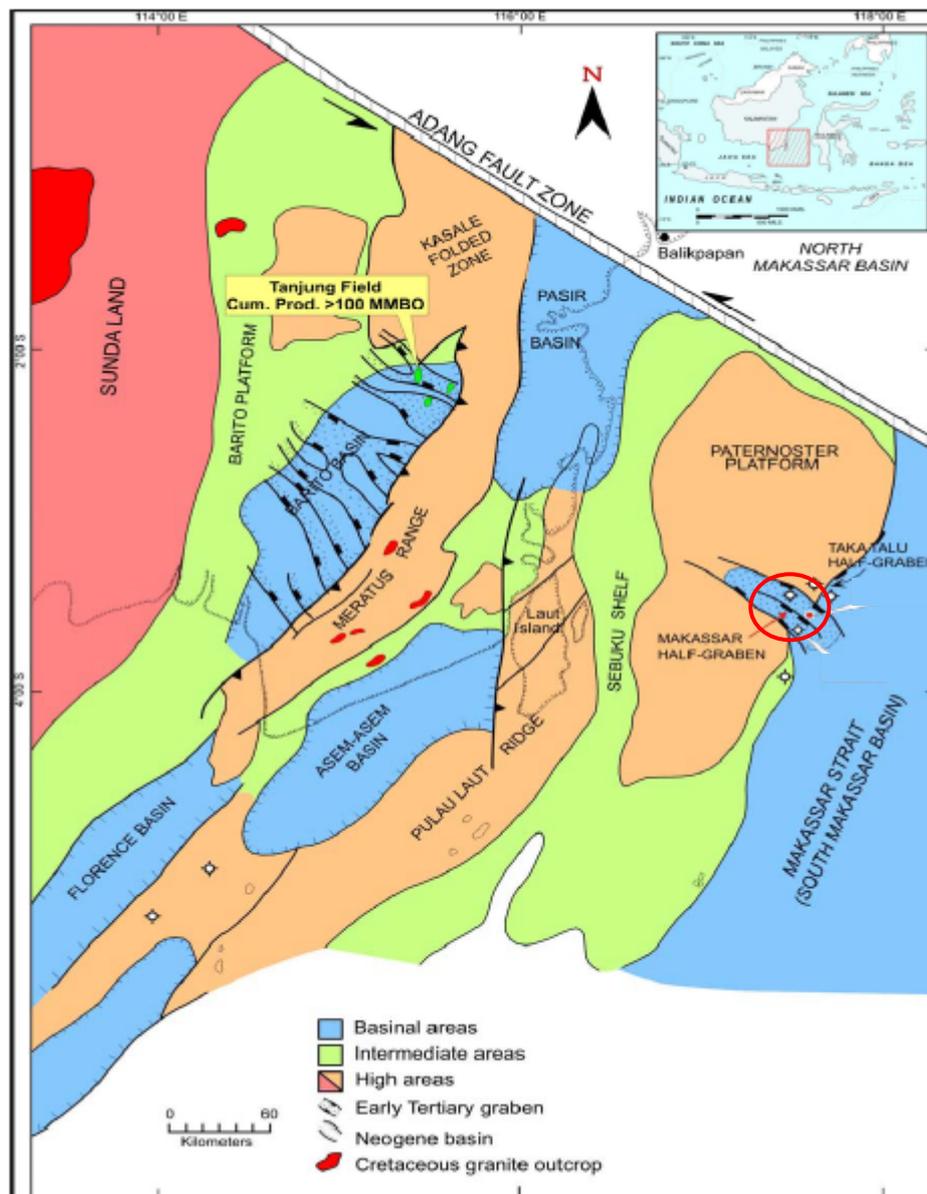


Gambar 1. Peta lokasi penelitian (Pireno, 2009)

2.2 Geologi Regional

Paternoster *Platform* berlokasi di Tepi Selatan *Sundaland* dan merupakan bagian dari benua kecil yang telah merapat ke *Sundaland* sampai barat. Paternoster *Platform* adalah suatu jurus dari timur laut-barat daya dengan struktur tinggian yang berlokasi di Laut Kalimantan Tenggara dan dibatasi oleh sesar Adang pada bagian utara, Pegunungan Meratus pada bagian barat dan Cekungan Makassar Selatan pada bagian timur. Paternoster *Platform* mencakup area seluas 20.000 km² dan memanjang hingga batas tenggara dengan lempeng *Sundaland*. Area ini memiliki struktur *basement* yang kuat berarah timur laut- barat daya, yang dihasilkan dari akresi *mixed terrain* ke bagian batas tenggara dari *Sundaland* pada umur Mesozoik selama pertengahan sampai akhir Kapur.

Di Paternoster *Platform* dan Cekungan Barito yang merupakan area kedua, berumur lebih muda, dengan strukturnya terlihat sebagai satu set graben ekstensional berarah barat laut-tenggara. Sesar Adang-Patenoster merupakan struktur terbesar yang memiliki arah yang sama, yaitu barat laut-tenggara yang merupakan hasil dari ekstensional. Graben di barat Makassar relatif merupakan struktur minor dengan gaya ekstensional berarah barat laut-tenggara, dan pada fase ini juga hanya sedikit material sedimen yang terendapkan.

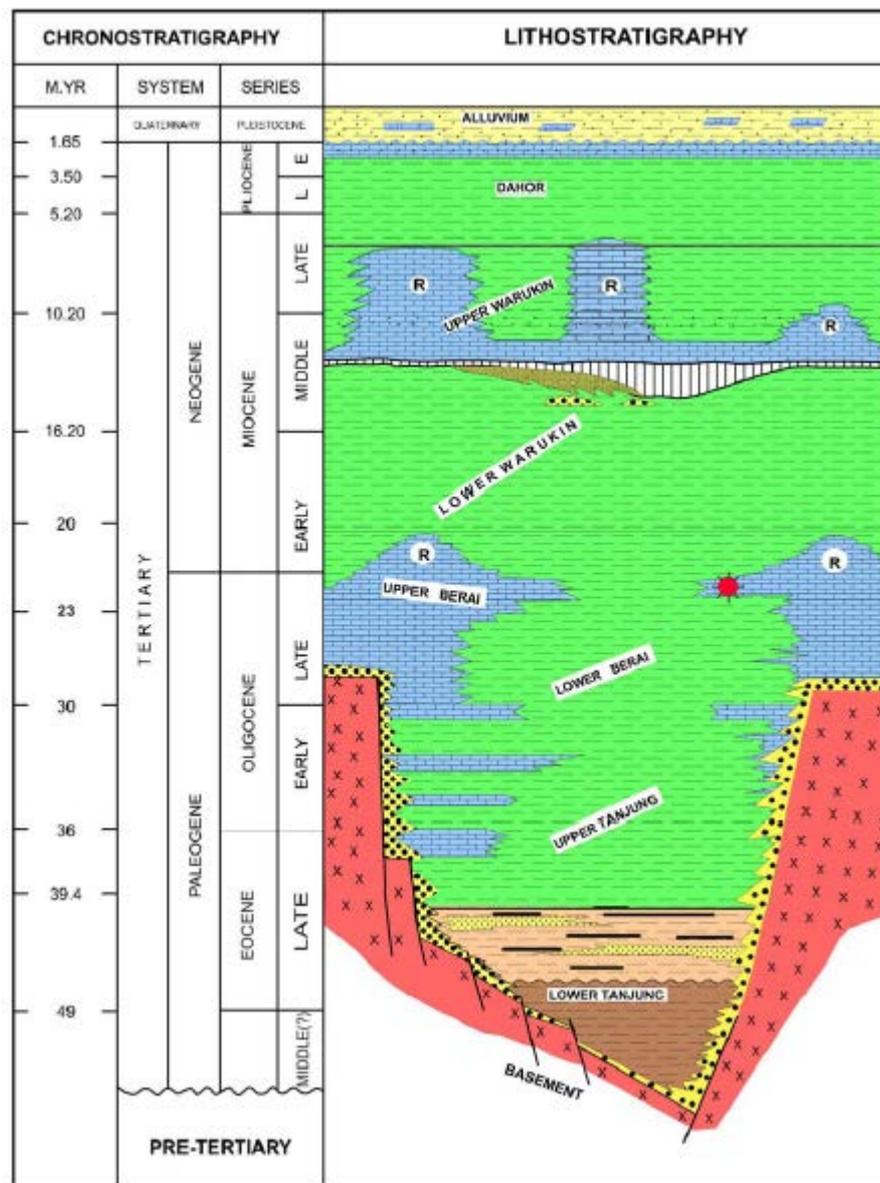


Gambar 2. Kerangka struktur geologi (Pireno,G.E., 2009)

2.3 Stratigrafi

Stratigrafi di daerah penelitian dapat dibagi menjadi beberapa fase, yaitu fase *rifting* dengan endapan silisiklastik dominan, sebagian besar merupakan endapan *non-marine*. Formasi Tanjung yang terendapkan pada kala Eosen di atas *basement*. Fase ini kemudian berubah seiring meningkatnya *influx marine* dengan

berkurangnya sedimen pasiran karena sumber pasokan sedimen terendam. Selama kala Oligosen, transgresi terus terjadi hingga ke sebagian besar tinggian termasuk memasuki Paternoster *Platform* dimana menjadi tempat berkembangnya formasi terumbu baru, yaitu Formasi Berai atau Batugamping Berai (Gambar 3).



Gambar 3. Kronostratigrafi Patenosfer Platform

Hilangnya Batugamping Berai terjadi pada kala Miosen dan menghasilkan sumber sedimen di bagian barat yang menyebabkan mulai terjadinya pengendapan

klastika Formasi Warukin. Transgresi yang menyebabkan terumbu Formasi Berai terendam di Paternoster *Platform* selama Miosen, membentuk batuan penutup yang baik. Bagian bawah dari Formasi Warukin berangsur berubah dari laut dalam menjadi prodelta di bagian atasnya. Ketidakselarasan regional di pertengahan Miosen Tengah menjelaskan dasar dari Formasi Warukin bagian atas, dimana di beberapa area menunjukkan adanya fase kedua pertumbuhan *reefal carbonate*. Material klastik pada waktu ini masih berprogradasi dari sumber sedimen dari Kalimantan Tengah. Selama Miosen Akhir terbentuk ketidakselarasan regional lain, kemungkinan merupakan pengaruh dari pengangkatan Pegunungan Meratus yang membentuk sekuen pengendapan baru dari sedimen klastik yang disebut Formasi Dahor.

III. TEORI DASAR

3.1 *Wireline Logging*

Log merupakan suatu grafik kedalaman atau waktu dari suatu kumpulan data yang menunjukkan parameter yang diukur secara berkesinambungan di dalam sebuah sumur pemboran (Harsono, 1997). Prinsip dasar *wireline log* adalah mengukur parameter sifat-sifat fisik dari suatu formasi pada setiap kedalaman secara kontinyu dari sumur pemboran. Adapun sifat-sifat fisik yang diukur adalah potensial listrik batuan atau kelistrikan, tahanan jenis batuan, radioaktivitas, kecepatan rambat gelombang elastis, kerapatan formasi (densitas), dan kemiringan lapisan batuan, serta kekompakan formasi yang kesemuanya tercermin dari lubang bor.

Well logging adalah suatu teknik untuk mendapatkan data bawah permukaan menggunakan alat ukur yang dimasukkan ke dalam lubang bor untuk evaluasi formasi dan identifikasi dari ciri-ciri batuan di bawah permukaan (Schlumberger, 1989).

Well Logging dapat dilakukan dengan dua cara dan bertahap, yaitu:

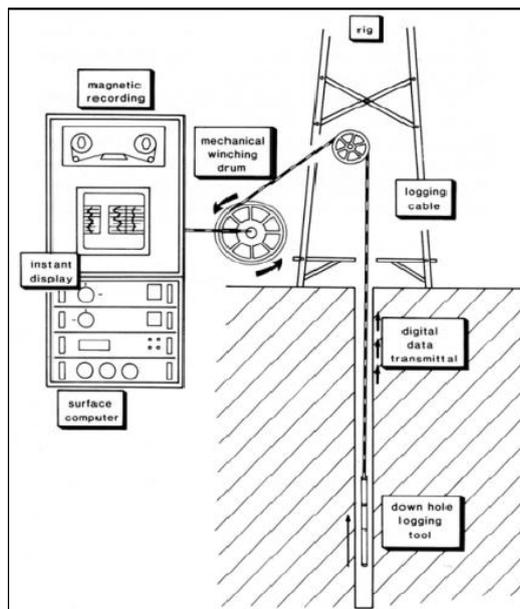
1. *Openhole Logging*

Openhole logging ini merupakan kegiatan *logging* yang dilakukan pada sumur/lubang bor yang belum dilakukan pemasangan *casing*. Pada umumnya pada tahap ini semua jenis log dapat dilakukan.

2. Casedhole Logging

Casedhole logging merupakan kegiatan *logging* yang dilakukan pada sumur atau lubang bor yang sudah dilakukan pemasangan *casing*. Pada tahapan ini hanya log tertentu yang dapat dilakukan antara lain adalah log *Gamma ray*, Caliper, NMR, dan CBL.

Secara kualitatif dengan data sifat-sifat fisik tersebut kita dapat menentukan jenis litologi dan jenis fluida pada formasi yang tertembus sumur. Sedangkan secara kuantitatif dapat memberikan data-data untuk menentukan ketebalan, porositas, permeabilitas, kejenuhan fluida, dan densitas hidrokarbon.



Gambar 4. Skematik diagram dari pengaturan *wireline logging* (Harsono,1997)

3.2 Jenis-Jenis Logging

Sebagai alat *logging* dan metode penafsiran yang berkembang dalam hal keakurasian dan kecanggihan, memang memegang peran penting dalam proses pengambilan keputusan geologi. Sampai pada saat ini, interpretasi log petrofisika adalah salah satu alat yang paling berguna dan penting yang dapat dimanfaatkan

oleh seorang ahli geologi minyak bumi (Asquith dkk, 1982)

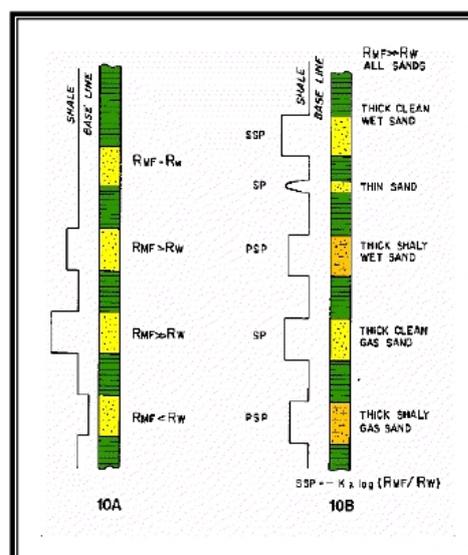
3.2.1 Log Spontaneous Potential (SP)

Log SP adalah rekaman perbedaan potensial listrik antara elektroda di permukaan dengan elektroda yang terdapat di lubang bor yang bergerak naik-turun. Supaya SP dapat berfungsi maka lubang harus diisi oleh lumpur konduktif.

Kegunaan Log SP yaitu:

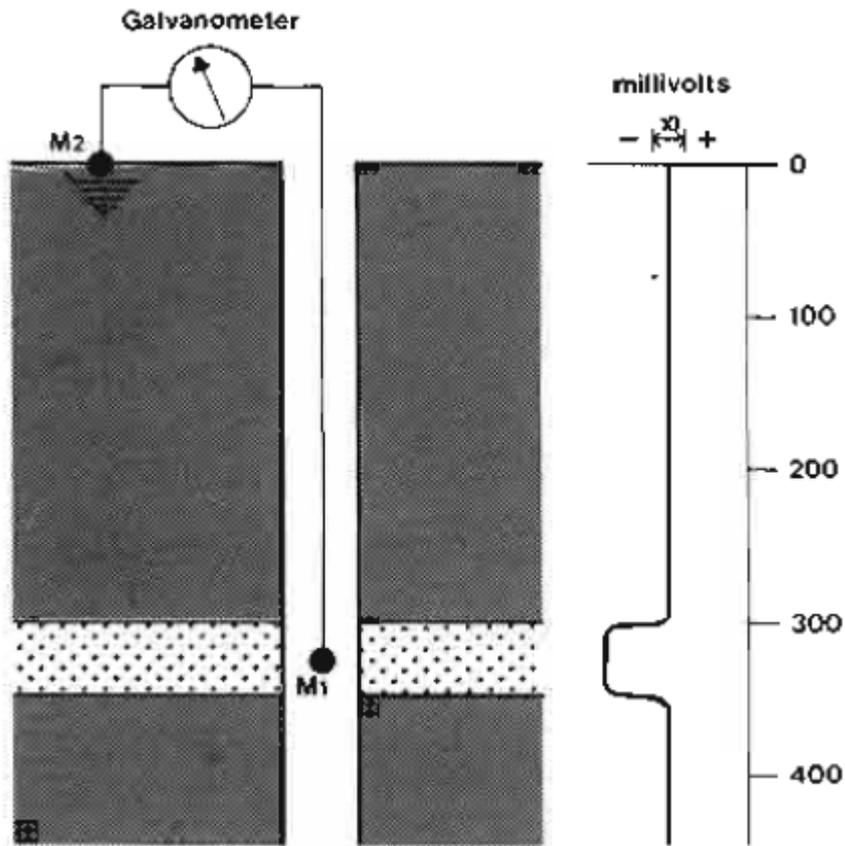
- 1) Identifikasi lapisan permeabel
- 2) Mencari batas-batas lapisan permeabel dan korelasi antar sumur
- 3) Menentukan nilai resistivitas air formasi (R_w)
- 4) Memberikan indikasi kualitatif lapisan serpih.

Pada lapisan serpih, kurva SP umumnya berupa garis lurus yang disebut garis dasar serpih, sedangkan pada formasi permeabel kurva SP menyimpang dari garis dasar serpih dan mencapai garis konstan pada lapisan permeabel yang cukup tebal yaitu garis pasir (Gambar 5). Penyimpangan SP dapat ke kiri atau ke kanan tergantung pada kadar garam air formasi dan filtrasi lumpur (Rider, 2002).



Gambar 5. Karakteristik Log Sp (Asquith, 1976)

Log SP hanya dapat menunjukkan lapisan *permeable*, namun tidak dapat mengukur harga absolut dari permeabilitas maupun porositas dari suatu formasi.

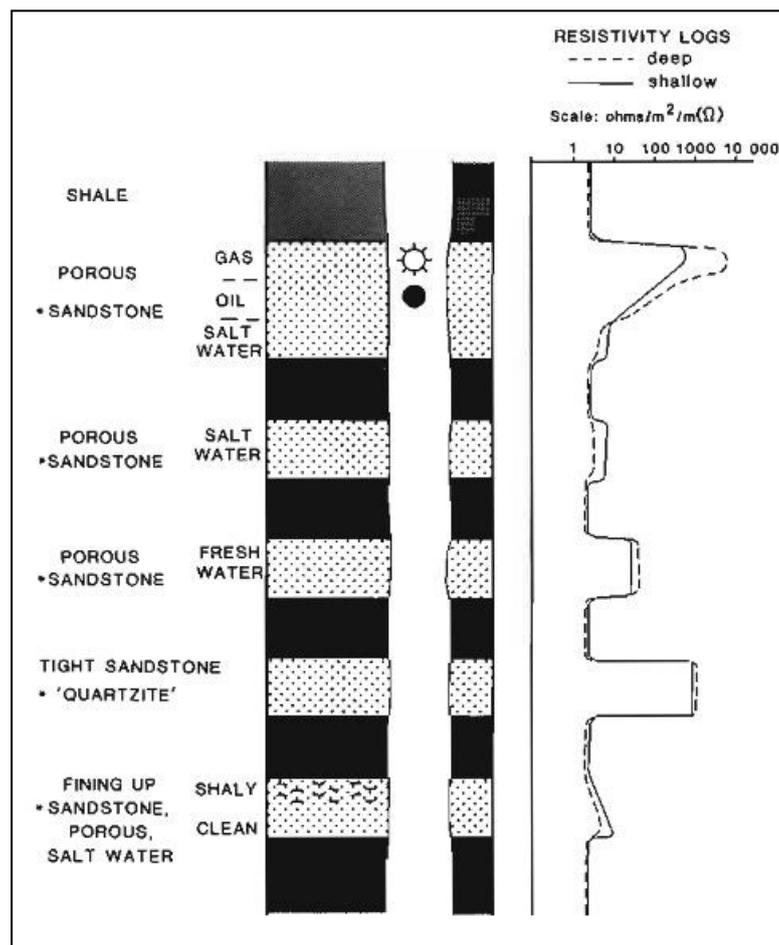


Gambar 6. Ilustrasi dari prinsip kerja alat log SP (Rider, 1996)

Log SP sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti resistivitas formasi, air lumpur pemboran, ketebalan formasi dan parameter lainnya. Sehingga jika salinitas komposisi dalam lapisan lebih besar dari salinitas lumpur, maka kurva SP akan berkembang negatif, dan jika salinitas komposisi dalam lapisan lebih kecil dari salinitas lumpur, maka kurva SP akan berkembang positif. Dan apabila salinitas komposisi dalam lapisan sama dengan salinitas lumpur, maka defleksi kurva SP akan menunjukkan garis lurus sebagaimana pada shale (Asquith, 1976).

3.2.2 Log Resistivitas

Resistivitas atau tahanan jenis suatu batuan adalah suatu kemampuan batuan untuk menghambat jalannya arus listrik yang mengalir melalui batuan tersebut (Darling, 2005). Nilai resistivitas rendah apabila batuan mudah untuk mengalirkan arus listrik, sedangkan nilai resistivitas tinggi apabila batuan sulit untuk mengalirkan arus listrik. Log *Resistivity* digunakan untuk mendeterminasi zona hidrokarbon dan zona air, mengindikasikan zona permeabel dengan mendeterminasi porositas resistivitas, karena batuan dan matrik tidak konduktif, maka kemampuan batuan untuk menghantarkan arus listrik tergantung pada fluida dan pori.

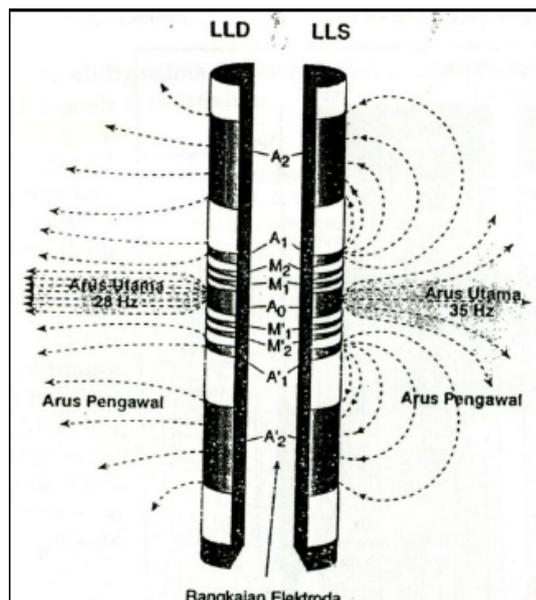


Gambar 7. Respon Log *Resistivity* (Rider, 2012)

Alat-alat yang digunakan untuk mencari nilai resistivitas (R_t) terdiri dari dua kelompok yaitu Laterolog dan Induksi. Yang umum dikenal sebagai log R_t adalah LLD (*Deep Laterolog Resistivity*), LLS (*Shallow Laterolog Resistivity*), Ild (*Deep Induction Resistivity*), ILM (*Medium Induction Resistivity*), dan SFL. Dan penjelasan 2 kelompok log resistivitas, yaitu:

1) Laterolog

Prinsip kerja dari laterolog ini adalah mengirimkan arus bolak-balik langsung ke formasi dengan frekuensi yang berbeda. Alat laterolog (DLT) memfokuskan arus listrik secara lateral ke dalam formasi dalam bentuk lembaran tipis. Ini dicapai dengan menggunakan arus pengawal (*bucking current*), yang fungsinya untuk mengawal arus utama (*measured current*) masuk ke dalam formasi sedalam-dalamnya (Gambar 8). Dengan mengukur tegangan listrik yang diperlukan untuk menghasilkan arus listrik utama yang besarnya tetap, resistivitas dapat dihitung dengan hukum ohm. Alat ini biasanya digunakan untuk resistivitas menengah-tinggi.



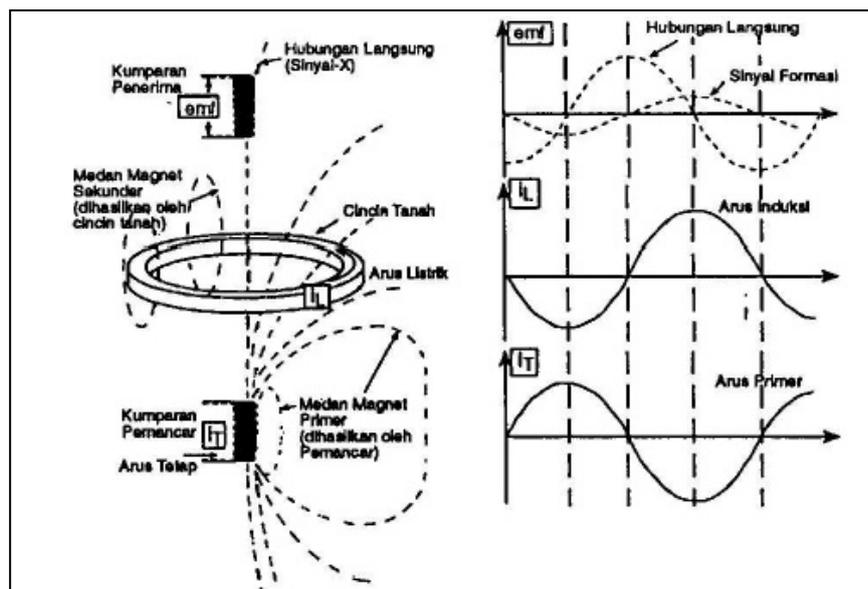
Gambar 8. Prinsip Kerja Alat Laterolog (Harsono, 1997)

2) Induksi

Prinsip kerja dari induksi yaitu dengan menginduksikan arus listrik ke formasi. Pada alat memanfaatkan arus bolak-balik yang dikenai pada kumparan, sehingga menghasilkan medan magnet, dan sebaliknya medan magnet akan menghasilkan arus listrik pada kumparan (Gambar 9).

Secara umum, kegunaan dari log induksi ini antara lain mengukur konduktivitas pada formasi, mengukur resistivitas formasi dengan lubang pemboran yang menggunakan lumpur pemboran jenis “*oil base mud*” atau “*fresh water base mud*”. Penggunaan lumpur pemboran berfungsi untuk memperkecil pengaruh formasi pada zona batulempung atau *shale* yang besar. Penggunaan Log Induksi menguntungkan apabila:

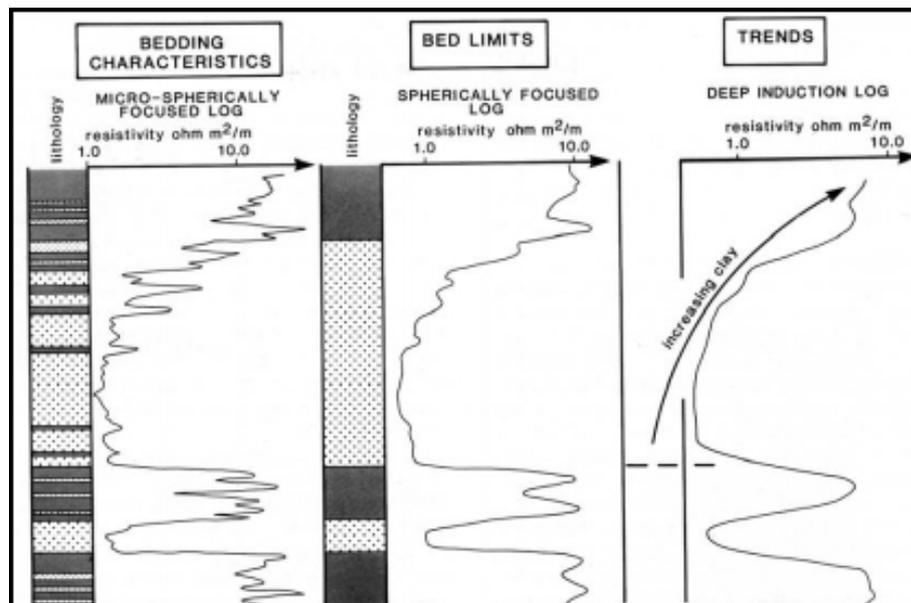
- a) Cairan lubang bor adalah insulator misal udara, gas, air tawar, atau *oil base mud*.
- b) Resistivity formasi tidak terlalu besar $R_t < 100 \Omega$
- c) Diameter lubang tidak terlalu besar.



Gambar 9. Ilustrasi sistem kerja log induksi (Harsono, 1997)

Alat-alat mikro-resistivitas yang mampu memberikan resolusi lapisan yang sangat baik, yang terbaik dari semua alat logging. Inilah kemampuan yang digunakan dalam dipmeter dan alat pencitraan listrik. Pada skala yang berbeda, alat induksi hanya memberikan gambaran dari lapisan-lapisan itu sendiri, dan batas-batas lapisan sedikit diinterpretasikan.

Untuk tujuan geologi, log resistivitas yang digunakan harus diketahui kemampuan resolusinya. Log *microtool* memberikan resolusi sangat baik untuk dapat digunakan dalam interpretasi lapisan geologi. Log *microtool* ini paling baik digunakan untuk menginterpretasikan karakteristik lapisan (Gambar 10). Para-laterolog mampu menggambarkan lapisan pada skala yang tepat untuk indikasi batas lapisan, tetapi penggunaannya harus digunakan dan dikorelasikan dengan log lainnya. Log induksi memberikan resolusi batas lapisan sangat buruk, tetapi pada saat yang sama semua efek lapisan dirata-rata sedemikian rupa untuk membuat tren litologi menonjol.



Gambar 10. Format khas log resistivitas. (1) kombinasi *Dual Laterolog*; (2) *induction*, kombinasi *spherically focused log*. (Schlumberger, 1989)

Ketika suatu formasi di bor, air lumpur pemboran akan masuk ke dalam formasi sehingga membentuk 3 zona yang terinvasi (Gambar 11) dan mempengaruhi pembacaan log resistivitas, yaitu:

a. *Flushed Zone*

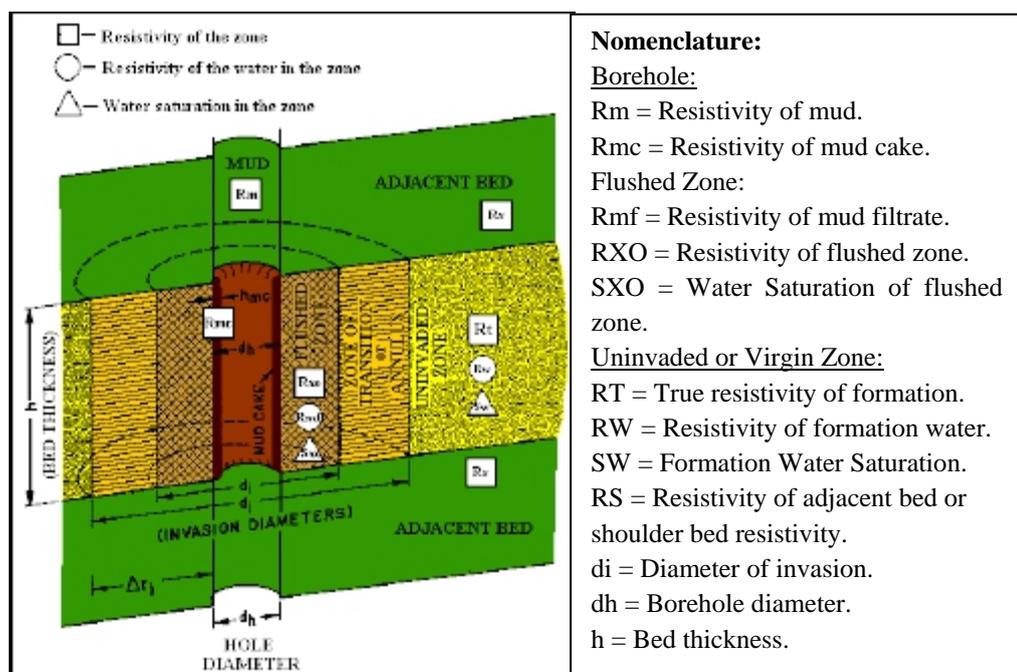
Merupakan zona infiltrasi yang terletak paling dekat dengan lubang bor serta terisi oleh air filtrat lumpur yang mendesak Komposisi semula (gas minyak ataupun air tawar). Meskipun demikian mungkin saja tidak seluruh komposisi semula terdesak ke dalam zona yang lebih dalam.

b. *Transition Zone*

Merupakan zona infiltrasi yang lebih dalam keterangan zona ini ditempati oleh campuran dari air filtrat lumpur dengan komposisi semula.

c. *Uninvaded Zone*

Merupakan zona yang tidak mengalami infiltrasi dan terletak paling jauh dari lubang bor, serta seluruh pori batuan terisi oleh komposisi semula.



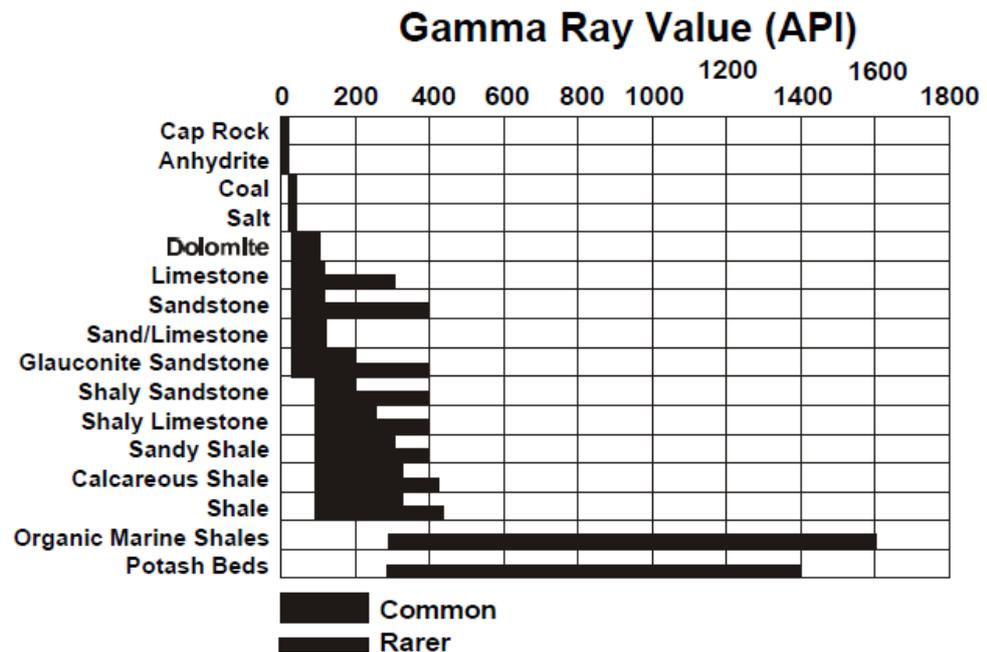
Gambar 11. Profil sumur bor terinvasi lumpur (www.petrolog.net)

3.2.3 Log *Gamma Ray*

Log *Gamma Ray* merupakan suatu kurva dimana kurva tersebut menunjukkan besaran intensitas radioaktif yang ada dalam formasi. Log ini bekerja dengan merekam radiasi sinar gamma alamiah batuan, sehingga berguna untuk mendeteksi/mengevaluasi endapan-endapan mineral radioaktif seperti Potasium (K), Thorium (Th), atau bijih Uranium (U).

Pada batuan sedimen unsur-unsur radioaktif banyak terkonsentrasi dalam serpih dan lempung, sehingga besar kecilnya intensitas radioaktif akan menunjukkan ada tidaknya mineral-mineral lempung. Batuan yang mempunyai kandungan lempung tinggi akan mempunyai konsentrasi radioaktif yang tinggi, sehingga nilai *gamma ray*-nya juga tinggi, dengan defleksi kurva kekanan. Unsur radioaktif yang utama adalah potasium yang umumnya ditemukan pada *illite*.

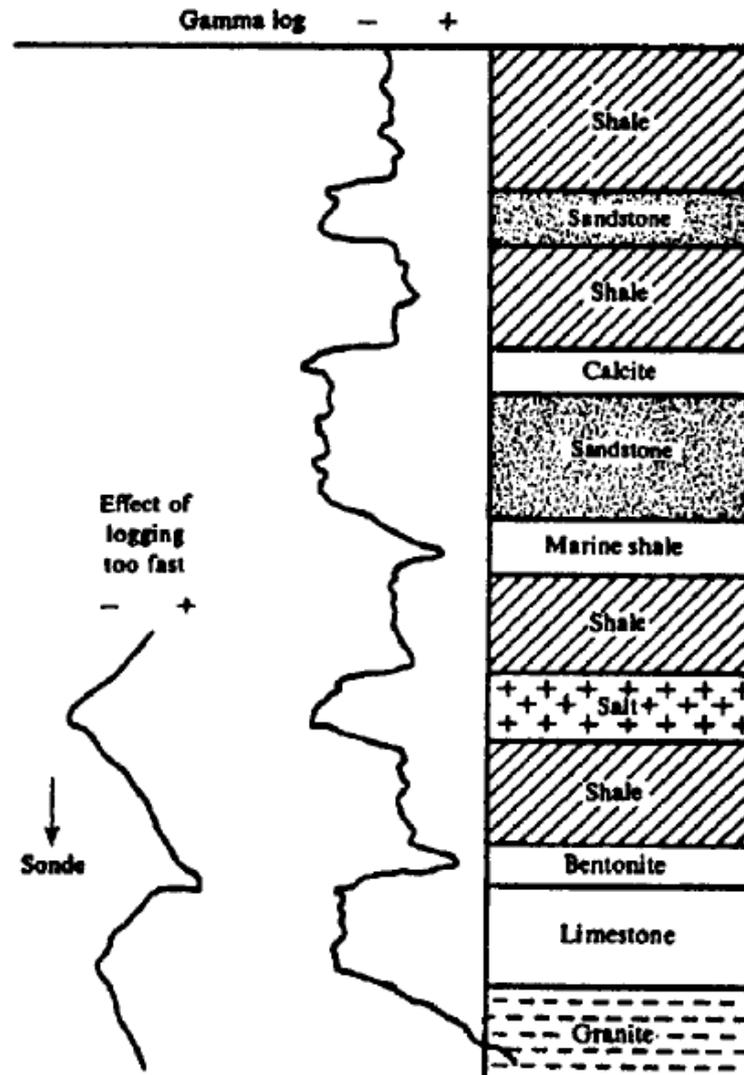
Pada lapisan permeabel yang bersih, kurva log GR akan menunjukkan intensitas radioaktif yang sangat rendah, kecuali bila lapisan tersebut mengandung mineral-mineral tertentu yang bersifat radioaktif, atau lapisan yang mengandung air asin yang mengandung garam-garam potasium yang terlarutkan (Gambar 12). Unsur-unsur radioaktif banyak terkandung dalam lapisan serpih, sehingga log GR sangat berguna untuk menentukan besar kecilnya kandungan serpih atau lempung. Dengan menarik garis *Gamma Ray* yang mempunyai harga minimum dan garis *Gamma Ray* maksimum pada suatu penampang log, maka kurva tersebut merupakan indikasi adanya lapisan serpih. *Gamma Ray log* dinyatakan dalam *API Units (GAPI)*.



Gambar 12. Nilai *Gamma Ray* dari tiap lithologi secara umum (Glover, 2000)

Kurva GR biasanya ditampilkan dalam kolom pertama, bersama kurva SP dan caliper dengan skala dari kiri kekanan 0-100 atau 0-150 *GAPI*. Log GR merupakan log yang sangat bagus untuk menentukan permeabilitas suatu batuan karena mampu memisahkan dengan baik antara lapisan serpih dari lapisan permeabel seperti yang ditunjukkan pada respon log *gamma ray* (Gambar 13).

Kegunaan log GR ini antara lain adalah untuk menentukan kandungan serpih (*Vsh*), kandungan lempung, menentukan lapisan permeabel, evaluasi mineral bijih yang radioaktif, evaluasi lapisan mineral tidak radioaktif, dan korelasi antar sumur.

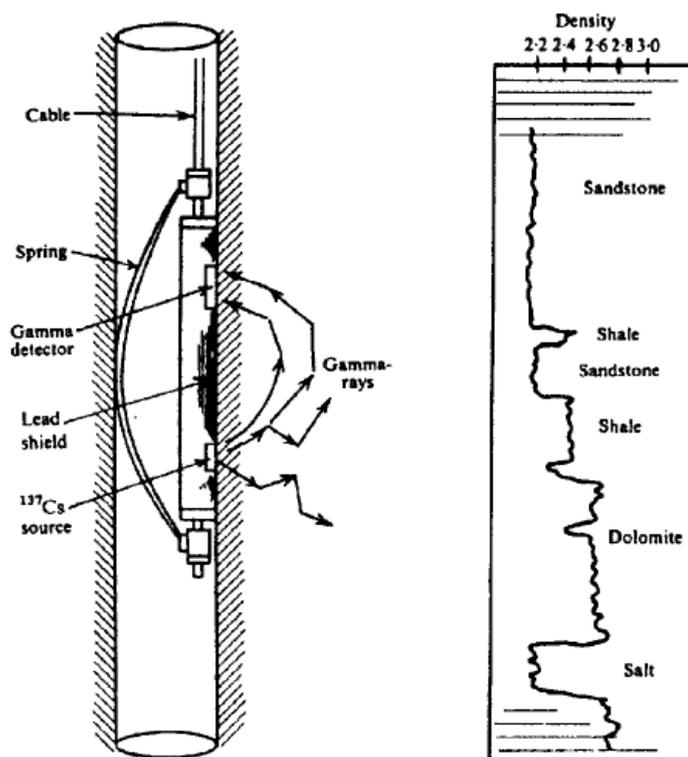


Gambar 13. Respon Log *Gamma Ray* terhadap batuan (Telford, 1990)

3.2.4 Log Densitas

Log densitas merupakan kurva yang menunjukkan besarnya densitas (*bulk density*) dari batuan yang ditembus lubang bor dengan satuan gram/cm³. Prinsip dasar dari log ini adalah menembakkan sinar gamma kedalam formasi, dimana sinar gamma ini dapat dianggap sebagai partikel yang bergerak dengan kecepatan yang sangat tinggi. Banyaknya energi sinar gamma yang hilang menunjukkan densitas elektron di dalam formasi, dimana densitas elektron merupakan indikasi

dari densitas formasi (Gambar 14). *Bulk density* merupakan indikator yang penting untuk menghitung porositas bila dikombinasikan dengan kurva log neutron, karena kurva log densitas ini akan menunjukkan besarnya kerapatan medium beserta isinya.



Gambar 14. Skema alat Log Densitas dan Responnya (Telford, 1990)

Selain itu apabila log densitas dikombinasikan dengan Log neutron, maka akan dapat dipakai untuk memperkirakan kandungan hidrokarbon atau fluida yang terdapat di dalam formasi, menentukan besarnya densitas hidrokarbon (ρ_h) dan membantu dalam evaluasi lapisan *shaly*. Pada lapisan yang mengandung hidrokarbon, kurva densitas akan cenderung mempunyai defleksi ke kiri (densitas total (ρ_{hob}) makin kecil), sedangkan defleksi log neutron ke kanan.

Pada batuan yang sangat kompak, dimana per satuan volume (cc) seluruhnya atau hampir seluruhnya terdiri dari matrik batuan porositasnya adalah

mendekati atau nol. Dengan demikian batuan yang mempunyai densitas paling besar, dimana porositas (\emptyset) adalah nol, dan ini disebut sebagai densitas matrik (ρ_{ma}). Pada batuan homogen dengan porositas tertentu, jika mengandung air asin akan mempunyai densitas lebih rendah dibanding dengan batuan yang seluruhnya terdiri dari matrik. Untuk yang mengandung minyak, densitas batuan lebih rendah daripada yang mengandung air asin, sebab densitas air asin lebih besar daripada minyak.

Pada batuan homogen yang mengandung fluida gas, densitas batuan lebih rendah lagi daripada yang berisi minyak. Sedangkan yang mengandung batubara, mempunyai densitas paling rendah di antara jenis batuan yang mengandung fluida. Gambaran variasi harga densitas dari beberapa lapangan minyak dan gas bumi dilihat pada Tabel 1. Harga-harga pada Tabel 1 bersifat tidak mutlak tergantung dari karakteristik batuan setempat, dan untuk meyakinkan adanya zona-zona air asin, minyak, dan gas masih perlu ditunjang dengan data-data lain seperti kurva SP, resistivitas, dan kurva neutron. Terkecuali lapisan batubara yang mempunyai harga densitas yang khas yaitu sangat rendah.

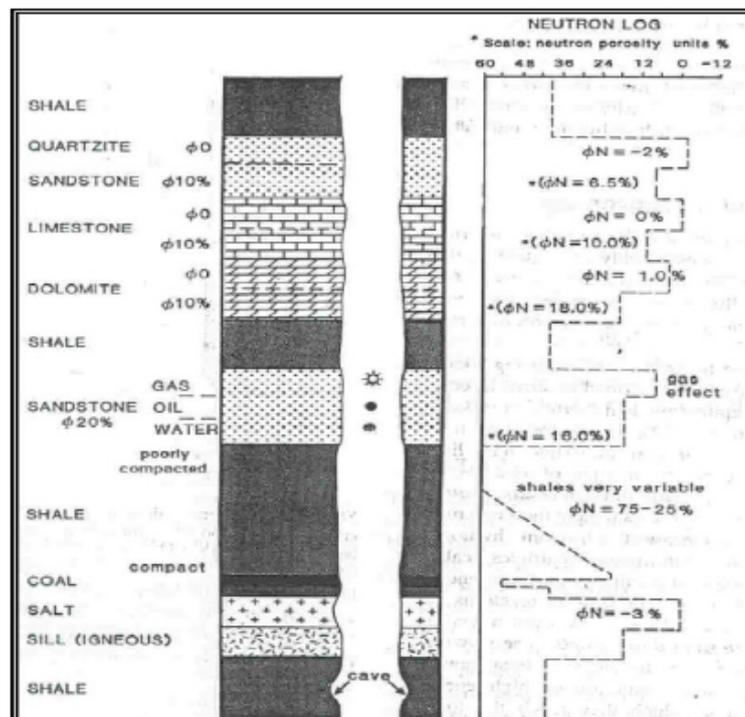
Tabel 1. Variasi harga densitas batuan dengan kandungan fluida tertentu dari beberapa lapangan minyak bumi (Harsono, 1997)

Batuan	Kandungan Fluida	Densitas (gr/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

3.2.5 Log Neutron

Prinsip dasar dari log neutron adalah mendeteksi kandungan atom hidrogen yang terdapat dalam formasi batuan dengan menembakan atom neutron ke formasi dengan energi yang tinggi.

Neutron adalah suatu partikel listrik netral yang mempunyai massa hampir sama dengan atom hidrogen. Partikel-partikel neutron memancar menembus formasi dan bertumbukan dengan material formasi, akibat dari tumbukan tersebut neutron akan kehilangan energi. Energi yang hilang saat benturan dengan atom di dalam formasi batuan disebut sebagai porositas formasi (ϕ_N). Hilangnya energi paling besar bila neutron bertumbukan dengan sesuatu yang mempunyai massa sama atau hampir sama, contohnya atom hidrogen. Dengan demikian besarnya energi neutron yang hilang hampir semuanya tergantung banyaknya jumlah atom hidrogen dalam formasi (Gambar 15).



Gambar 15. Respon Log Neutron (Rider, 2002)

Kandungan air akan memperbesar harga porositas neutron. Jika pori-pori didominasi oleh minyak dan air harga porositas neutron kecil. Apabila formasi terisi oleh gas, maka nilai log neutron kecil mendekati batuan sangat kompak (2-6%), karena konsentrasi atom hidrogen pada gas lebih kecil daripada minyak dan air. Batuan yang kompak dimana porositas mendekati nol akan menurunkan harga neutron.

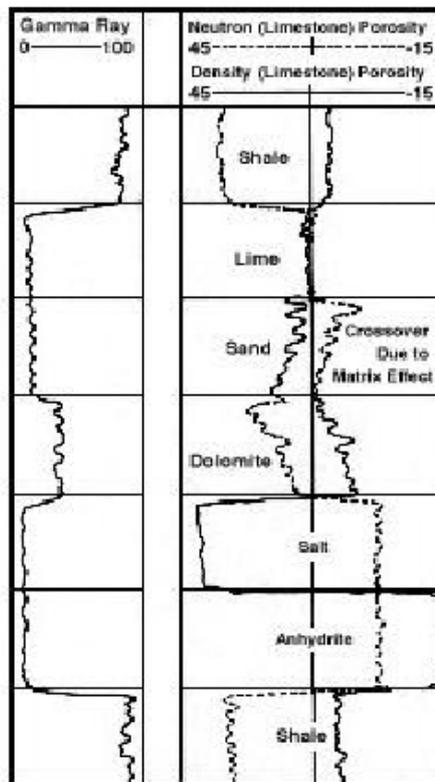
Lapisan serpih mempunyai porositas besar antara 30-50% dalam kurva log, tetapi permeabilitas mendekati nol. Pengaruh serpih dalam lapisan *permeable* akan memperbesar harga porositas neutron. Kandungan air asin atau air tawar dalam batuan akan memperbesar harga porositas neutron. Kurva log neutron ini tidak dapat untuk korelasi karena tidak mewakili litologi suatu batuan.

Log neutron dalam perekamannya langsung menunjukkan porositas batuan dengan menggunakan standar matrik batugamping. Untuk batuan selain batugamping, harga porositasnya dinyatakan dalam porositas neutron atau porositas formasi (ϕ_N). Untuk mendapatkan harga porositas sebenarnya harus digunakan gabungan kurva log yang lain seperti log densitas.

3.2.5.1 Kombinasi Log Densitas (RHOB) dan Log Neutron (NPHI)

Berdasarkan sifat-sifat defleksi kurva ρ_b dan ϕ_N maka dapat memberikan keuntungan tersendiri pada lapisan-lapisan yang mengandung hidrokarbon. Pada lapisan hidrokarbon, kurva densitas akan cenderung mempunyai defleksi ke kiri (makin kecil harga ρ_b nya), sedangkan pada log neutron, harga porositasnya akan cenderung makin ke kanan (makin kecil harga ϕ_N nya), dan pada lapisan *shale* kedua jenis kurva akan memperlihatkan gejala yang sebaliknya.

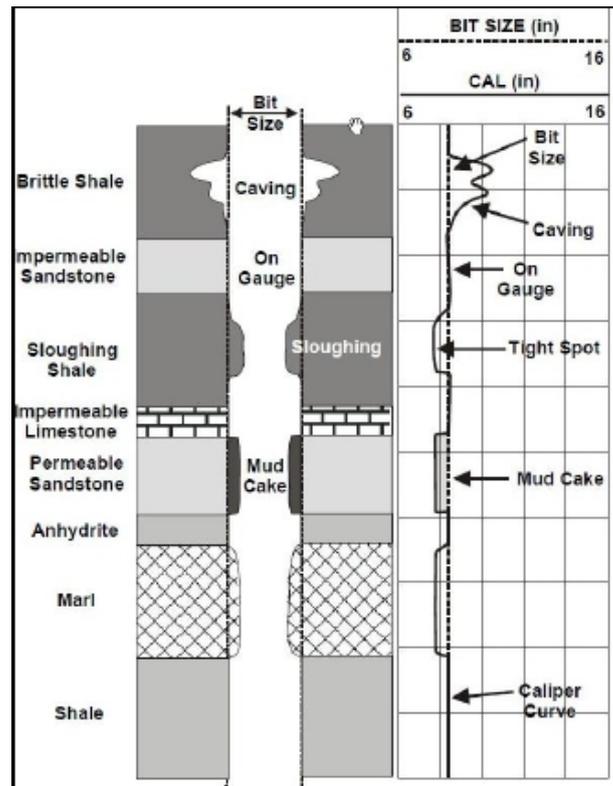
Dengan demikian, pada lapisan hidrokarbon akan terjadi separasi antara kedua kurva, dimana separasi disebut positif, sebaliknya pada lapisan *shale* terjadi separasi negatif.



Gambar 16. Log penentu jenis litologi (Bateman, 1985)

3.2.6 Log Caliper

Log ini digunakan untuk mengukur diameter atau keadaan pada lubang bor yang sesungguhnya untuk keperluan perencanaan atau melakukan penyemenan dan dapat merefleksikan lapisan *permeable* dan lapisan yang *impermeable*. Pada lapisan yang *permeable* diameter lubang bor akan semakin kecil karena terbentuknya kerak lumpur (*mud cake*) pada dinding lubang bor. Sedangkan pada lapisan yang *impermeable* diameter lubang bor akan bertambah besar karena ada dinding yang runtuh (*vug*) (Gambar 17).



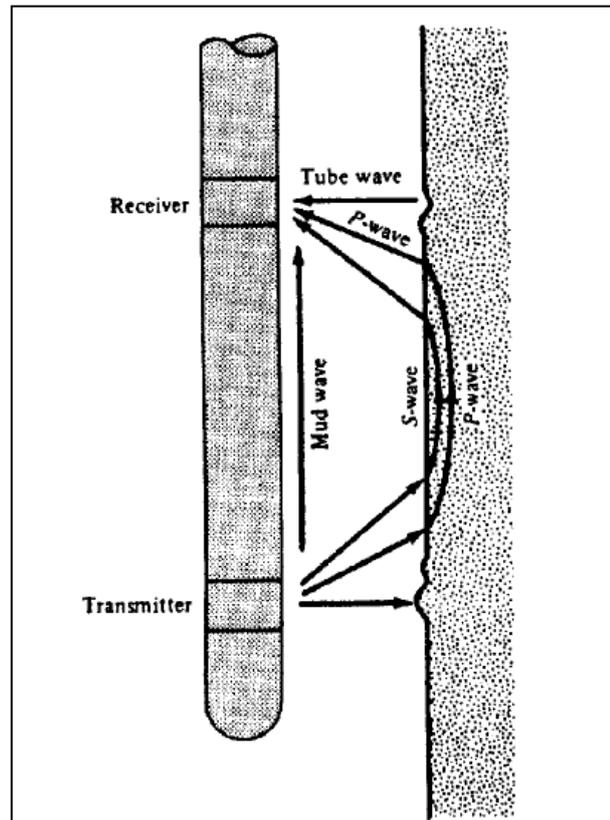
Gambar 17. Respon caliper untuk berbagai litologi (Rider, 2002)

3.2.7 Log Sonic

Sonic log merupakan log akustik dengan prinsip kerja mengukur waktu tempuh gelombang bunyi pada jarak tertentu didalam lapisan batuan. Prinsip kerja alat ini adalah bunyi dengan interval yang teratur dipancarkan dari sebuah sumber bunyi (*transmitter*) dan alat penerima akan mencatat lamanya waktu perambatan bunyi di dalam batuan (Δt) (Gambar 18). Lamanya waktu perambatan bunyi tergantung kepada litologi batuan dan porositas batuannya. Log sonik mengukur kemampuan formasi untuk meneruskan gelombang suara.

Secara kuantitatif, log sonik dapat digunakan untuk mengevaluasi porositas dalam lubang yang terisi fluida, dalam interpretasi seismik dapat digunakan untuk menentukan *interval velocities* dan *velocity profile*, selain itu

juga dapat dikalibrasi dengan penampang seismik. Secara kualitatif dapat digunakan untuk mendeterminasi variasi tekstur dari lapisan pasir-shaledan dalam beberapa kasus dapat digunakan untuk identifikasi rekahan (*fractures*) (Rider, 1996).



Gambar 18. Prinsip kerja alat Log Sonic (Labo, 1987)

3.3 Interpretasi Kualitatif

Interpretasi secara kualitatif bertujuan untuk identifikasi lapisan batuan cadangan, lapisan hidrokarbon, serta perkiraan jenis hidrokarbon. Untuk suatu interpretasi yang baik, maka harus dilakukan dengan cara menggabungkan beberapa log. Untuk mengidentifikasi litologi, maka dapat dilakukan interpretasi dari log GR atau log SP. Apabila defleksi kurva GRnya ke kiri atau minimum, kemungkinan litologinya menunjukkan batupasir, batugamping atau batubara,

sedangkan untuk litologi *shale* atau *organic shale*, maka defleksi kurva GRnya ke kanan atau maksimum.

Batugamping mempunyai porositas yang kecil, sehingga pembacaan ρ_b nya besar, dan harga (ϕ_N) nya kecil, sedangkan untuk litologi batubara menunjukkan pembacaan sebaliknya. Untuk membedakan jenis fluida yang terdapat di dalam formasi, air, minyak atau gas, ditentukan dengan melihat log resistivitas dan gabungan log Densitas-Neutron. Zona hidrokarbon ditunjukkan oleh adanya separasi antara harga tahanan jenis zona terinvasi (R_{xo}) dengan harga resistivitas sebenarnya formasi pada zona tidak terinvasi (R_t). Separasi tersebut dapat positif atau negatif tergantung pada harga $R_{mf}/R_w > 1$, harga perbandingan R_{xo} dengan R_t akan maksimum dan hampir sama dengan harga R_{mf}/R_w di dalam zona air. Nilai R_{xo}/R_t yang lebih rendah dari harga maksimum menunjukkan adanya hidrokarbon dalam formasi. Pada lubang bor keterangan harga R_{mf} lebih kecil daripada R_w (R_{mf}/R_w kecil), zona hidrokarbon ditunjukkan harga R_{xo}/R_t lebih kecil dari satu.

Untuk membedakan gas atau minyak yang terdapat di dalam formasi dapat dilihat pada gabungan log neutron-densitas. Zona gas ditandai dengan harga porositas neutron yang jauh lebih kecil dari harga porositas densitas, sehingga akan ditunjukkan oleh separasi kurva log neutron-densitas yang lebih besar. Dalam zona minyak, kurva neutron atau kurva densitas membentuk separasi positif yang lebih sempit daripada zona gas (dalam formasi bersih).

3.3 Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi data *wireline log* secara kuantitatif dengan menggunakan rumus perhitungan. Proses pengerjaan analisis petrofisika adalah menghasilkan

data-data yang diperlukan untuk proses analisis geologi lebih lanjut. Data-data yang dihasilkan dari analisis petrofisika, yaitu seperti penyediaan parameter-parameter di bawah ini:

1. Penentuan Porositas
2. Penentuan Resistivitas air formasi
3. Penentuan saturasi air
4. Penentuan permeabilitas
5. Penentuan *cut off* dan *netpay*

Untuk memberikan hasil analisis dengan tingkat akurasi yang lebih baik, metode interpretasi dan perhitungan dikontrol oleh data *core* seperti *routine core* dan *special core analysis (SCAL)*, analisis air formasi, serta data-data tes yang pernah dilakukan (Dewanto, 2016).

3.3.1 Volume *Shale* (*Vsh*)

Perhitungan lapisan yang mempunyai sisipan berupa *shale* maupun serpih menggunakan persamaan volume *shale* dapat diperoleh dari Log *Gamma Ray*, Log SP dan Log Neutron, yaitu:

1. Perhitungan *Vshale* menggunakan Log *Gamma Ray*

$$I_{sh} = \frac{GR_{log} - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}}$$

$$V_{sh} = 0.08336 (2^{3.7 \times I_{sh}} - 1) \quad \text{..... (1)}$$

Dimana:

Grlog = nilai GR pada lapisan tersebut (GAPI)

Grmax = nilai GR paling maksimum, sama dengan *shale base line* (GAPI)

Grmin = nilai GR saat defleksi paling minimum (GAPI)

3.3.2 Porositas

Porositas suatu medium adalah bagian dari volume batuan yang tidak terisi oleh benda padat (Harsono, 1997). Ada beberapa macam porositas batuan, yaitu:

1. Porositas Total

Porositas total merupakan perbandingan antara ruang kosong total yang tidak terisi oleh benda padat yang ada diantara elemen-elemen mineral dari batuan dengan volume total batuan.

$$\phi_T = \frac{\phi_D + \phi_N}{2} \dots\dots\dots(2)$$

2. Porositas Efektif

Merupakan perbandingan volume pori-pori yang saling berhubungan dengan volume total batuan.

$$\phi_e = \sqrt{\frac{\phi_N \text{cor}^2 + \phi_D \text{cor}^2}{2}} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

ϕ_e = Porositas efektif (%)

$\phi_{N\text{cor}}$ = Porositas neutron terkoreksi (%)

$\phi_{D\text{cor}}$ = Porositas densitas terkoreksi (%)

ϕ_T = porositas total (%)

Porositas efektif bisa jauh lebih kecil dibandingkan dengan porositas total jika pori-porinya tidak saling berhubungan. Penentuan harga porositas pada lapisan reservoir menggunakan gabungan harga porositas dari dua kurva yang berbeda, yaitu porositas densitas (ϕ_D) yang merupakan hasil perhitungan dari

kurva RHOB dan porositas neutron (ϕ_N) yang dibaca dari kurva NPHI. Kurva RHOB yang mengukur berat jenis matriks batuan reservoir biasanya dikalibrasikan pada berat jenis matriks serta diukur pada lumpur pemboran yang digunakan dalam pemboran (pf), setelah itu kurva ini baru bisa menunjukkan harga porositas. Adapun rumus untuk porositas densitas dan neutron, yaitu:

1. Porositas Densitas

$$\Phi_D = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_f} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

ϕ_D = porositas densitas (%)

ρ_{ma} = densitas matriks batuan (gr/cc), batupasir 2.65; batugamping 2.71

ρ_b = densitas *bulk* batuan (gr/cc), dari pembacaan kurva log RHOB

ρ_f = Densitas Fluida (gr/cc) (*Fresh water* 1.0 ; *Salt water* 1.1)

kemudian nilai porositas dikoreksi terhadap pengaruh *shale* sebagai berikut:

$$\phi_{Dc} = \phi_D - (V_{sh} \times \phi_{Dsh}) \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

ϕ_{Dsh} = porositas densitas *shale* (%)

2. Porositas Neutron

Porositas neutron didapatkan dari pembacaan pada log neutron. Kemudian nilai porositas neutron dikoreksi terhadap pengaruh *Shale* dengan rumus sebagai berikut:

$$\phi_{NC} = \phi_N - (V_{sh} \times \phi_{Nsh}) \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

$\emptyset Nsh$ = porositas neutron *shale* (%)

Tabel 2. Prosentase nilai porositas

Prosentase Porositas	Keterangan
0% - 5%	Dapat diabaikan (<i>Negligible</i>)
5% - 10%	Buruk (<i>poor</i>)
10% - 15%	Cukup (<i>Fair</i>)
15% - 20%	Baik (<i>Good</i>)
20% - 25%	Sangat Baik (<i>very Good</i>)
> 25%	Istimewa (<i>Excellent</i>)

3. Porositas Sonic

Perhitungan porositas menggunakan log sonic memerlukan t_f dan t_{ma} . Dimana fluida yang diselidiki adalah *mud filtrat*. Sehingga, Porositas dapat dihitung sbb:

$$\emptyset_s = \frac{\Delta t - \Delta t_{ma}}{\Delta t_f - \Delta t_{ma}} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana:

Δt = *travel time* batuan (nilai Log sonic) ($\mu\text{sec}/\text{ft}$)

t_f = *travel time* fluida (Freshwater $189 \mu\text{sec}/\text{ft}$; Saltwater $185 \mu\text{sec}/\text{ft}$)

t_{ma} = *travel time* matriks batuan ($\mu\text{sec}/\text{ft}$)

3.3.3 Faktor Formasi (F)

Kelayakan dan kesesuaian hasil analisa petrofisika sangat ditentukan oleh penentuan factor formasi dan beberapa parameter lainnya. Penentuan parameter

itu didasarkan pada genesa reservoir, korelasi dengan lapangan sekitar atau karakter reservoir dan fluida dalam reservoir. Untuk harga harga porositas yang biasa ditemui dalam *logging*, faktor formasi dihitung sebagai berikut:

Pada *Sandstone*:

$$F = \frac{a}{Qm} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

a = Koefisien litologi (batugamping a = 1, batupasir a = 0.65)

m = Faktor sementasi (batugamping m = 2, batupasir m = 2.15)

3.3.4 Penentuan *Formation Resistivity Water (Rw)*

Determinasi harga R_w dapat ditentukan dengan berbagai metode diantaranya dengan menggunakan metode crossplot resistivitas-neutron, resistivitas-sonic dan resistivitas-densitas. Harga R_w juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus SSP (statik S_p) dan rumus Archie, serta dari percobaan di laboratorium.

Rumus SSP dipakai jika terdapat lapisan mengandung air (*water-bearing*) cukup tebal dan bersih, serta defleksi kurva SP yang baik. Keakuratan dari penentuan harga R_w dengan metode ini dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut:

1. Komponen elektrokinetik dari S_p diabaikan.
2. R_{mf} kadang-kadang jelek (filtrasi lumpur tidak baik).
3. Hubungan antara R_{we} - R_w dan R_{mfe} - R_{mf} , khususnya pada R_w yang tinggi.

Berdasarkan hal tersebut serta rekaman penampang mekanik pada daerah

penelitian tidak mempunyai kurva defleksi SP yang cukup baik, maka didalam formasi kandungan air, kejenuhan air adalah 1 didaerah murni dan terkontaminasi $S_w = S_{xo} = 1$, sehingga rumus Archienya yaitu:

$$R_{wa} = \frac{R_t}{F} \quad \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

R_{wa} = resistivitas formasi (*apparent resistivity*) (ohm-m)

R_t = resistivitas sebenarnya (ohm-m)

F = faktor formasi

Adapun untuk mencari R_w terdapat berbagai metode, yaitu:

1. Menggunakan R_t/R_{xo}

$$R_w = \frac{R_t}{R_{xo}} \times R_{mf@tf} \quad \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

R_w = Resistivitas air formasi (ohm-m)

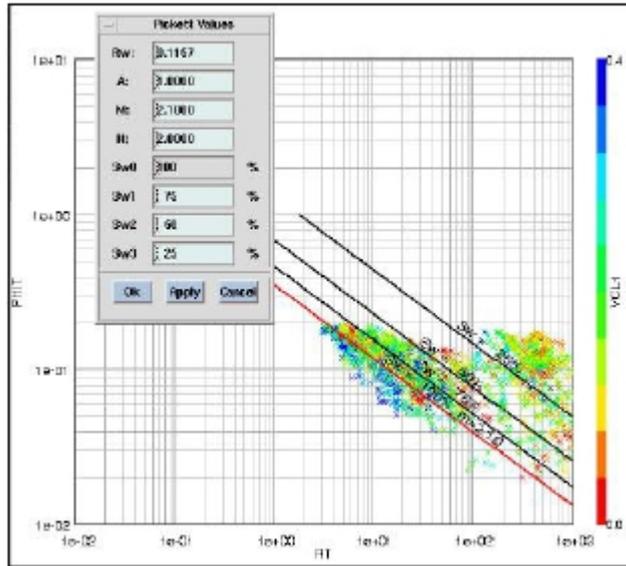
R_{xo} = *Resistivity water* pada zona terinvansi (ohm-m)

R_t = Nilai Resistivitas sebenarnya (ohm-m)

$R_{mf@Tf}$ = Resistivitas lumpur pada formasi (ohm-m)

2. Metode *PickettPlot*

Metode *pickett plot* didasarkan pada Observasi bahwa nilai R_t (*true resistivity*) adalah fungsi dari nilai porositas (Φ), saturasi air (S_w) dan factor sementasi (m). Metode ini menggunakan crossplot nilai porositas dan nilai resistivitas dalam (ILD atau LLD) (Gambar 19).



Gambar 19. Pickett plot (www.petrolog.com)

3.3.5 Saturasi Air (Sw)

Saturasi atau kejenuhan air formasi adalah rasio dari volume pori yang terisi oleh air dengan volume porositas total (Adi Harsono, 1997). Tujuan menentukan saturasi air adalah untuk menentukan zona yang mengandung hidrokarbon, jika air merupakan satu-satunya fluida yang terkandung dalam pori-pori batuan, maka nilai $Sw = 1$, tetapi apabila pori-pori batuan mengandung fluida hidrokarbon maka nilai $Sw < 1$. Archie menyusun persamaannya, yang kemudian kita kenal dengan Archie formula, yaitu sebagai berikut:

$$S_w^n = \frac{Q}{\phi_m} \frac{R_w}{R_t} \dots\dots\dots(11)$$

Rumus ini dipakai sebagai dasar interpretasi data Log sampai sekarang. Persamaan Archie tersebut biasanya digunakan pada *clean sand* formation. Dari persamaan Archie tersebut, diturunkan menjadi beberapa persamaan yang cocok digunakan pada *Shalysand formation*, antara lain:

1. Persamaan Simandoux:

$$S_w = \frac{C \cdot R_w}{\phi^2} \left[\sqrt{\frac{5 \cdot \phi^2}{R_t R_w} + \left(\frac{V_{sh}}{R_{sh}}\right)^2} - \left(\frac{V_{sh}}{R_{sh}}\right) \right] \dots\dots (12)$$

2. Persamaan Indonesia:

$$\frac{1}{\sqrt{R_t}} = \left(\sqrt{\frac{\phi^m}{a \times R_w}} + \frac{V_{cl}^{1-0,5} V_{sh}}{\sqrt{R_{sh}}} \right) \times S_w^{\frac{n}{2}} \dots\dots(13)$$

Dimana:

S_w = Saturasi air formasi (%)

F = Faktor formasi

R_w = Resistivitas air formasi (ohm-m)

R_t = Resistivitas sebenarnya, dibaca dari kurva Ild (ohm-m)

R_{sh} = Resistivitas pada *shale* (ohm-m)

C = Konstanta, (batupasir 0.4 dan untuk batugamping 0.45)

Penentuan jenis kandungan di dalam reservoir (gas, minyak dan air) didapat dari hasil perhitungan kejenuhan air formasi (S_w) dalam hasil batasan umum harga S_w untuk lapangan yang “belum dikenal” seperti di bawah ini:

Gas = Jika harga S_w adalah 0-35%

Minyak = Jika harga S_w adalah 35-65%

Air = Jika harga S_w adalah > 65%

Saturasi air sisa merupakan saturasi air yang tidak terangkat pada zona terinvasi. Kandungan air pada suatu sumur terdapat 2 jenis air, yaitu *free water* dan *irreducible water*. Air yang terangkat kepermukaan adalah *frèe water*, sedangkan air yang tidak terangkat adalah *irreducible water*.

$$S_{wirr} = \frac{\left(\frac{1}{\phi_e}\right)}{1 - V_{sh}} \dots\dots\dots(14)$$

Dimana:

S_{wirr} = saturasi air sisa (%)

Φ_e = porositas efektif (%)

V_{sh} = volume *shale*

3.3.6 Permeabilitas (K)

Permeabilitas adalah suatu pengukuran yang menyatakan tingkat kemudahan dari fluida untuk mengalir di dalam formasi suatu batuan (Adi Harsono, 1997) satuannya adalah darcy. Satu darcy didefinisikan sebagai permeabilitas dari fluida sebesar satu sentimeter kubik per detik dengan kekentalan sebesar satu centipoises mengalir dalam tabung berpenampang sebesar satu sentimeter persegi di bawah gradien tekanan satu atmosfer per centimeter persegi (Adi Harsono, 1997).

Kenyataan menunjukkan bahwa satuan satu Darcy terlalu besar, sehingga digunakan satuan yang lebih kecil yaitu milidarcy (mD). Berbeda dengan porositas, permeabilitas sangat tergantung pada ukuran butiran batuan. Sedimen butiran besar dengan pori- pori besar mempunyai permeabilitas tinggi, sedangkan batuan berbutir halus dengan pori-pori kecil akan mempunyai permeabilitas rendah.

$$K = \left(a \frac{\phi^b}{S_w^c}\right) \dots\dots\dots(15)$$

Dimana:

K = Permeabilitas (mD)

S_w = Saturasi air (%)

ϕ_e = porositas efektif (%)

a,b,c = konstanta (a = 10000, b = 4.5, c = 2) (*Schlumberger chart K-3*)

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pada tugas akhir ini dilaksanakan di PPPTMBG LEMIGAS, KPPP Eksplorasi 3 dimulai dari 01 Agustus - 30 September 2016.

4.2 Alat dan Bahan

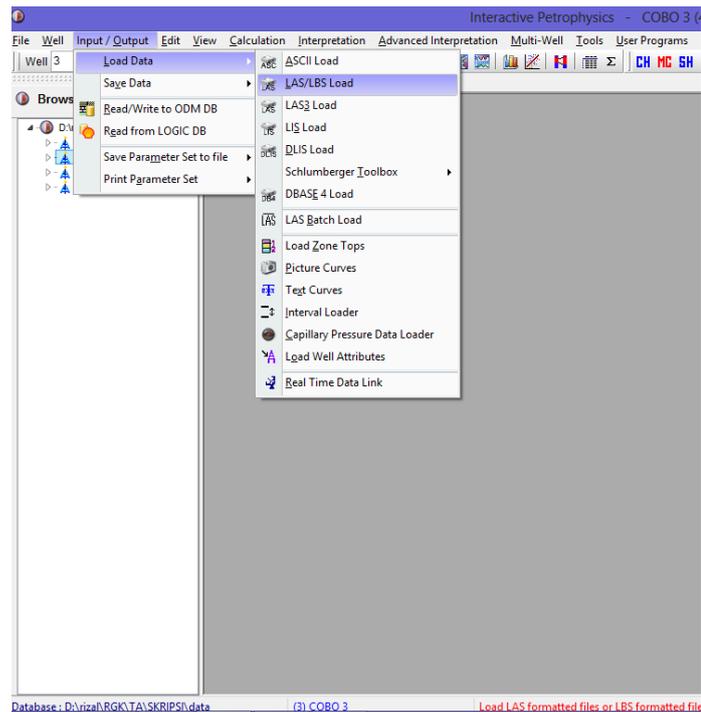
Adapun alat dan bahan yang digunakan selama proses tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Perangkat Laptop
2. Software *Interactive Petrophysic*
3. Data Las / Well log
4. Data Core

4.3 Tahapan Penelitian

4.3.1 *Input Data Las*

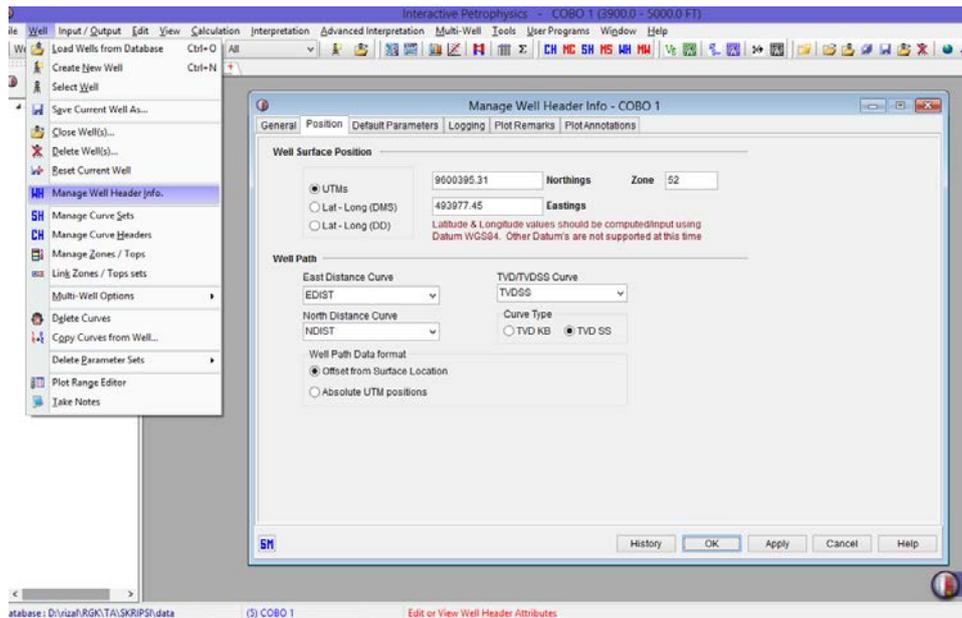
Pada tahap ini dilakukan proses *loading* data berupa data Las dari *well log*. Dimana sebelumnya sudah dibuat database untuk lembar kerjanya. Proses yang dilakukan pada tahap ini dengan klik Input/output pada software Interaktif petrofisik , lalu load data dan pilih dengan format Las data. Dan proses ini dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Loading data

4.3.2 *Input Well Header Info*

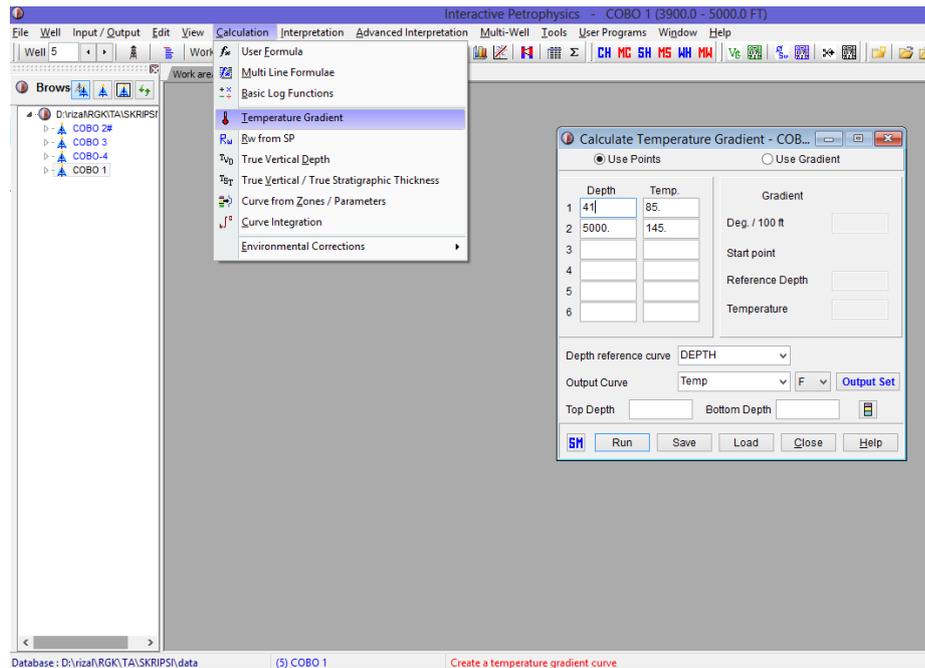
Setelah dilakukan proses loading data, dilanjutkan dengan proses *input well header info*. Dimana proses ini bertujuan melengkapi informasi data pada sumur sehingga memudahkan untuk proses selanjutnya. Proses ini dilakukan dengan klik *well* lalu pilih *manage well header info*, dan disini dilakukan pengisian data sesuai data *well header* dari data log sumur yang diberikan.



Gambar 21. *Input well header info*

4.3.3 *Input Temperature Gradient*

Pada tahapan ini dilakukan *input data temperature* dari setiap kedalaman. Namun dikarenakan data suhu pada tiap kedalaman tidak ada, jadi dilakukan input data pada kedalaman *KB* dan *bottom depth*. Fungsi dari input temperature gradient ini adalah digunakan untuk koreksi lingkungan nantinya. Proses yang dilakukan dengan klik *calculation* - pilih pada kolom *temperature gradient* seperti pada Gambar 22.



Gambar 22. *Input temperature gradient*

4.3.4 Koreksi Lingkungan

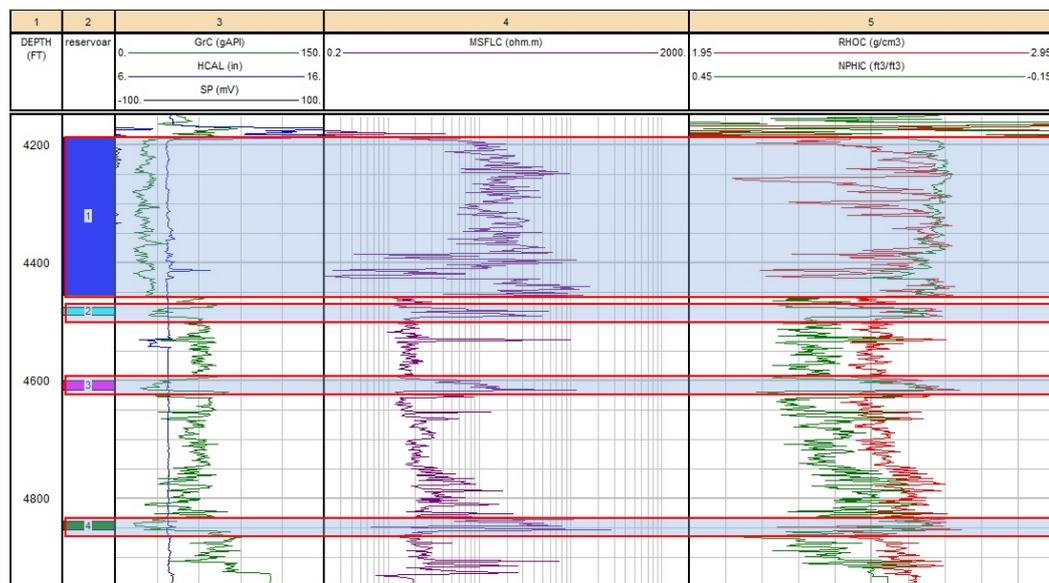
Dalam penelitian ini digunakan modul koreksi lingkungan schlumberger. Koreksi lingkungan dilakukan pada sumur yang memiliki log caliper, jika tidak ada maka tidak dapat dilakukan koreksi lingkungan. Koreksi ini bertujuan agar mengurangi dampak dari lingkungan sumur bor pada data log. Pada tahap ini dilakukan koreksi pada log *gamma ray*, densitas, resistivitas, dan *neutron*.

4.3.5 Interpretasi Kualitatif

4.3.5.1 Zonasi Reservoir

Pada tahap ini dilakukan pembuatan zonasi pintas dengan melihat dari kurva log *gamma ray*, resistivitas dan separasi dari RHOB dan NPHI. Dimana pada yang mengandung hidrokarbon pada nilai *gamma ray* akan rendah, resistivitasnya tinggi dan adanya separasi antara RHOB dan NPHI. Zonasi ini berguna untuk

menentukan secara pintas dimana zona-zona yang mengandung hidrokarbon dan juga berguna untuk korelasi antar sumur. Zonasi pada masing-masing sumur relative sedikit berbeda mulai dari 4-11 zona reservoir.



Gambar 23. Hasil zonasi reservoir

4.3.5.2 Penentuan lithologi pintas

Penentuan lithologi diinterpretasikan berdasarkan pembacaan kurva log dari setiap sumur. Kurva log yang digunakan sebagai parameter adalah kurva log gamma ray, namun bisa juga ditambah dengan log yang lain biasanya dengan log resistivitas untuk melihat fluidanya dan log Rhob serta Nphi untuk melihat zona hidrokarbonnya.

4.3.6 Interpretasi kuantitatif

4.3.6.1 Evaluasi kandungan lempung

Penentuan kadungan lempung dalam suatu formasi dapat dicari dengan menggunakan indikator tunggal yaitu dengan log *gamma ray*, atau menggunakan

indicator ganda yaitu dengan log resistivitas serta log neutron-densitas. Evaluasi kandungan lempung sangat diperlukan dikarenakan kandungan lempung dapat mempengaruhi nilai perhitungan porositas suatu formasi dan juga mempengaruhi pada zona yang mengandung hidrokarbon. Kandungan lempung suatu formasi ditentukan dengan mengambil nilai terendah dari ketiga perhitungan di atas.

4.3.6.2 Penentuan S_w dan porositas

Proses selanjutnya adalah penentuan parameter saturasi air dan porositas. Dalam software *Interactive Petrophysics* penentuan keduanya dalam satu proses. Pada porositas, model yang digunakan adalah model porositas dengan log densitas-neutron yang menghasilkan nilai porositas total dan porositas efektif.

4.3.6.3 Penentuan permeabilitas

Penentuan nilai permeabilitas ini dilakukan dengan software *interactive petrophisic* dengan menggunakan persamaan *schlumberger chart K-3*, yaitu:

$$K = \left(a \frac{\phi^b}{S_w^c} \right)$$

Dimana:

K = permeabilitas (mD)

ϕ = porositas efektif (%)

S_w = saturasi air (%)

a, b, c = konstanta dengan a : 10000 ; b : 4.5 ; c : 2)

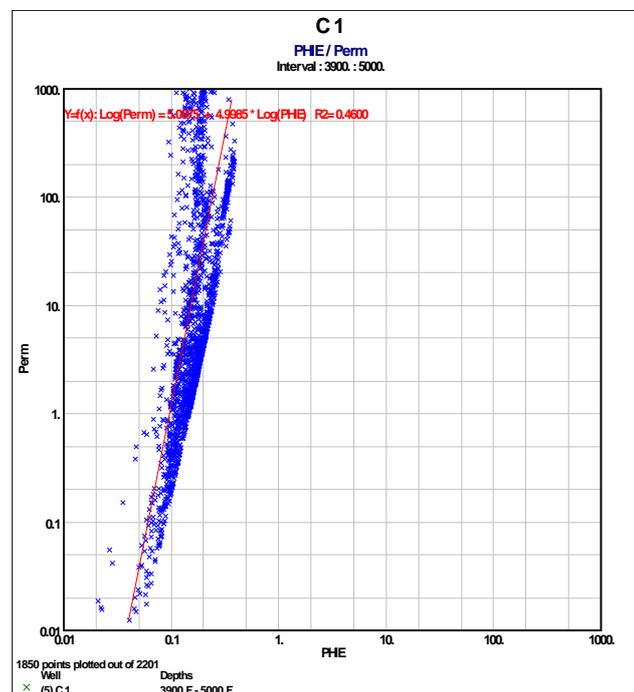
4.3.6.4 *Cut off*

Setelah menghitung parameter-parameter petrofisika, kemudian dilakukan

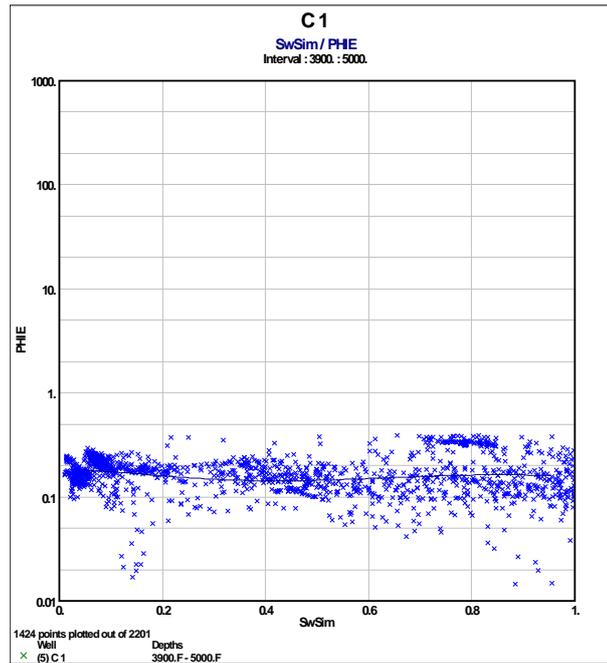
proses *cut off*. *Cut off* merupakan nilai penggal untuk memisahkan antara lapisan batuan yang berpotensi hidrokarbon dan yang tidak berpotensi hidrokarbon.

Dalam penelitian ini parameter *cut off* yang dilakukan adalah dengan melakukan *cut off* porositas, *cut off* saturasi dan *cut off* *Vsh*, sedangkan pada permeabilitas nilai *cut off* yang diambil adalah 1 mD yang diasumsikan sebagai batas nilai terendah untuk fluida dapat mengalir.

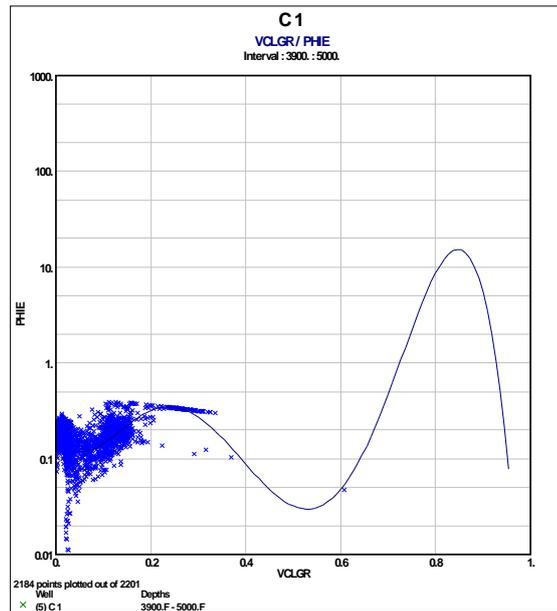
Pada *cut off* porositas ditentukan berdasarkan hasil dari crossplot antara permeabilitas dan nilai porositas. Untuk *cut off* saturasi ditentukan dari hasil crossplot antara porositas dan nilai saturasi dan untuk *cut off* volum *shale* atau kandungan lempung ditentukan dari hasil crossplot antara nilai porositas dengan nilai volum *shale*.



Gambar 24. *Cut off* porositas



Gambar 25. *Cut off Sw*



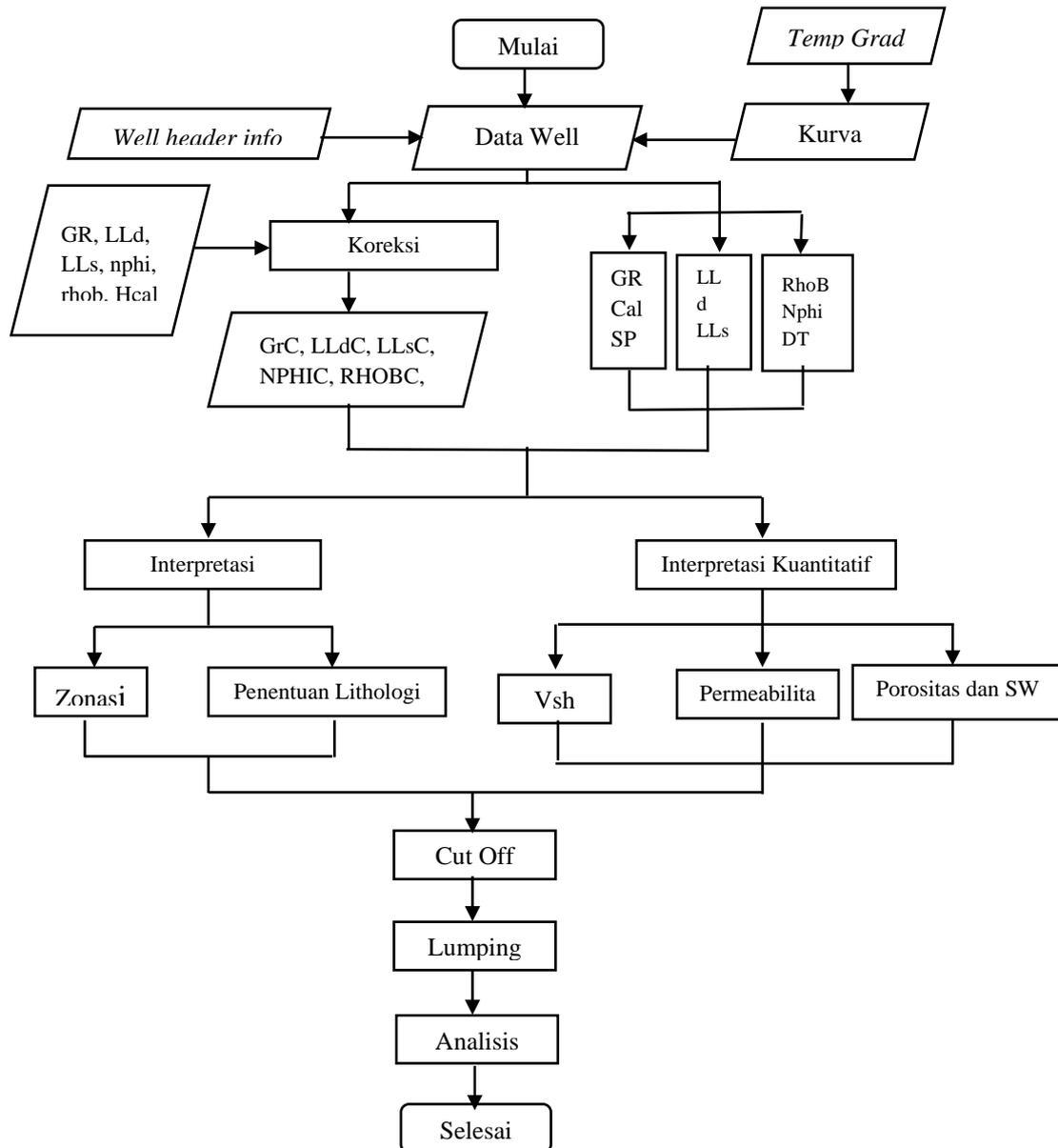
Gambar 26. *Cut off Vshale*

4.3.6.5 Lumping

Lumping atau pembungkalan memiliki arti yaitu nilai kumulatif parameter petrofisika yang terdapat sumur-sumur eksplorasi. Dengan menerapkan hasil dari

nilai penggal pada porositas, saturasi dan volume lempung maka akan dihasilkan zona net reservoir atau *net summary* dan zona pay reservoir atau *pay summary*.

4.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 27. Diagram alir

4.5 *Time Schedule*

Berikut ini adalah tabel *time schedule* dari kegiatan Tugas Akhir yang dilakukan di PPTMBG LEMIGAS, yaitu:

Tabel 3. *Time schedule* penelitian

No	Kegiatan	Agustus 2016					September 2016				
		Minggu ke-					Minggu ke-				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Studi Pustaka										
2	Pengambilan Data										
3	Pengolahan Data										
4	Interpretasi Data										
5	Penyusunan Laporan										

VI. PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil analisis petrofisika diketahui bahwa pada sumur C lapangan R memiliki lapisan dominan karbonat (*dolomite* dan *limestone*) serta lempung dan perselingan *sandstone*.
2. Nilai penggal (*cut off*) didapat dengan crossplot yaitu untuk porositas sebesar 8.4% dan V_{shale} sebesar 23.5%, sedangkan untuk saturasi berdasarkan acuan buku sebesar 65% dan permeabilitas sebesar 1 mD.
3. Berdasarkan hasil analisis, zona produktif pada sumur C1 terdapat pada zona 2, sumur C2 pada zona 8, sumur C3 pada zona 2 dan sumur C4 pada zona 2
4. Pada zona produktif sumur C1 memiliki karakteristik reservoir dengan porositas 18.7%, S_w 9.3% dan V_{sh} 1.5% , pada sumur C2 porositas 11.6%, S_w 43.8% dan V_{sh} 6.5%, pada sumur C3 porositas 14.3%, S_w 15.5% dan V_{sh} 3.9% sedangkan pada sumur C4 porositas 13.4%, S_w 7.8% dan V_{sh} 3%.
5. Berdasarkan proses lumping, zona terproduktif terdapat pada sumur C1 dengan rata-rata porositas 18.7%, S_w 9.3 % , V_{shale} 1.5%, ketebalan netpay nya 281,25 feet dari gross interval 310.5 feet.

DAFTAR PUSTAKA

- Archie, G. E. 1950. *Introduction to Petrophysics*. AAPG Bulletin.
- Asquith, G.B. 1982. *Basic Well Log Analysis for Geologists*. Tulsa, Oklahoma: AAPG. *Methods in Exploration Series*.
- Asquith, G.B. dan Krygowski D.A. 2004. *Basic Well Log Analysis, 2nd Edition*. Tulsa, Oklahoma: AAPG. *AAPG Methods in Exploration Series 16*.
- Bateman, R.M. dan Hepp, V.R. 1981. *Application of True Vertical Depth, True Stratigraphic Thickness and True Vertical Thickness Log Displays, Trans., SPWLA Twenty-second Annual Logging Symposium*, Mexico City.
- Dewanto, O. 2009. *Buku Ajar Well Logging*. Lampung: Universitas Lampung.
- Dewanto, O. 2016. *Petrofisika Log*. Edisi-1 November 2016. Lampung: Universitas Lampung.
- Glover, P. 2000. *Petrophysics*. UK: University of Aberdeen
- Harsono, A. 1997. *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*, Edisi Revisi-8 Mei 1997. Jakarta: Schlumberger Oilfield Service.
- Krygowski, D.A. 2003. *Guide to Petrophysical Interpretation*. Austin, Texas, USA: Baker Hughes.
- Labo, J. 1987. *A Practical Introduction to Borehole Geophysics*. Tulsa: Society of Exploration Geophysics
- Petrolog.http://www.petrolog.net/webhelp/Logging_Tools/ild/ildchart.html
(diakses pada tanggal 29 Agustus 2016)
- Pireno, G.E. dan Darussalam, D.N. 2010. *Petroleum System Overview of the Sebuku Block and the Surrounding Area: Potential as A New Oil and Gas Province in South Makassar Basin, Makassar Straits*, Proceedings Indonesian Petroleum Association (IPA), 34th Annual Convention, **1**, pp. 673-688.

- Pireno, G.E., Cook, C., Yuliong, D. dan Lestari, S. 2009. *Berai Carbonate Debris Flow as Reservoir in the Ruby Field, Sebuku Block, Makassar Straits: a New Exploration Play in Indonesia*, Proceedings Indonesian Petroleum Association (IPA), 33rd Annual Convention, Jakarta, Indonesia, **I**, p. 25-43.
- Rosadi, Y. 1995. *Interpretasi Data Well Logging*. Institut teknologi Bandung. Bandung
- Rider, M. 2002. *The Geological Interpretation of Well Logs, 2nd Edition, revised 2002*. Scotland: Whittles Publishing.
- Schlumberger. 1972. *Log Interpretation I - Principles*. Huoston: Schlumberger Ltd.
- Schlumberger. 1989. *Log Interpretation Principles/Applications*. Texas: Schlumberger Wireline & Testing.
- Schlumberger. 2007. *Interactive Petrophysics, User Manual (IP version 3.4)*. Scotland: PGL-Senergy. (program komputer)
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., dan Keys, D. A. 1990. *Applied Geophysics*, Cambridge University Press. London
- Tixier, M.P., dan Alger, R.P. 1970. Log Evaluation of non-metallic deposits. *Geophysics* 35, 124-42