

**IDENTIFIKASI LAPISAN *SHALE* PADA LAPANGAN
OFFSHORE CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA UNTUK
EKSPLORASI HIDROKARBON NON KONVENSIONAL**

(Skripsi)

Oleh

**NANDA PAQUITA SYAHARANI
1915051028**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**IDENTIFIKASI LAPISAN *SHALE* PADA LAPANGAN
OFFSHORE CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA UNTUK
EKSPLORASI HIDROKARBON NON KONVENSIONAL**

Oleh

NANDA PAQUITA SYAHARANI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Geofisika

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI LAPISAN *SHALE* PADA LAPANGAN *OFFSHORE* CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA UNTUK EKSPLORASI HIDROKARBON NON KONVENSIONAL

Oleh

Nanda Paquita Syaharani

Eksplorasi hidrokarbon non konvensional adalah cara untuk mengembangkan potensi *shale* dalam meningkatkan cadangan migas di Indonesia. *Shale* adalah batuan yang kaya akan material organik dan menjadi target eksplorasi non konvensional sebab berfungsi sebagai *source rock* dan reservoir dengan nilai volume *shale* yang besar serta permeabilitas yang rendah. Salah satu cekungan berpotensi penghasil hidrokarbon non konvensional di Indonesia adalah Cekungan Jawa Timur Utara. Penelitian ini berfokus pada menentukan lokasi deposenter lapisan *shale* berdasarkan *isopach map* sebagai langkah awal untuk melokalisir wilayah yang akan dijadikan target pengembangan eksplorasi hidrokarbon non konvensional. deposenter adalah bagian terdalam suatu cekungan dan menjadi tempat terakumulasinya sedimen dan hidrokarbon. Pada penelitian ini menggunakan 29 *line* seismic 2D dan 2 data sumur, yaitu sumur NP-1 dan NP-2 serta target penelitian berada pada Formasi Kujung dan Formasi Ngimbang di wilayah *offshore* Cekungan Jawa Timur Utara. Dari *isopach map* didapatkan lokasi deposenter untuk Formasi Kujung berada di arah barat laut dengan ketebalan *shale* sebesar 600 m – 800 m sedangkan pada Formasi Ngimbang berada di arah timur dengan ketebalan *shale* mencapai 1000 m – 1300 m. Dari lokasi deposenter dapat diketahui lokasi yang memiliki kekayaan material organik sehingga berpotensi sebagai *source rock*.

Kata Kunci: Cekungan Jawa Timur Utara, Eksplorasi Hidrokarbon Non Konvensional, *Offshore*, *Shale*, *Isopach Map*, dan Lokasi Deposenter.

ABSTRACT

IDENTIFIKASI LAPISAN *SHALE* PADA LAPANGAN *OFFSHORE* CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA UNTUK EKSPLORASI HIDROKARBON NON KONVENSIONAL

By

Nanda Paquita Syaharani

Unconventional hydrocarbon exploration is a way to develop the potential of shale to increase oil and gas reserves in Indonesia. Shale is a rock that is rich in organic material and is a target for unconventional exploration because it functions as a source rock and reservoir with a large volume value of shale and low permeability. One of the potential unconventional hydrocarbon producing basins in Indonesia is the North East Java Basin. This research focuses on determining the location of the shale layer deposenter based on isopach map as a first step to localize the area that will be used as a target for unconventional hydrocarbon exploration development. The deposenter is the deepest part of a basin and is the place where sediments and hydrocarbons accumulate. This study used 29 2D seismic lines and 2 well data, namely the NP-1 and NP-2 wells and the research target was in the Kujung Formation and Ngimbang Formation in the offshore area of the North East Java Basin. From the isopach map, it is obtained that the location of the depocenter for the Kujung Formation is in the northwest direction with a shale thickness of 600 m - 800 m while in the Ngimbang Formation it is in the east direction with a shale thickness of 1000 m - 1300 m. From the location of the deposenter, it can be seen that the location has a wealth of organic material so that it has the potential as a source rock.

Keywords: North East Java Basin, Unconventional Hydrocarbon Exploration, *Offshore, Shale, Isopach Map*, and Depocenter Location.

Judul Skripsi

**: IDENTIFIKASI LAPISAN *SHALE* PADA
LAPANGAN *OFFSHORE* CEKUNGAN
JAWA TIMUR UTARA UNTUK
EKSPLORASI HIDROKARBON NON
KONVENSIONAL**

Nama Mahasiswa

: Nanda Paquita Syaharani

Nomor Pokok Mahasiswa : 1915051028

Jurusan

: Teknik Geofisika

Fakultas

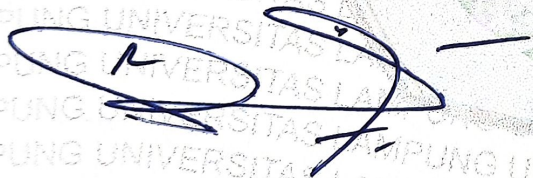
: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



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

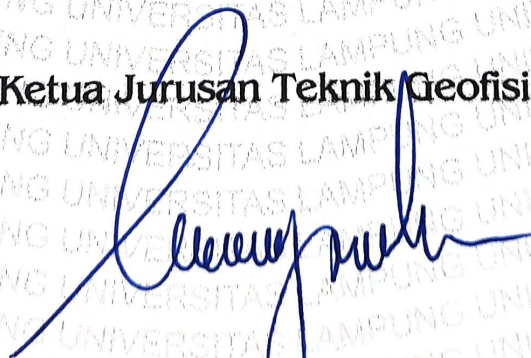
NIP 19661222 199603 1 001



Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.

NIP 19750911 200012 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika



Karyanto, S.Si., M.T.

NIP 19691230 199802 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



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



Anggota : **Dr. Alimuddin Muchtar, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP 19750928 200112 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 2 Agustus 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya Nanda Paquita Syaharani dengan ini menyatakan bahwa semua yang tertulis dalam karya ilmiah ini dengan judul “Identifikasi Lapisan *Shale* Pada Lapangan *Offshore* Cekungan Jawa Timur Utara untuk Eksplorasi Hidrokarbon Non Konvensional” bukan merupakan karya ilmiah orang lain melainkan berdasarkan hasil pemikiran saya sendiri serta pengetahuan dan data yang telah saya dapatkan sebelumnya sebagai syarat memperoleh gelar sarjana. Adapun kutipan yang terdapat dalam penulisan skripsi ini terdapat karya atau pendapat orang lain yang ditulis menurut sumbernya sebagaimana disebutkan dalam daftar Pustaka secara jelas sesuai dengan etika penulisan.

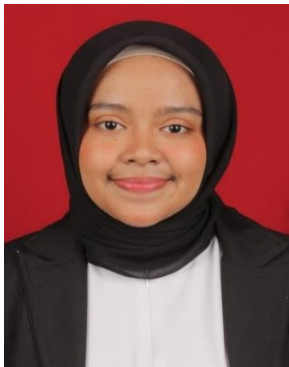
Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 14 Agustus 2023



Nanda Paquita Syaharani
NPM. 1915051028

RIWAYAT HIDUP



Nanda Paquita Syaharani lahir di Tangerang pada tanggal 3 April 2001. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Irawan Zulkarnain dan Ibu Widaryati. Penulis mengenyam Pendidikan dimulai sejak Taman Kanak-kanak (TK) Pelangi pada tahun 2006 sampai 2007. Kemudian penulis melanjutkan Pendidikan di Sekolah Dasar (SD) hingga tahun 2013 di SD Negeri

Tigaraksa 2. Kemudian, menempuh Pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) hingga tahun 2016 di SMP Negeri 2 Tigaraksa dan dilanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 6 Kab. Tangerang hingga 2019. Lalu melanjutkan pendidikan ke tingkat perguruan tinggi di Universitas Lampung Jurusan Teknik Geofisika melalui jalur SBMPTN 2019.

Selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Geofisika, penulis aktif mengikuti beberapa organisasi kemahasiswaan. Pada tahun 2020-2022 penulis aktif sebagai Anggota Bidang Sains dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika "Bhuwana" Universitas Lampung. Selain itu, pada tahun 2020-2021 Penulis juga aktif sebagai Anggota Divisi Edukasi SM-IAGI Unila SC. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kecamatan Kalanganyar, Kabupaten Lebak pada Januari-Februari 2022. Pada Bulan Februari-Maret 2022, Penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di PPPTMGB Lemigas Jakarta. Kemudian pada Bulan Januari-Februari 2023 Penulis melaksanakan Tugas Akhir di Pusat Survei Geologi (PSG), Bandung dengan tema "Identifikasi Lapisan *Shale* Pada Lapangan *Offshore* Cekungan Jawa Timur Utara untuk Eksplorasi Hidrokarbon Non Konvensional". Penulis berhasil lulus dengan gelar sarjana pada tanggal 2 Agustus 2023.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur selalu penulis panjatkan kepada Allah SWT Tuhan Semesata Alam atas segala Rahmat-Nya, hidayah-Nya, dan karunia-Nya hingga terselesaikannya skripsi ini dengan lancar.

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

Ayah dan Mamah Tercinta,
Irawan Zulkarnain dan Widaryati

Terima kasih sudah menjadi tempat pulang ternyaman dan terima kasih karena selalu ada untuk memberikan doa, kasih sayang, dukungan yang tiada hentinya hingga saat ini. Berkat ayah dan mamah penulis bisa sampai di titik ini hingga mendapatkan gelar Sarjana Teknik. Sehat selalu dan hiduplah lebih lama lagi, Ayah & Mamah harus selalu ada di setiap perjalanan dan pencapaian hidup saya.

Adik-adikku tersayang
Bilal Bintang Alfisyahr dan Qaiser Raqilla Muazzam

Terima kasih sudah menjadi saudara yang selalu memberikan dukungan, doa, dan semangat bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Penulis sangat berharap kalian dapat menjadi orang-orang yang sukses dan dapat meraih apa yang di cita-citakan. Penulis akan selalu berusaha untuk selalu mendukung dan membahagiakan kalian sampai kapanpun.

Diriku yang paling ku sayang,
Nanda Paquita Syaharani

Terima kasih karena telah menyelesaikan studi ini dengan baik dan semaksimal mungkin. Terima kasih karena tidak menyerah dan selalu bertahan dengan segala rintangan yang ada. Terima kasih sudah memenuhi tanggung jawab kepada ayah dan mamah. Terima kasih karena kamu, aku bisa mendapatkan gelar Sarjana Teknik dan selesai di waktu yang tepat.

MOTTO

“Hanya kepada Allah aku mengadukan kesusahan dan kesedihanku”

- **Q.S Yusuf, 12:86**

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

- **Q.S Al-Insyirah, 94:5-6**

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah itu benar”

- **Q.S Ar-Rum, 30:60**

“Diwajibkan atas kamu berperang, padahal berperang itu adalah sesuatu yang kamu benci. Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui”

- **Q.S Al-Baqarah, 2: 216**

“Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelah itu. Lebarakan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau invertasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Tapi, gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan”

- **Boy Chandra**

“Percayalah, disaat kamu ikhlas dengan keadaanmu disitulah Allah merencanakan kebahagiaan untukmu karena Allah mampu mengubah situasi paling terpuruk menjadi momen terbaik dalam hidupmu”

- **KH. Maimoen Zubair**

“Bahkan disaat pikiranmu meremehkan dirimu sendiri, Allah tetap mendukungmu dengan mengatakan “kamu adalah sebaik-baik cipataan-Ku”. Tumbuhlah kuat sesungguhnya Allah bersama kita. *Keep in mind that Allah will never put you in a situation that you can't handle. Your struggle has a purpose. Your pain has purpose. Your blessings will come soon*”

- **Penulis**

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena berkat Rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Skripsi dengan judul “Identifikasi Lapisan *Shale* Pada Lapangan *Offshore* Cekungan Jawa Timur Utara untuk Eksplorasi Hidrokarbon Non Konvensional” dengan sebaik-baiknya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan serta penulisan tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini sehingga diharapkan kritik dan saran yang dapat membangun untuk kedepannya. Semoga apa yang tertulis di dalam laporan ini dapat memberikan manfaat kepada siapapun yang membacanya baik di kalangan umum maupun akademik.

Bandar Lampung, 14 Agustus 2023

Penulis,



Nanda Paquita Syaharani
NPM. 1915051028

SANWACANA

Puji Syukur penulis haturkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala Yang Maha Kuasa karena berkat rahmat dan hidayah serta karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“IDENTIFIKASI LAPISAN SHALE PADA LAPANGAN OFFSHORE CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA UNTUK EKSPLORASI HIDROKARBON NON KONVENSIONAL”**. Tak lupa pula shalawat serta salam yang selalu tercurahkan kepada junjungan kita nabi besar Muhammad Shallallahu'alaihi wassalam yang menjadi suri tauladan bagi kita semua.

Dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak dan kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang selalu memberikan kemudahan dan anugerah-Nya setiap saat dalam kehidupan penulis.
2. Ayah dan Mamah yang sangat penulis cintai, Bapak Irawan Zulkarnain dan Ibu Widaryati yang selalu menjadi penyemangat penulis sebagai sandaran terkuat dan tempat ternyaman untuk pulang dari kerasnya dunia. Yang tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang dan selalu memotivasi. *I love you more more more.*
3. Kedua saudara saya, Bilal Bintang Alfisyahr dan Qaiser Raqilla Muazzam selaku adik-adik penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa.
4. Bapak Dr. Andy Setyo Wibowo, S.T., M.T. dan Bapak Ryandi Adlan, S.T., M.T. selaku pembimbing di Pusat Survei Geologi KESDM Bandung yang telah memberikan banyak ilmu, wawasan, dan wejangan kepada penulis.
5. Bapak Karyanto, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.

6. Bapak Dr. Ordas Dewanto, S.Si, M.Si., selaku dosen pembimbing pertama yang telah banyak meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan, saran dan masukan serta arahan dengan penuh kesabaran, kebaikan hati dan kesediaan dalam membimbing penulis untuk mengerjakan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua yang telah banyak meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan, saran dan masukan serta arahan dengan penuh kesabaran, kebaikan hati dan kesediaan dalam membimbing penulis untuk mengerjakan tugas akhir ini.
8. Bapak Dr. Alimuddin Muchtar, S.Si., M.Si., selaku dosen penguji tugas akhir saya yang telah banyak memberikan bantuan, saran, masukan dan koreksi dalam tugas akhir ini.
9. Dosen-dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang saya hormati terima kasih atas semua ilmu yang diberikan sampai saat ini.
10. Kak Sarah, Kak Novi, dan Bang Miftahul yang telah memberikan dukungan, semangat, dan tempat berdiskusi selama melakukan tugas akhir ini.
11. Sisterisasi (Aldo, Jay, Aul), Megi, Niken, dan Alika sebagai teman seperjuangan yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Keluarga besar Teknik Geofisika 2019 Mak Kou Tanding (Keluarga Bapak Putra) yang telah memberikan semangat serta doa sampai saat ini.
13. Serta semua pihak yang terlibat, penulis mengucapkan terima kasih.
14. Terakhir terima kasih untuk diri sendiri yang telah bekerja keras dan berjuang hingga sejauh ini serta mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan dan tidak pernah memutuskan untuk menyerah sesulit apapun rintangannya.

Bandar Lampung, 14 Agustus 2023
Penulis,



Nanda Paquita Syaharani
NPM. 1915051028

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
PERSETUJUAN	v
PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN	ix
MOTTO	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Lokasi Daerah Penelitian	4
2.2 Fisiografi Cekungan Jawa Timur Utara	4
2.3 Stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara.....	6
2.3.1 <i>Basement</i> Zona Rembang.....	7
2.3.2 Formasi Ngimbang.....	7
2.3.3 Formasi Kujung.....	7
2.3.4 Formasi Prupuh	7
2.3.5 Formasi Tuban.....	8

2.3.6	Formasi Tawun.....	8
2.3.7	Formasi Ngrayong.....	8
2.3.8	Formasi Bulu.....	8
2.3.9	Formasi Wonocolo	9
2.3.10	Formasi Ledok	9
2.3.11	Formasi Mundu	9
2.3.12	Formasi Selorejo	9
2.3.13	Formasi Lidah	10
2.3.14	Formasi Paciran.....	10
2.4	<i>Petroleum System</i> Konvensional.....	10
2.4.1	Batuan Induk	11
2.4.2	Batuan Reservoar	11
2.4.3	Batuan Tudung (<i>Seal Rock</i>).....	12
2.4.4	Migrasi	12
2.4.5	Perangkap (Trap).....	13
2.5	<i>Petroleum System</i> Non Konvensional	13
III.	TEORI DASAR.....	15
3.1	Metode Well Logging serta Variasi Data Sumur.....	15
3.1.1	Log Gamma Ray	15
3.1.2	Log Densitas	16
3.1.3	Log Sonik.....	18
3.1.4	Log Neutron	19
3.1.5	Log Resistivitas.....	20
3.2	Volume <i>Shale</i>	21
3.3	Permeabilitas (K)	22
3.4	Metode Seismik Refleksi	23
3.5	Hukum Gelombang Seismik	24
3.5.1	Hukum Snellius.....	24
3.5.2	Hukum Huygens	25
3.5.3	Prinsip Fermat	26
3.6	Impedansi Akustik.....	27
3.7	Koefisien Refleksi.....	28
3.8	Polaritas dan Fasa.....	29
3.9	<i>Wavelet</i>	30
3.10	Seismogram Sintetik	31
3.11	<i>Well Seismik Tie</i>	32

3.12	<i>Picking Horizon</i>	32
3.13	<i>Time and Depth Structure Map</i>	33
IV.	METODOLOGI PENELITIAN	34
4.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	34
4.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	34
4.3	Tahapan Penelitian	35
4.4	Diagram Alir Penelitian.....	39
V.	HASIL DAN PEMBAHASAN	40
5.1	Analisis Parameter Non-Konvensional.....	40
5.1.1	Perhitungan Volume <i>Shale</i>	40
5.1.2	Perhitungan Permeabilitas.....	40
5.2	Analisis <i>Well to Seismik Tie</i>	49
5.3	Interpretasi <i>Horizon</i>	51
5.4	Analisis <i>Time and Depth Map</i>	53
5.5	Analisis <i>Isopach Map</i>	62
5.6	Analisis Zona Prospek	66
VI.	KESIMPULAN DAN SARAN	68
6.1	Kesimpulan	68
6.2	Saran.....	68
	DAFTAR PUSTAKA	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Lokasi Daerah Penelitian.....	4
2. Zonasi Fisografi Cekungan Jawa Timur Utara.....	5
3. Kolom Stratigrafi Zona Rembang di Cekungan Jawa Timur Utara.....	6
4. Skema <i>Petroleum System</i> Konvensional dan Non Konvensional.....	11
5. Respon Log Gamma Ray.....	16
6. Respon Log Densitas.....	17
7. Respon Log Sonik.....	19
8. Respon Log Neutron	20
9. Respon Log Resistivitas	21
10. Konsep Seismik Refleksi.....	24
11. Pemantulan dan Pembiasan Gelombang.....	26
12. Prinsip Huygens.....	26
13. Prinsip Fermat.....	27
14. Koefisien Refleksi.....	29
15. Polaritas dan Fasa.....	30
16. Jenis <i>Wavelet</i>	31
17. Pembuatan Seismogram Sintetik.....	32
18. Diagram Alir Penelitian.....	39
19. Zona Target Formasi Kujung di Sumur NP-1.....	41
20. Zona Target Formasi Ngimbang di Sumur NP-1.....	43
21. Zona Target Formasi Kujung di Sumur NP-2.....	45
22. Zona Target Formasi Ngimbang di Sumur NP-2.....	47
23. Hasil <i>Well to Seismic Tie</i> Sumur NP-1.....	50
24. <i>Picking Horizon Line</i> Seismik NP-1.....	52
25. <i>Time Map Top Shale</i> Formasi Kujung	54
26. <i>Time Map Bottom Shale</i> Formasi Kujung	55

27. <i>Time Map Top Shale</i> Formasi Ngimbang	56
28. <i>Time Map Bottom Shale</i> Formasi Ngimbang	57
29. Hasil Regresi Linier TWT dan TVD	58
30. <i>Depth Map Top Shale</i> Formasi Kujung	59
31. <i>Depth Map Bottom Shale</i> Formasi Kujung.....	60
32. <i>Depth Map Top Shale</i> Formasi Ngimbang	61
33. <i>Depth Map Bottom Shale</i> Formasi Ngimbang.....	62
34. <i>Isopach Map Shale</i> Formasi Kujung Berdomain <i>Time</i>	63
35. <i>Isopach Map Shale</i> Formasi Ngimbang Berdomain <i>Time</i>	64
36. <i>Isopach Map Shale</i> Formasi Kujung Berdomain <i>Depth</i>	65
37. <i>Isopach Map Shale</i> Formasi Ngimbang Berdomain <i>Depth</i>	66
38. 3D Model Lapisan <i>Shale</i> di Wilayah <i>Offshore</i> Dari Arah Barat	67
39. 3D Model Lapisan <i>Shale</i> di Wilayah <i>Offshore</i> Dari Arah Timur	67

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Nilai Permeabilitas Batuan.....	23
2. <i>Time Schedule</i> Penelitian	34
3. Nilai Vsh dan Permeabilitas Formasi Kujung di Sumur NP-1.....	42
4. Nilai Vsh dan Permeabilitas Formasi Ngimbang di Sumur NP-1.....	43
5. Nilai Vsh dan Permeabilitas Formasi Kujung di Sumur NP-2.....	46
6. Nilai Vsh dan Permeabilitas Formasi Ngimbang di Sumur NP-2.....	48
7. Hasil <i>Well to Seismik Tie</i> Sumur NP-1	49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki wilayah laut yang sangat luas dan menjadikannya aset nasional yang perlu diberikan perhatian khusus dalam pengembangannya. Hal ini berkaitan dengan usaha dalam mendukung keberhasilan untuk persiapan lingkungan kerja migas (Wijaya, 2012). Ketergantungan akan energi minyak dan gas bumi masih sangat tinggi. Namun, hal ini tidak sebanding dengan cadangan migas yang dihasilkan oleh reservoir konvensional. Jumlah material *shale* di Indonesia sangat banyak, sehingga diharapkan dalam masa mendatang akan tersedia sumber baru untuk minyak dan gas bumi (Dewanto dkk., 2017). Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam pengembangan ini adalah dengan melakukan eksplorasi minyak dan gas bumi non konvensional.

Migas non konvensional adalah hidrokarbon yang terbentuk dan tersimpan pada batuan induk (*shale*) dengan permeabilitas yang sangat kecil sekitar 0,001 MD sampai 0,0001 MD sehingga tidak dapat bermigrasi menuju reservoir konvensional (Lemigas, 2020). *Shale* yang memiliki pori yang tidak saling berhubungan dan nilai porositas efektifnya kurang dari 10% (Katz dkk., 2021). *Shale* adalah batuan yang mengandung material organik yang melimpah, dimana ketika proses pengendapan sedimen halus terakumulasi oleh material organik seperti tumbuhan, fosil hewan laut, dan alga. Pada migas non konvensional, hidrokarbon akan terbentuk dan tersimpan di batuan yang sama sehingga tidak memerlukan struktur perangkap.

Penelitian dilakukan di lapangan *offshore* Cekungan Jawa Timur Utara sebagai *back arc basin* yang hingga saat ini telah menghasilkan sekitar 220 juta barel hidrokarbon. Pada Cekungan Jawa Timur Utara terdapat lebih dari satu batuan induk yang terdapat pada Formasi Ngimbang, Kujung II, Tawun, dan Tuban (Fahlevi, 2012). Cekungan ini menjadi salah satu cekungan hidrokarbon non konvensional yang berpotensi dimana terdapat kandungan *shale gas* sebesar 42 TCF (*trillion cubic feet*) (Agustiyar, 2021).

Eksplorasi dan produksi hidrokarbon *shale* akan sukses apabila perencanaan dan analisis data awal dilakukan dengan baik, salah satunya dengan cara melakukan analisis persebaran dan ketebalan *shale* menggunakan data seismik dan data log, sehingga dengan diketahuinya wilayah dengan ketebalan *shale* yang cukup besar diharapkan dapat menjadi acuan awal dalam pengembangan migas non konvensional pada Cekungan Jawa Timur Utara terkhusus pada wilayah *offshore*.

Metode geofisika yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode seismik dan metode *well logging*. Metode seismik adalah metode yang paling baik dalam memberikan gambaran kondisi di bawah permukaan. Metode ini memanfaatkan penjalaran gelombang seismik yang melewati material bumi. Gelombang seismik bisa berasal dari sumber buatan seperti pembangkit getaran dari alat *vibroiseis*, ledakan dinamit, dan sebagainya. Dari sumber tersebut dapat mengakibatkan terjadinya getaran di titik gelombang kemudian dipantulkan oleh reflector di bawah permukaan dan diterima oleh *geophone* sehingga menghasilkan rekaman dalam bentuk seismogram yang terdiri dari waktu tempuh dan kuat energi. Metode *well logging* adalah metode untuk mendapatkan data bawah permukaan seperti informasi litologi, perhitungan parameter petrofisika, penentuan jenis hidrokarbon di suatu zona target, dan sebagainya. Pada proses eksplorasi di suatu wilayah, metode seismik dilakukan untuk beberapa lintasan sedangkan metode *well logging* dilakukan di beberapa titik yang diduga mengandung hidrokarbon. Dengan melakukan pengikatan antara penampang seismik dan data sumur atau yang disebut

dengan *well seismic tie* dapat dilakukan interpretasi untuk mengetahui kondisi bawah permukaan secara lebih akurat dan luas (Nofriadel, 2013).

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan ketebalan *shale* pada Formasi Kujung dan Formasi Ngimbang di daerah non konvensional Lapangan *Offshore* Cekungan Jawa Timur Utara.
2. Memberikan informasi mengenai lokasi lapisan *shale* yang berpotensi sebagai target dalam pengembangan eksplorasi hidrokarbon non konvensional di Lapangan *Offshore* Cekungan Jawa Timur Utara.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data seismik yang digunakan berjumlah 29 *line* seismik dan 2 data sumur. Namun, pada sumur NP-2 terdapat keterbatasan data, yaitu tidak terdapat data *checkshot*.
2. Marker litologi yang digunakan dibatasi oleh *top shale* dan *bottom shale* untuk setiap formasi dalam penelitian ini.
3. Analisis petrofisika yang digunakan adalah *vsh* dan permeabilitas sebagai data validasi untuk *body* batuan *shale*.
4. Analisis penelitian berfokus pada ketebalan *shale* dan lokasi deposenter berdasarkan *isopach map*.

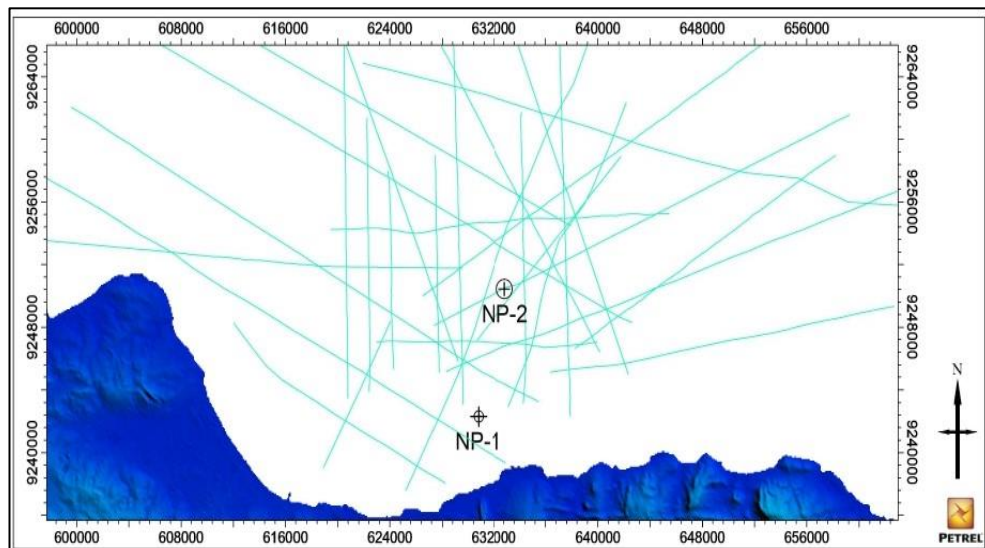
1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai lokasi lapisan *shale* yang tebal di Lapangan *Offshore* Cekungan Jawa Timur Utara yang digunakan sebagai acuan dalam melokalisir wilayah yang akan dijadikan target pengembangan migas non konvensional pada lapangan yang menjadi studi penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lokasi Daerah Penelitian

Cekungan Jawa Timur Utara adalah cekungan lepas pantai di Indonesia. Daerah penelitian berada di lapangan *offshore* (laut) Cekungan Jawa Timur Utara yang ditunjukkan pada Gambar 1.

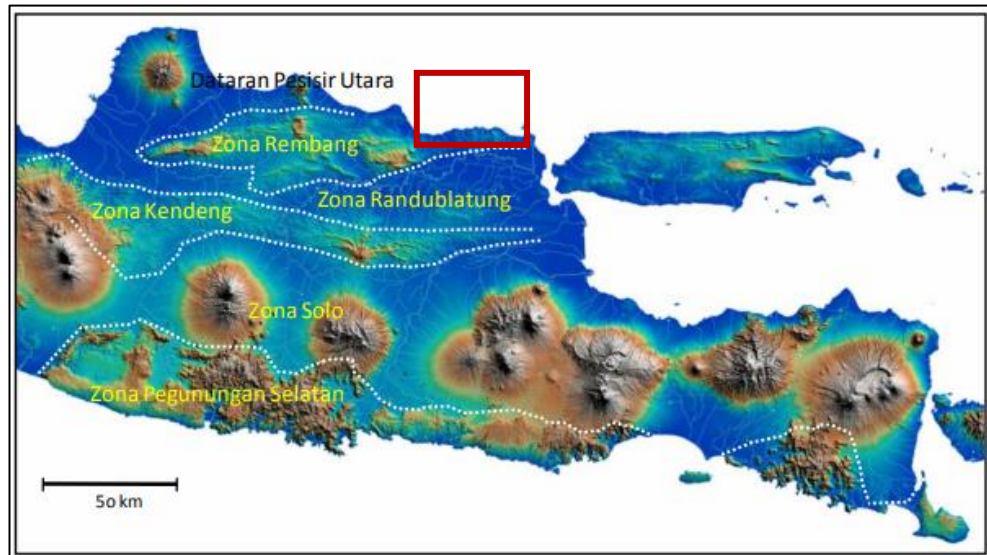


Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian

2.2 Fisiografi Cekungan Jawa Timur Utara

Secara geografis Cekungan Jawa Timur Utara terletak antara $110^{\circ}30'$ BT dan $6^{\circ}00'$ LS hingga $7^{\circ}30'$ LS (Koesoemadinata, 1980). Cekungan ini terbentuk pada Kala Eosen sebagai cekungan busur belakang yang telah berasosiasi dengan busur vulkanik pada bagian selatannya. Dimana, struktur pengontrol utama di cekungan ini adalah sesar mengiri (*sinistral*) akibat adanya sesar pra-tersier yang berarah baratdaya-timurlaut. Sesar mengiri ini terjadi akibat adanya subduksi muda lempeng Samudera Hindia ke bagian bawah Lempeng

Eurasia. Secara fisiografi, Cekungan Jawa Timur Utara dibagi menjadi beberapa zona, yaitu Zona Pegunungan Selatan, Zona Kendeng, Zona Randublatung, dan Zona Rembang (Bemmelen, 1994). Zonasi fisiografi Cekungan Jawa Timur Utara dapat dilihat pada Gambar 2.

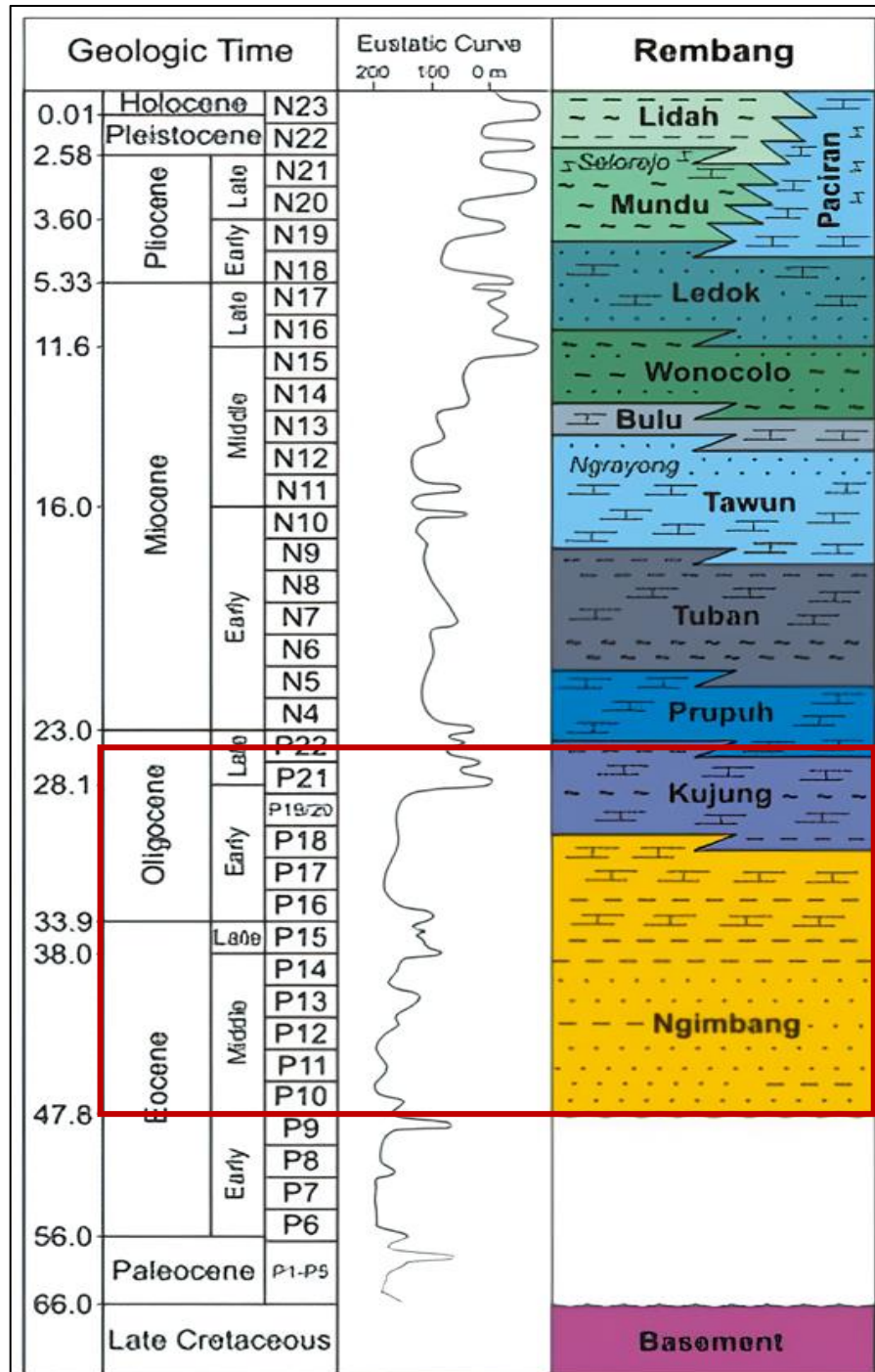


Gambar 2. Zonasi Fisiografi Cekungan Jawa Timur Utara (Husein, 2016)

Cekungan Jawa Timur Utara termasuk kedalam cekungan sedimen tersier yang terletak di antara dua tektonik utama, dimana pada arah selatan dibatasi oleh busur vulkanik yang ditandai oleh sederetan gunung berapi sedangkan di utara dibatasi oleh Paparan Sunda (Ringgis, 1985). Daerah penelitian ditunjukkan oleh kotak berwarna merah yang terletak di perairan Jawa Timur Utara yang masuk ke dalam Zona Rembang yang dicirikan adanya pegunungan yang telah mengalami perlipatan berbentuk anticlinorium yang memanjang pada arah barat-timur. Pegunungan lipatan ini memanjang mulai dari utara Purwodadi terus memanjang ke arah timur hingga Pulau Madura (Prihutama, 2018). Pada Zona Rembang terjadi proses denudasi atau proses pengikisan di permukaan bumi akibat proses penurunan batuan baik secara kimiawi ataupun fisik. Proses ini terjadi di sungai-sungai kecil yang langsung bermuara ke arah pesisir utara Pulau Jawa (Husein, 2016).

2.3 Stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara

Daerah penelitian termasuk ke dalam zona fisiografi Rembang. Stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara memiliki satuan stratigrafi tertua di atas batuan dasar, yaitu Formasi Ngimbang (Pringgoprawiro, 1983).



Gambar 3. Kolom Stratigrafi Zona Rembang di Cekungan Jawa Timur Utara (Husein, 2015)

2.3.1 Basement Zona Rembang

Batuan beku seperti basal andesit, gabro, dan tufa metamorf serta beberapa sedimen Pra-Tersier membentuk batuan dasar di Zona Rembang. Di bawah batuan Kenozoikum, batuan ini selalu berada dalam ketidakselarasan sudut (*angular unconformity*).

2.3.2 Formasi Ngimbang

Formasi Ngimbang berumur Eosen Tengah dan pada formasi ini terbagi menjadi dua bagian, pada umur Eosen Awal diendapkan Formasi Pra-Ngimbang yang terdiri dari batupasir dengan sisipan serpih, batulanau, dan batubara yang merupakan endapan *synrift* dan ditemukan di daerah Lepas Pantai Bali Utara dan Kangean Timur. Kemudian diendapkan secara tidak selaras untuk Formasi Ngimbang pada umur Eosen Tengah sampai Oligosen Awal yang terdiri dari batugamping perselingan serpih dan batupasir serta di bagian bawah terdiri dari perulangan batupasir, serpih, dan lanau disertai sisipan tipis batubara.

2.3.3 Formasi Kujung

Formasi Kujung diendapkan selaras diatas Formasi Ngimbang dengan formasi berumur Oligosen Awal hingga Oligosen Akhir. Formasi Kujung merupakan formasi tertua yang tersingkap di permukaan yang terdiri dari perlapisan batuan, yaitu batugamping, serpih, batupasir, dan sedimen konglomeratan dengan sisipan batubara. Formasi ini tersebar sepanjang Antiklin Kujung pada Tinggian Tuban dan diendapkan di lingkungan laut terbuka.

2.3.4 Formasi Prupuh

Formasi ini disusun oleh perselingan antara batugamping kapur, batugamping bioklastik yang kaya akan fosil *orbitoid*. Formasi ini berumur Oligosen Atas hingga Miosen Bawah dan menempati jalur

yang sempit dan memanjang pada Tinggian Tuban, mulai dari daerah Panceng di timur sampai Tuban di daerah barat.

2.3.5 Formasi Tuban

Formasi ini terdiri dari perlapisan batulempung dengan sisipan batugamping dengan umur formasi, yaitu Miosen Awal. Formasi Tuban diendapkan di lingkungan transisi hingga laut dalam. Formasi ini berpotensi menghasilkan migas non konvensional karena memiliki kandungan organik pada hidrokarbon serpih yang tinggi (Nugroho, 2016).

2.3.6 Formasi Tawun

Formasi Tawun diendapkan pada Awal hingga Miosen Tengah dan diendapkan di lingkungan paparan yang agak dalam di suatu laut terbuka. Formasi ini terdiri dari perselingan antara batulempung pasiran dengan batupasir dan batugamping yang kaya akan foraminifera golongan orbitoid.

2.3.7 Formasi Ngrayong

Formasi Ngrayong secara selaras terletak di atas Formasi Tawun yang berumur Miosen Tengah. Formasi ini tersusun atas litologi batupasir kuarsa berselingan dengan batulempung dan sisipan batugamping pasiran. Batupasir pada formasi ini memiliki ketebalan mencapai 300 m dan berfungsi sebagai reservoir utama untuk lapangan minyak di wilayah Cepu.

2.3.8 Formasi Bulu

Formasi Bulu tersebar luas di anticlinorium Rembang Utara dan cenderung menebal ke arah barat dengan ketebalan 300 m sedangkan di arah timur ketebalannya hanya 80 m. formasi ini berumur Miosen Tengah dan terendapkan di lingkungan laut dangkal. Formasi ini

terdiri dari kalkarenit berlempeng (*platy sandstones*) dengan sisipan napal pasiran.

2.3.9 Formasi Wonocolo

Formasi Wonocolo memiliki arah penyebaran yang cukup luas di Jalur Rembang dengan arah barat-timut. Pengendapan pada formasi ini terjadi di lingkungan paparan luar dan berumur Miosen Tengah – Awal. Formasi Wonocolo memiliki peningkatan ketebalan ke arah selatan mencapai 500 m dan terdiri dari napal pasiran yang berulang dengan napal disertai sisipan batugamping kalkarenit dan batulempung.

2.3.10 Formasi Ledok

Batuan penyusun dari formasi ini adalah batulempung abu-abu, napal, batulanau gampingan dengan sisipan tipis batugamping serta batupasir glaukonit. Formasi Ledok berumur Miosen Akhir dan diendapkan pada lingkungan neritic pinggir sampai neritic luar. Diperkirakan ketebalan Formasi Ledok mencapai 230 m.

2.3.11 Formasi Mundu

Formasi Mundu diendapkan di lingkungan laut terbuka dari *neritic* luar hingga *bathial* dan berumur Miosen Akhir – Pliosen. Formasi Mundu terletak selaras di atas Formasi Ledok dan tertindih secara selaras oleh Formasi Lidah di atasnya. Formasi ini terdiri dari napal masif berwarna abu-abu muda hingga putih kekuningan dengan kandungan foraminifera planktonik yang melimpah.

2.3.12 Formasi Selorejo

Formasi ini diendapkan pada Pliosen Akhir – Plistosen yang berkaitan dengan susut lau di Cekungan Jawa Timur Utara. Formasi ini tersusun oleh perselingan tipis antara foraminifera *grainstone* atau *packstone* dengan batugamping napalan dan batugamping pasiran. Terkadang

formasi ini dianggap sebagai anggota dari Formasi Mundu dan ketebalan satuannya mencapai 100 m.

2.3.13 Formasi Lidah

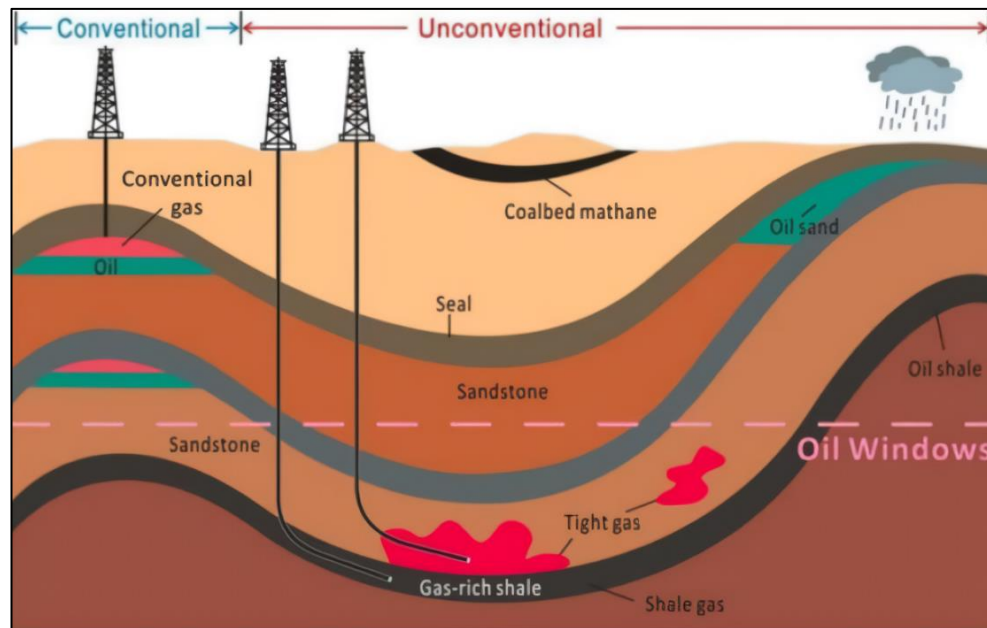
Formasi Lidah tersusun oleh batulempung yang berwarna kebiruan dan napal berlapis diselingi oleh batupasir. Berdasarkan kandungan fosilnya, diperkirakan umur formasi ini adalah Pliosen Atas – Plistosen Bawah yang diendapkan di lingkungan laut tertutup.

2.3.14 Formasi Paciran

Formasi Paciran tersebar di arah utara Zona Rembang dan formasi ini tersusun oleh batugamping masif yang merupakan batugamping terumbu lapuk dan bersifat dolomitan serta berfasies terumbu dengan organisme pembentuk terdiri dari ganggang, foraminifera, dan koral. Umur Formasi Paciran tidak dapat dipastikan sebab tidak mengandung fosil penunjuk. Namun, berdasarkan kedudukan stratigrafi yang menjemari dengan Formasi Mundu, maka diduga umur Formasi Paciran adalah Pliosen.

2.4 *Petroleum System Konvensional*

System minyak bumi merupakan sebuah system yang harus dimiliki oleh sebuah cekungan untuk berkumpul dan berakumulasinya suatu minyak bumi sehingga memungkinkan untuk terbentuknya hidrokarbon, bermigrasi, dan terperangkap di bawah permukaan sehingga nantinya dapat diproduksi.



Gambar 4. Skema *Petroleum System* Konvensional dan Non Konvensional (Zendeboudi & Bahadori, 2017)

Adapun *petroleum system* pada Cekungan Jawa Timur Utara menurut Mudjiono dan Pireno (2002) adalah sebagai berikut.

2.4.1 Batuan Induk

Batuan sedimen berbutir halus yang telah mengalami pematangan untuk menghasilkan minyak dan gas bumi serta kaya akan material organik sisa dari hewan dan tumbuhan. Pada Cekungan Jawa Timur Utara minyak berasal dari Formasi Ngimbang (Devi dkk., 2018). Dimana, pada Formasi Ngimng *source rock* terbentuk pada pertengahan Eosen (Pradono & Rakasiwi, 2018).

2.4.2 Batuan Reservoar

Batuan yang memiliki sifat *porous* atau berpori-pori dengan nilai porositas 10% - 30% dan *permeable* sebesar 50 – 500 *millidarcy* adalah batuan yang baik untuk menyimpan dan mengakumulasi hidrokarbon. Lapisan batupasir di Formasi Ngrayong sangat baik sebagai reservoar sebab memiliki nilai porositas > 35% dan permeabilitas sebesar 10 mD. Lapisan kelompok karbonat dari

Formasi Ngimbang terletak bagian atas dan batuan klastik (*limestone*) di Formasi Ngimbang bawah (Fatahillah dkk., 2016).

2.4.3 Batuan Tudung (*Seal Rock*)

Batuan yang bersifat *impermeable* yang berfungsi sebagai penyekat agar hidrokarbon yang terdapat di dalam reservoir tidak dapat keluar dan umumnya merupakan *shale* atau *tight limestone*. Batuan tudung di Cekungan Jawa Timur Utara merupakan jenis serpih tebal dari Formasi Tuban dengan ketebalan sebesar 500' – 1500'. Pada reservoir Kujung, Prupuh, Rancak, dan Ngrayong batuan tudung berasal dari serpih Tuban. Serpih akan menghalangi hidrokarbon yang terperangkap di bawahnya untuk keluar. Selain itu, terdapat juga serpih dari Formasi Ngimbang, Formasi Wonocolo, dan Formasi Mundu.

2.4.4 Migrasi

Migrasi adalah tempat berpindahnya minyak dan gas bumi dari batuan induk ke sebuah perangkap atau reservoir. Adapun jalur migrasi dapat berupa pori-pori batuan, rekahan, ataupun bidang antar lapisan batuan. Proses migrasi terbagi menjadi dua, yaitu migrasi primer dan sekunder. Pergerakan hidrokarbon keluar dari *source rock* menuju batuan reservoir disebut migrasi primer. Migrasi sekunder adalah pergerakan hidrokarbon dari suatu reservoir ke reservoir lainnya melalui patahan, dimana pada Cekungan Jawa Timur Utara terjadi setelah Plio-Pleistosen dimana hidrokarbon yang terperangkap pada reservoir karbonat Kujung-Tuban akibat pengaruh aktivitas tektonik dan perubahan konfigurasi kemiringan lapisan batuan sehingga akhirnya bermigrasi kembali ke reservoir batupasir Ngrayong, Wonocolo, Ledok, dan Lidah.

2.4.5 Perangkap (*Trap*)

Sebuah lapisan atau struktur dengan bentuk geometris yang memerangkap minyak dan gas hingga terakumulasi di dalam reservoir. Cekungan Jawa Timur Utara memiliki perangkap struktur dan stratigrafi yang terbentuk pada Kala Meosen, yaitu struktur *uplift* yang terjadi pada masa Miosen Awal hingga Miosen Akhir dan *carbonate build up* pada masa Oligosen Akhir hingga Miosen Awal dan.

2.5 *Petroleum System Non Konvensional*

Migas non konvensional atau MNK adalah minyak dan gas bumi yang terbentuk dan terperangkap pada batuan reservoir berbutir halus dan memiliki nilai permeabilitas yang rendah. Hidrokarbon non konvensional umumnya terakumulasi di reservoir yang memiliki kualitas sangat buruk (Zhang dkk., 2016). Hal ini disebabkan oleh batuan yang berperan sebagai reservoir adalah *shale* yang memiliki pori yang tidak saling berhubungan dan memiliki nilai porositas efektif dibawah 10%. *Petroleum system* non konvensional memiliki sifat yang sangat unik sebab seluruh system berada langsung di dalam batuan induk yang kaya material organik (Katz dkk., 2021). Batuan induk pada MNK berupa *shale* yang disertai *tight* laminasi dari *siltstone* atau *sandstone* sehingga disebut sebagai *shale* hidrokarbon sebab masih berada pada formasi yang didominasi *shale* (Lemigas, 2020). *Shale* berperan sebagai *source rock* dan *trap* karena permeabilitasnya yang rendah. Jika dari ke lima elemen *petroleum system* migas konvensional ditemukan pada satu lokasi yang sama, maka dapat disebut sebagai sumber migas non konvensional.

Menurut Katz dkk. (2021), berdasarkan hubungan antara *source rock* dan reservoirnya *petroleum system* nonkonvensional terbagi menjadi tiga jenis, yaitu model masif merupakan sebuah model yang menggambarkan kondisi dimana hidrokarbon tertahan secara masif di batuan induk dan hanya bermigrasi sebagai hasil dari “tetesan” pinggiran batuan induk. Reservoir terletak di antara dua *source rock* yang berkembang secara baik disebut model

sandwich. Proses migrasi berjalan lebih mudah ketika kondisi reservoir dan *source rock* saling tumpang tindih dan model ini disebut model tumpang tindih.

III. TEORI DASAR

3.1 Metode *Well Logging* serta Variasi Data Sumur

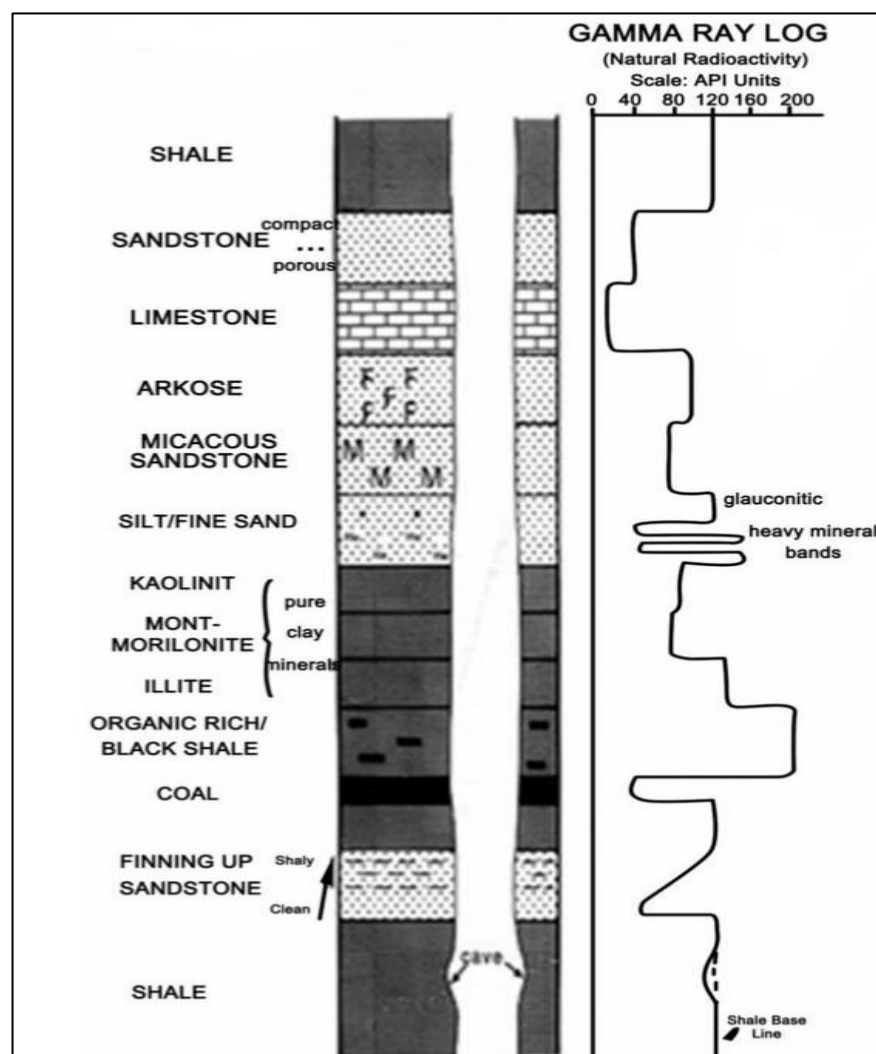
Well logging adalah metode yang menggunakan alat ukur yang dimasukkan ke dalam lubang sumur untuk mendapatkan data bawah permukaan dan mengidentifikasi ciri-ciri batuan di bawah permukaan (Schlumberger, 1989). Data log mempunyai resolusi yang lebih baik dan detail mengenai respon bawah permukaan dibandingkan metode seismik, sehingga data sumur dijadikan data pengontrol untuk identifikasi batuan bawah permukaan (Utami, 2017). Parameter yang diukur dalam sumur ditampilkan dalam rangkaian kurva yang menghasilkan grafik kedalaman. Kemudian jenis dan urutan litologi serta keberadaan hidrokarbon dalam suatu formasi akan diinterpretasi (Harsono, 1997). Adapun tujuan metode log adalah mengukur parameter sifat fisik (potensial listrik batuan, tahanan jenis batuan, kecepatan rambat gelombang elastic, radioaktif, kerapatan formasi (densitas) dan kekompakan formasi) dari suatu formasi di setiap kedalaman secara kontinyu di sumur pemboran (Dwinanda, 2017). Selain itu, akan didapatkan informasi berupa pengukuran parameter petrofisika seperti porositas, resistivitas, volume *shale*, permeabilitas, dan saturasi atau kejenuhan hidrokarbon (Kumalasari, 2018).

Adapun jenis data log yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

3.1.1 Log Gamma Ray

Log gamma ray bertujuan untuk merekam dan mengukur sifat radioaktif dari batuan karena unsur radioaktif seperti Uranium, Thorium, dan Potassium akan memancarkan gelombang radiasi tinggi dari unsur radioaktif yang terkandung dalam batuan (Harsono, 1997). Umumnya log ini digunakan sebagai justifikasi awal dalam

menentukan lapisan *permeable* dan *impermeable*, mengetahui jenis litologi, dan mengetahui kandungan serpih (*vshale*). Dimana, unsur radioaktif lebih banyak di dalam *shale* dan tidak banyak terdapat di batuan karbonat atau batupasir. Pada lapisan yang mengandung batupasir dan batuan karbonat umumnya ditandai dengan nilai GR yang rendah sekitar ≤ 60 API sedangkan untuk lapisan yang mengandung *shale* memiliki nilai GR yang lebih tinggi sebesar ≥ 60 API (Mijili & Mulibo, 2018). Gambar 5 adalah respon log gamma ray.

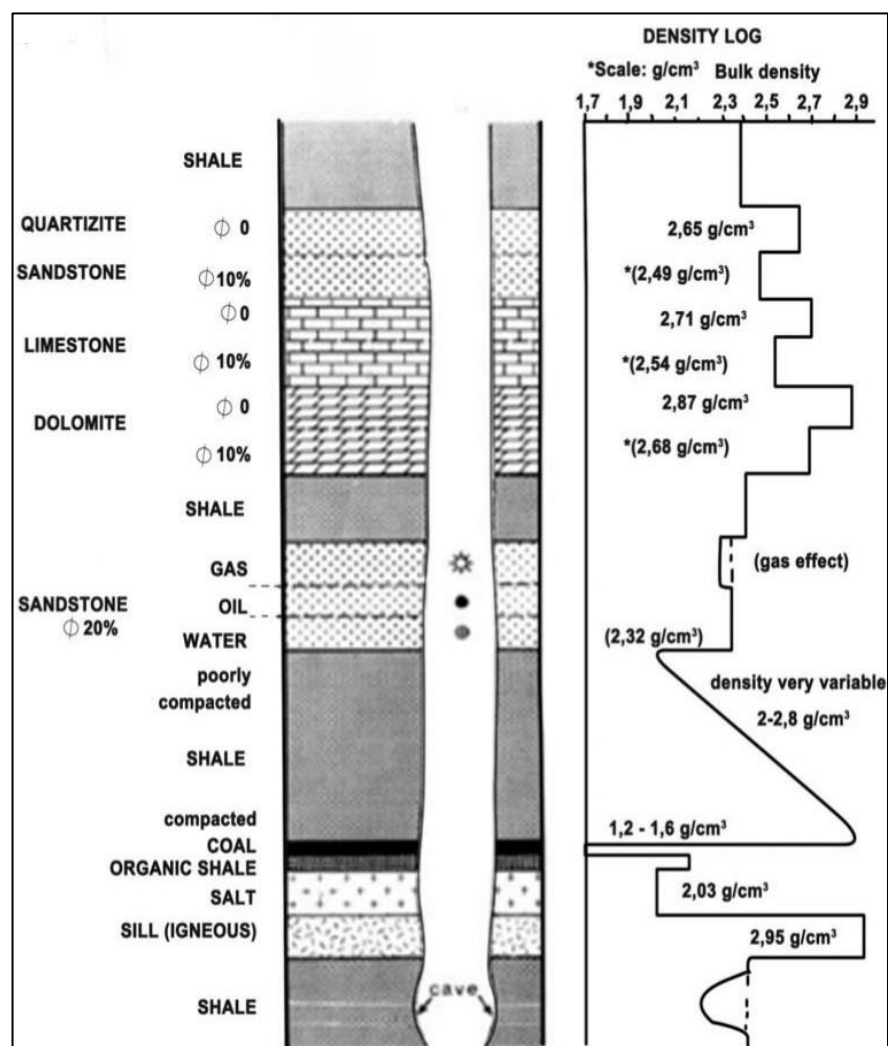


Gambar 5. Respon Log Gamma Ray (Rider, 2002)

3.1.2 Log Densitas

Log densitas digunakan untuk mengukur densitas batuan disepanjang lubang bor. Densitas yang diukur adalah densitas keseluruhan dari

matriks batuan dan fluida yang terdapat pada pori-pori batuan. Adapun prinsip kerja log ini adalah dengan memancarkan sinar gamma dari sumber radiasi sinar gamma yang diletakkan pada dinding lubang bor. Densitas formasi mempengaruhi intensitas sinar gamma yang dipantulkan (Dewan, 1983). Log ini juga digunakan untuk menentukan berat jenis hidrokarbon yang mengisi pori batuan menemukan lapisan yang mengandung gas. Gambar 6 adalah kurva respon log densitas.



Gambar 6. Respon Log Densitas (Rider, 2002)

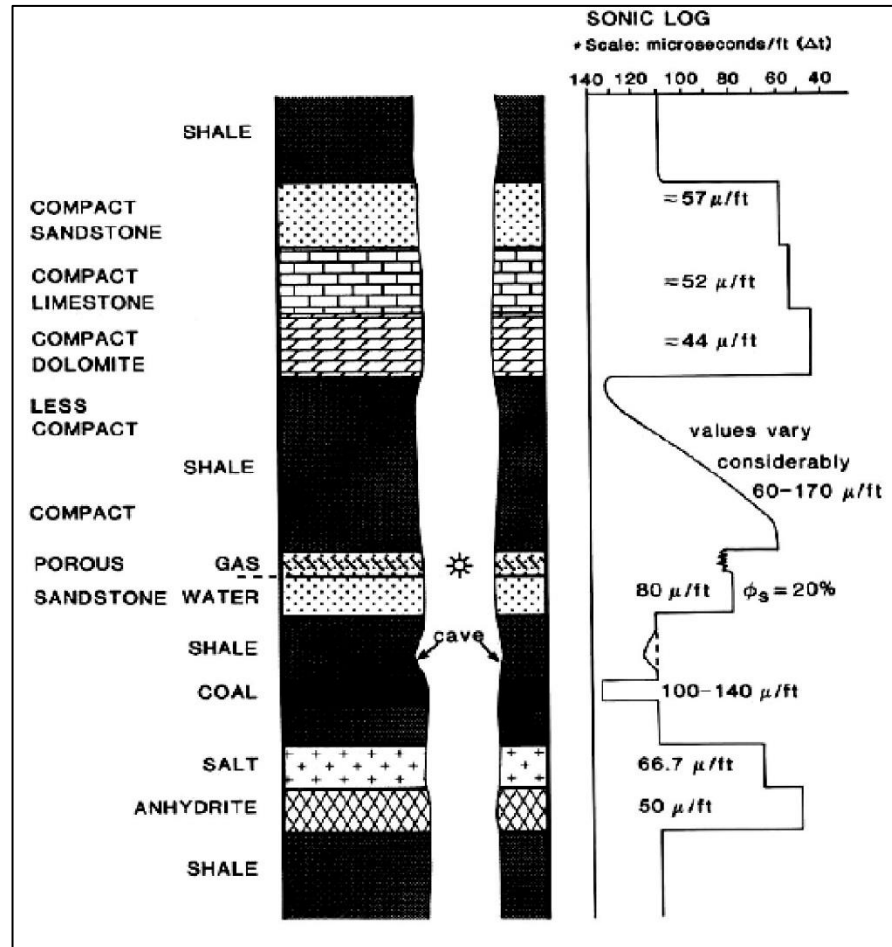
Log densitas juga digunakan untuk menentukan porositas dengan mengukur densitas bulk batuan, yaitu densitas keseluruhan dari batuan yaitu bagian fluida dan solid batuan yang terukur oleh alat densitas

log. Tinggi rendahnya nilai densitas batuan dipengaruhi oleh porositas dan jenis kandungan yang ada didalamnya serta kekompakan batuan. Hal ini disebabkan karena kekompakan batuan akan dipengaruhi oleh besarnya porositas. Semakin tinggi nilai densitas batuan menunjukkan kekompakan batuan yang besar.

3.1.3 Log Sonik

Waktu pada saat kecepatan suara dipancarkan ke dalam formasi sampai diterima kembali oleh *receiver* akan dicatat oleh log sonik. Prinsip kerja log sonik adalah menggunakan gelombang suara yang dikirimkan oleh pemancar (*transmitter*) dan dihitung selang waktu rambatan (ΔT) sampai di alat penerima. Interval waktu rambatan adalah waktu yang dibutuhkan oleh gelombang suara kompresional untuk menembus kedalaman 1 kaki dari formasi yang ditembusnya (Dwinanda, 2017). Dimana ΔT bergantung pada litologi, porositas, dan kandungan pori serta berbanding terbalik dengan kecepatan gelombang suara. Menurut Rosyidan (2015) porositas batuan, jenis litologi, dan jenis fluida batuan mempengaruhi seberapa cepat bunyi merambat melalui batuan. Log ini juga berguna sebagai informasi utama korelasi dan kalibrasi data log dengan seismik. Log ini memiliki besaran $\mu s/ft$ atau $\mu s/m$ dengan skala berkisar 140 – 40 $\mu s/ft$ (Zain, 2012).

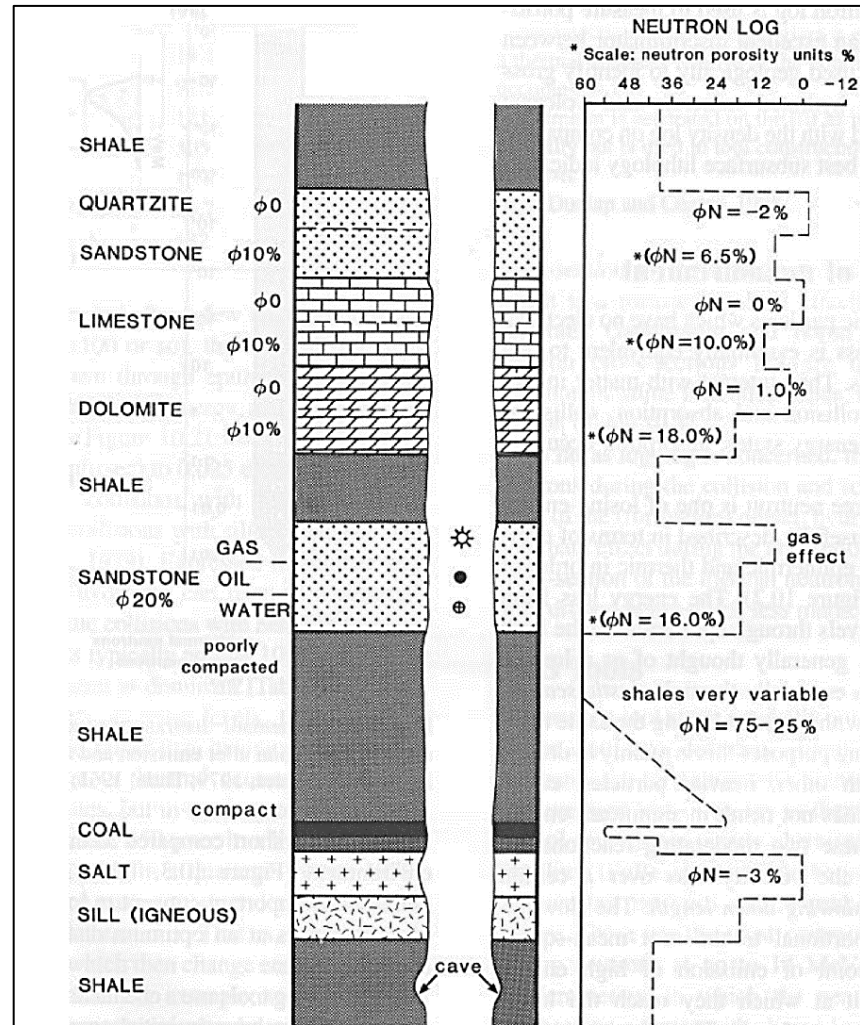
Dalam interpretasi seismik digunakan untuk menentukan *interval velocities* dan *velocity profile*. Log ini digunakan juga untuk melengkapi data pada *synthetic seismograms*, untuk dikalibrasi dengan penampang seismic, untuk mendertiminasi variasi tekstur dari lapisan pasir – *shale*, dan mengidentifikasi rekahan (*fractures*). Kecepatan sonik dapat menerjemahkan domain kedalaman ke dalam domain waktu. Namun, log sonik masih memerlukan data kecepatan lain seperti data *checkshot* yang domainnya dalam waktu (TWT) dalam proses *well seismic tie* (Febridon, 2018).



Gambar 7. Respon Log Sonik (Rider, 2002)

3.1.4 Log Neutron

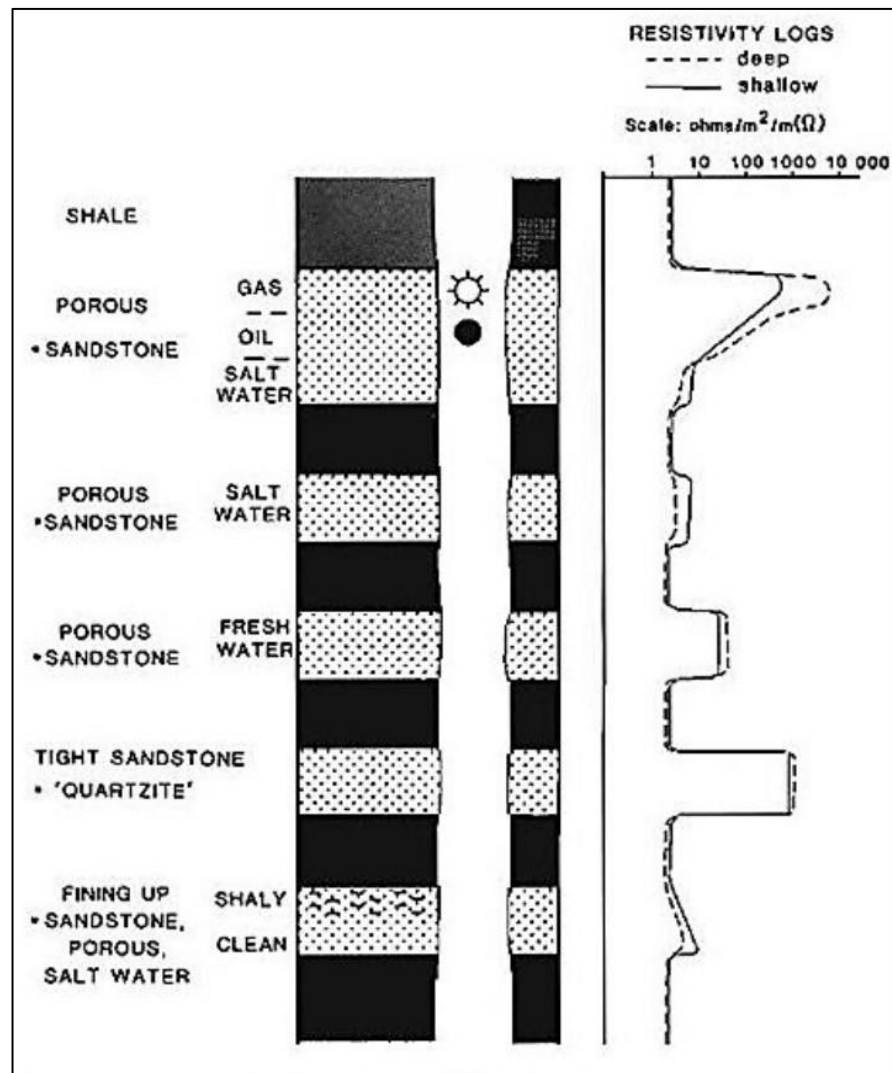
Log neutron digunakan untuk membedakan formasi yang porous dan mendeterminasi porositasnya dengan menembakan atom neutron ke formasi dengan energi yang tinggi untuk mendeteksi kandungan atom hidrogen yang terdapat di formasi batuan. Log neutron mengukur kandungan hidrogen yang terdapat pada pori-pori batuan. Indeks hidrogen dan kandungan hidrogen yang tinggi dikaitkan dengan batuan yang lebih berpori. Tetapi karena log neutron tidak dapat membedakan antara atom hidrogen yang terikat secara kimiawi dengan mineral yang membentuk batuan seperti *shale* dan atom hidrogen yang bebas di pori-pori batuan, maka respon lognya pada lapisan yang mengandung banyak serpih akan menunjukkan lapisan tersebut memiliki porositas tinggi (Harsono, 1997).



Gambar 8. Respon Log Neutron (Rider, 2002)

3.1.5 Log Resistivitas

Log resistivitas mengukur kemampuan suatu batuan untuk melewatkan arus listrik yang mengalir melalui batuan tersebut. Log ini digunakan karena batuan, fluida, dan hidrokarbon di dalam bumi memiliki nilai resistivitas tertentu. Resistivitas menurun seiring dengan meningkatnya jumlah air dalam pori dan sebaliknya akan meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah hidrokarbon dalam pori. Hal ini dikarenakan hidrokarbon bersifat non konduktif seperti matriks dan butiran yang dianggap tidak efisien dalam menghantarkan arus listrik, maka kemampuan batuan untuk menghantarkan listrik berkaitan dengan jumlah air (konduktif) di dalam pori-pori (Nukefi, 2007).



Gambar 9. Respon Log Resistivitas (Rider, 2002)

3.2 Volume *Shale*

Volume *shale* adalah kandungan *shale* yang terdapat pada suatu formasi batuan. *Shale* bersifat *impermeable* yaitu sebagai penghambat suatu batuan untuk mengalirkan fluida. Dimana, semakin banyak jumlah *shale* di dalam suatu batuan, maka kemampuan untuk menghambat fluida tersebut semakin besar sehingga hidrokarbon yang terdapat didalamnya akan terperangkap dan tidak bisa keluar. Dengan sifat ini, nilai *shale* yang besar kurang baik untuk sebuah zona reservoir (Harsono, 1997). Akan tetapi, akan menjadi baik bila target penelitian adalah *source rock* sebab *source rock* merupakan batuan yang kaya akan material organik dan batuan yang berperan sebagai *source rock* ini adalah *shale*. *Shale* adalah batuan yang mengandung material organik yang melimpah, dimana ketika proses pengendapan sedimen halus terakumulasi

oleh material organik seperti tumbuhan, fosil hewan laut, dan alga dan ketika endapan tersebut tertimbun dan terpanaskan dalam waktu yang lama dapat menghasilkan minyak dan gas bumi.

Perhitungan volume *shale* menggunakan nilai pembacaan log gamma ray dan menggunakan metode linier menurut Atlas (1979) yang ditunjukkan oleh Persamaan 1.

$$V_{sh} = IGR \quad (1)$$

$$IGR = \frac{Gr_{log} - Gr_{min}}{Gr_{max} - Gr_{min}} \quad (2)$$

Dimana:

V_{sh} : volume *shale*

IGR : indeks gamma ray

Gr_{log} : nilai log gamma ray pada kedalaman tertentu (API)

Gr_{max} : nilai log gamma ray pada maximum (*shale/clay*)

Gr_{min} : nilai log gamma ray pada minimum (*sandstone/limestone*)

Jika target penelitian adalah reservoir dengan batuan *permeabel*, maka nilai volume *shale* yang baik adalah $< 35\%$ (Anastasya, 2015). Namun, karena penelitian ini targetnya adalah *shale*, maka nilai volume *shale* yang baik adalah $> 35\%$.

3.3 Permeabilitas (K)

Permeabilitas adalah suatu kemampuan mengalirkan fluida melalui pori batuan. Permeabilitas dikontrol oleh ukuran butir batuan, dimana batuan yang berbutir besar dengan pori besar akan memiliki nilai permeabilitas yang tinggi, sedangkan batuan berbutir halus dengan pori kecil memiliki nilai permeabilitas yang rendah. Dalam ukuran produksi nilai permeabilitas 1000 md dinyatakan sebagai permeabilitas tinggi dan 1.0 md dinyatakan sebagai permeabilitas rendah (Koesoemadinata (1980). Menurut Abdelfattah dkk. (2015) estimasi nilai permeabilitas untuk non konvensional, yaitu untuk gas $< 0,1$ mD dan untuk minyak < 1 mD.

Timur (1968) mengembangkan formula empiris untuk perhitungan nilai permeabilitas yang terdistribusi pada data log, yaitu:

$$K = 8581 \frac{\phi^{4.4}}{S_w^2} \quad (3)$$

Keterangan:

K: Permeabilitas (md)

ϕ : Porositas

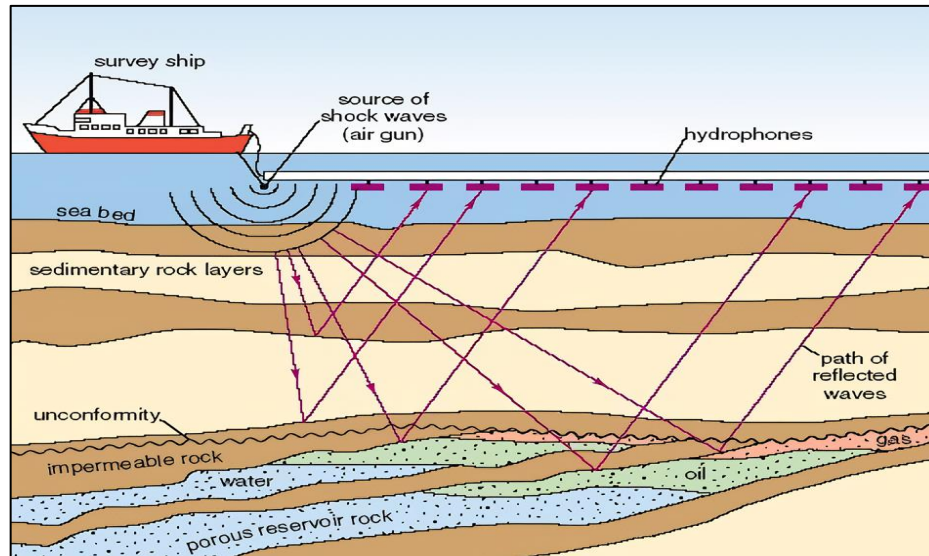
S_w : Saturasi air

Tabel 1. Klasifikasi Nilai Permeabilitas Batuan (Rider, 1996)

Nilai Permeabilitas (md)	Deskripsi Kualitatif
< 10,5	Sangat buruk
11-15	Buruk
15-50	Sedang
50-250	Baik
250-1000	Sangat baik
>1000	<i>Excellent</i>

3.4 Metode Seismik Refleksi

Metode seismik adalah metode yang didasari oleh pengukuran gelombang elastic dari bawah permukaan yang direfleksikan sepanjang lapisan tanah atau batuan. Prinsip kerja metode ini adalah dengan menempatkan beberapa *geophone* pada titik penelitian sebagai penerima respon (Munadi, 2002). Sumber getaran yang ditimbulkan dapat berasal dari sumber buatan, yaitu ketukan palu, ledakan dinamit, atau pembangkit getaran dari alat *vibroseis*. Sumber tersebut akan menimbulkan getaran yang menyebar ke segala arah dan akan diterima oleh *geophone* sehingga menghasilkan rekaman berbentuk waktu tempuh atau *travel time* gelombang pantul (Nofriadel, 2013). Dari data tersebut akan memberikan informasi berupa kecepatan rambat gelombang pada suatu lapisan batuan dan fluida bawah permukaan, dimana variable yang dimanfaatkan pada gelombang seismik adalah frekuensi, amplitudo, dan fasa gelombang.



Gambar 10. Konsep Seismik Refleksi

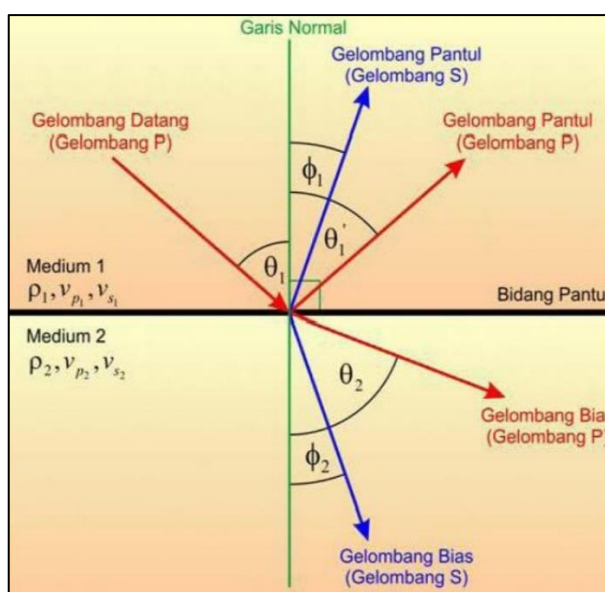
Metode seismik refleksi adalah metode yang merekam penjaralan gelombang seismik yang dipantulkan dari batas antara kedua buah medium batuan. Metode ini menggunakan gelombang elastis yang dipancarkan oleh sumber getar. Di darat biasanya menggunakan ledakan dinamit, sedangkan di laut menggunakan *air gun*, *boomer*, atau *sparker*. Dari ledakan tersebut akan menghasilkan gelombang yang menembus suatu kelompok batuan bawah permukaan dan akan dipantulkan kembali melalui bidang reflector berupa batas perlapisan batuan (Sanjaya, 2014). Gelombang akan diterima oleh *geophone* atau *hydrophone* kemudian akan di rekam oleh seismogram. Hasil gelombang seismik yang terekam oleh *receiver* akan memberikan informasi mengenai keberadaan litologi dan fluida bawah permukaan dalam bentuk waktu tempuh (*travel time*).

3.5 Hukum Gelombang Seismik

3.5.1 Hukum Snellius

Gelombang seismik pada medium berlapis sama seperti bumi, dimana gelombang akan melakukan penjaralannya mengikuti prinsip Snellius. Dimana, ketika gelombang seismik datang pada bidang batas antara dua lapisan yang memiliki sifat fisis dan litologi yang berbeda, maka sebagian energinya akan terpantulkan. Apabila dalam penjaralannya

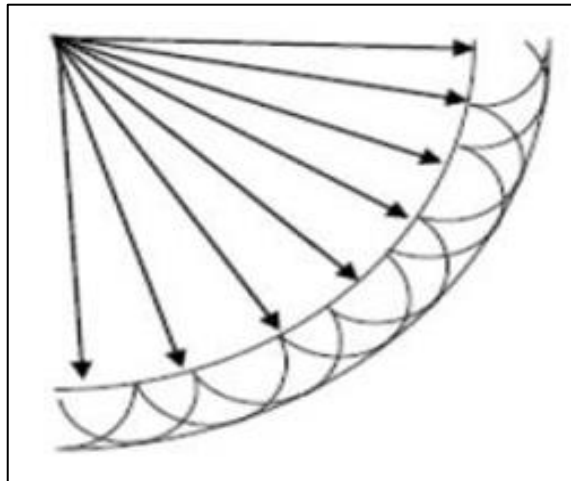
gelombang seismik menumbuk bidang batas antara dua medium yang memiliki sifat fisis yang berbeda, maka gelombang tersebut akan terefleksikan sebagian ke permukaan dan sebagian diteruskan merambat ke bawah permukaan (Sherrif dan Gendart, 1995). Pada Gambar 11, apabila gelombang P datang mengenai permukaan bidang batas antara dua medium yang berbeda, maka sebagian energi gelombang tersebut akan dipantulkan sebagai gelombang P dan S serta Sebagian lagi akan dibiaskan menjadi gelombang P dan gelombang S. Gelombang yang terpantul akan mengikuti hukum pemantulan gelombang, yaitu prinsip Snellius dimana gelombang akan terpantul dengan sudut pantul yang sama dengan sudut datangnya.



Gambar 11. Pemantulan dan Pembiasan Gelombang (Sukmono, 1999)

3.5.2 Hukum Huygens

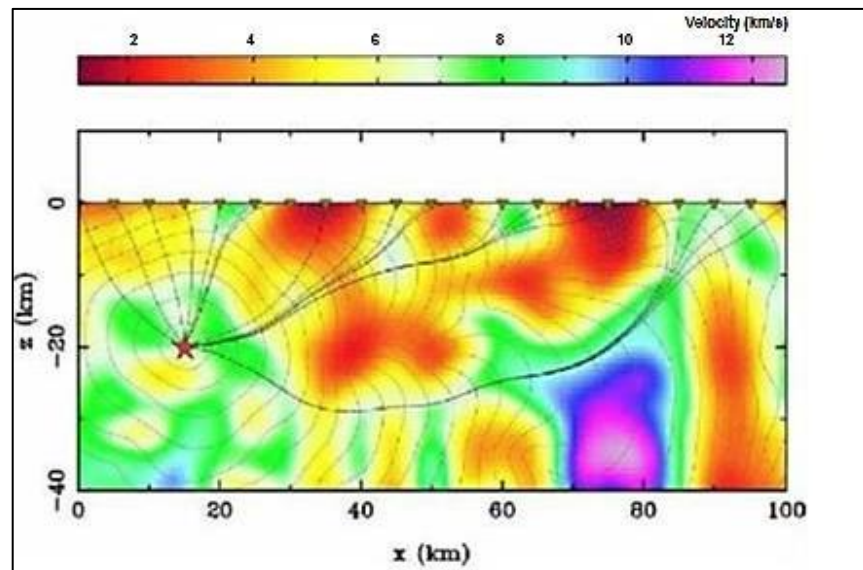
Menurut Hukum Huygens, gelombang merambat secara bola ke segala arah dari titik sumber gelombang. Hukum ini menyatakan bahwa setiap titik pengganggu di depan muka gelombang utama (dapat berupa patahan, rekahan, antiklin) akan menghasilkan gelombang baru. Gelombang baru ini dikenal sebagai gelombang difraksi dan energi totalnya akan sama dengan energi utama.



Gambar 12. Prinsip Huygens (Asparini, 2011)

3.5.3 Prinsip Fermat

Prinsip Fermat menyatakan bahwa suatu gelombang akan merambat dari satu titik ke titik yang lain dan akan memilih lintasan dengan waktu tersingkat atau minimum. Oleh karena itu, jika gelombang melewati suatu medium yang memiliki variasi kecepatan gelombang seismik, maka gelombang tersebut akan cenderung melalui zona dengan kecepatan tinggi (Gadallah dan Fisher, 2009). Prinsip *Fermat* digunakan dalam menentukan lintasan sinar dari satu titik ke titik yang lain, yaitu lintasan dengan waktu tempuh minimum sehingga dapat dilakukan penelusuran jejak sinar yang telah merambat di dalam medium yang sangat membantu dalam menentukan posisi reflektor di bawah permukaan.



Gambar 13. Prinsip Fermat (Abdullah, 2007)

3.6 Impedansi Akustik

Impedansi akustik (*acoustic impedance* / AI) adalah kemampuan suatu batuan dalam melewatkan gelombang seismik yang melaluinya. AI dianalogikan berbanding lurus dengan kekerasan batuan dan berbanding terbalik dengan porositas suatu batuan (Sukmono, 2000). Gelombang primer atau gelombang kompresi dikalikan dengan densitas batuan akan menghasilkan AI. Dapat disimpulkan bahwa kekerasan batuan meningkatkan nilai impedansi akustik batuan. Sebagai gambaran, batulempung memiliki nilai AI yang lebih rendah dibandingkan dengan batupasir sebab batupasir lebih kompak daripada batulempung. Dalam menghitung impedansi akustik batuan dapat menggunakan Persamaan 4.

$$AI = \rho v \quad (4)$$

Dimana, AI adalah nilai impedansi akusti, ρ adalah densitas batuan (gr/cc), dan v adalah kecepatan (ft/s). Dalam menentukan nilai AI, kecepatan memiliki peran yang lebih penting daripada densitas sebab porositas batuan yang terisi oleh fluida akan mempengaruhi kecepatan gelombang daripada nilai densitas batuan (Dwinanda, 2017).

3.7 Koefisien Refleksi

Koefisien refleksi merupakan cerminan dari bidang batas media yang memiliki nilai AI yang berbeda atau ketika terdapat dua lapisan batuan yang saling berbatasan, maka refleksi gelombang seismik dapat terjadi di bidang batas antara kedua lapisan (Sukmono, 2002). Koefisien refleksi dapat dinyatakan dalam Persamaan 5:

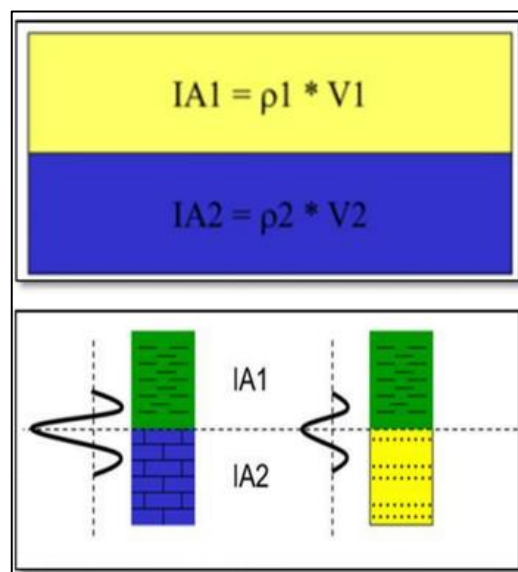
$$KR = \frac{AI_2 - AI_1}{AI_2 + AI_1} \quad (5)$$

Dimana:

KR : koefisien refleksi

AI_1 : impedansi akustik lapisan atas

AI_2 : impedansi akustik lapisan bawah



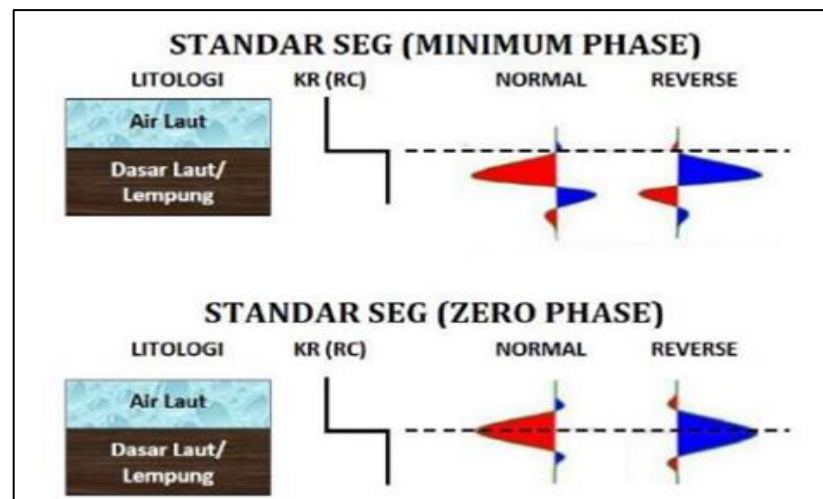
Gambar 14. Koefisien Refleksi (Delisatra, 2012)

Pada Gambar 14 dijelaskan mengenai hubungan AI dengan nilai koefisien refleksi. Nilai koefisien refleksi positif bila nilai impedansi akustik pada AI_2 lebih tinggi dari AI_1 atau jika gelombang merambat dari batuan dengan nilai densitas atau kecepatan yang rendah ke batuan dengan nilai densitas atau kecepatan yang lebih besar. Semakin besar kontras AI, semakin kuat refleksi yang dihasilkan, maka semakin besar juga amplitudo (Sukmono, 1999).

3.8 Polaritas dan Fasa

Gambaran koefisien refleksi sebagai bentuk suatu gelombang yang bernilai positif ataupun negatif disebut polaritas (Haq, 2009). Terdapat dua jenis pendekatan bentuk polaritas, yaitu polaritas normal dan polaritas terbalik. Hal ini disebabkan oleh terdapatnya ketidakpastian dari bentuk gelombang seismik yang direkam. Menurut SEG (*Society of Exploration Geophysicists*) polaritas normal didefinisikan sebagai:

- Batas refleksi berupa *trough* di penampang seismik, jika nilai impedansi akustik lapisan bawah memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan impedansi akustik lapisan di atasnya.
- Batas refleksi berupa *peak* di penampang seismik, jika nilai impedansi akustik lapisan bawah memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan impedansi akustik lapisan di atasnya.



Gambar 15. Polaritas dan Fasa

Fasa minimum dan fasa nol adalah dua bagian dari fasa seismik. Fasa minimum adalah fasa dengan energi yang terkonsentrasi di awal, sedangkan fasa nol tersusun dari puncak utama dan dua *side lobes* dengan tanda berlawanan dengan amplitudo utama dan lebih kecil serta batas koefisien refleksi terletak pada puncak.

3.9 Wavelet

Menurut Sismanto (2006), *wavelet* adalah gelombang harmonik dengan interval amplitude, frekuensi, dan fasa. Berdasarkan fasa gelombangnya, *wavelet* terbagi menjadi 4 jenis dengan letak konsentrasi energi yang berbeda, yaitu (Suprajitno, 2000):

a. *Zero phase wavelet*

Jenis *wavelet* ini disebut sebagai *wavelet* simetris dan lebih baik dari *wavelet* lain karena memiliki amplitude spektrum yang sama. *Wavelet* fasa nol memiliki konsentrasi yang maksimum sebab amplitudo atau konsentrasi energi maksimum terdapat di tengah dan mempunyai waktu tunda nol.

b. *Maximum phase wavelet*

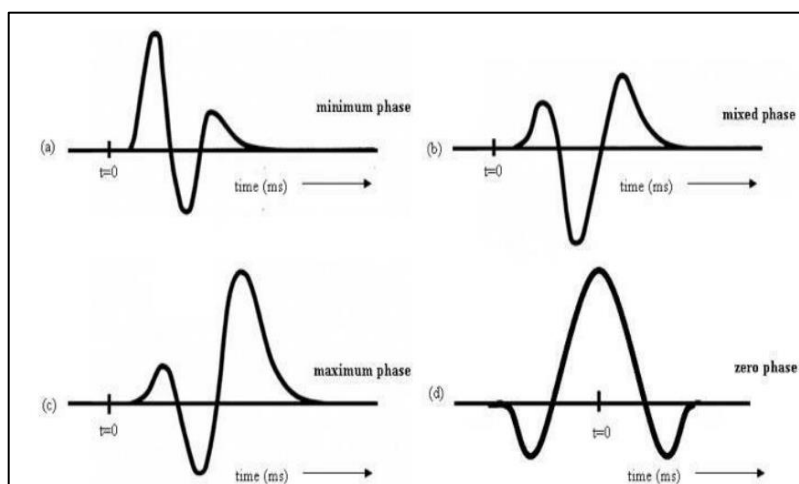
Wavelet jenis ini merupakan kebalikan dari *wavelet* minimum, dimana energinya terpusat maksimal dibagian akhir dari *wavelet* tersebut.

c. *Minimum phase wavelet*

Wavelet ini memiliki pergeseran atau perubahan fasa terkecil di tiap frekuensinya dan memiliki energi yang terdapat pada bagian depan serta dalam terminasi waktu memiliki waktu tunda.

d. *Mixed phase wavelet*

Wavelet yang memiliki energi yang tidak terkonsentrasi di kedua bagian baik di depan ataupun di belakang.



Gambar 16. Jenis Wavelet (Sukmono, 1999)

Dalam pembuatan seismogram sintetik, terdapat beberapa jenis proses ekstraksi *wavelet* yang dapat digunakan, yaitu:

a. *Wavelet ricker*

Wavelet diekstraksi berdasarkan dominan data seismik.

b. *Wavelet bandpass*

Wavelet diekstraksi dengan melakukan pengaturan frekuensi, yaitu nilai *low pass*, *low cut*, *high pass*, dan *high cut*.

c. *Wavelet statistical*

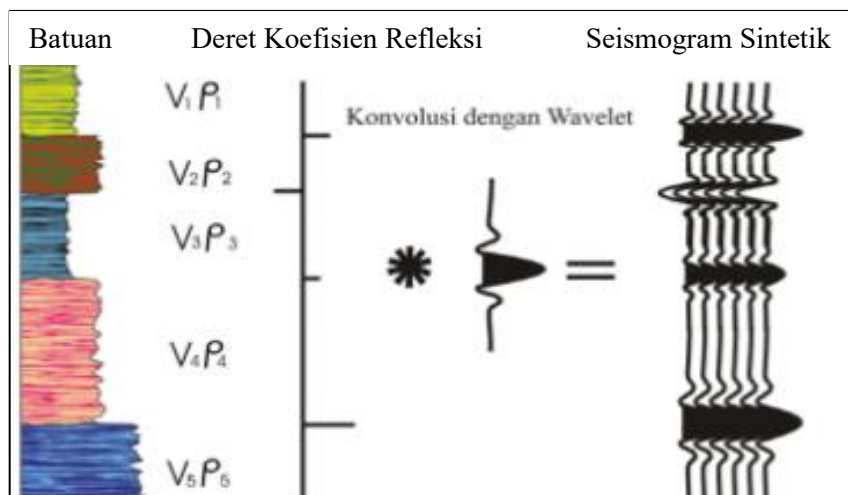
Wavelet diekstraksi dari data seismik di sekitar daerah zona target.

d. *Wavelet use well*

Wavelet diekstraksi di sekitar lokasi sumur.

3.10 Seismogram Sintetik

Seismogram sintetik adalah model data seismic buatan yang telah direkam dan dibuat dari data log sonic dan log densitas. Fungsi koefisien refleksi yang dibuat dengan mengalikan kedua data log ini dengan *wavelet* akan digunakan untuk membuat seismogram sintetik di area sumur. Seismogram sintetik digunakan untuk mengikat data sumur dan data seismik. Dimana, pada data seismik berada dalam domain waktu (TWT) sedangkan data sumur dalam domain kedalaman (*depth*) sehingga dilakukan langkah awal sebelum dilakukan pengikatan, yaitu melakukan konversi data sumur ke dalam domain waktu dengan membuat seismogram sintetik dari sumur. Seismogram sintetik dibuat untuk mengkorelasikan antara informasi sumur seperti litologi, kedalaman, umur, dan sifat fisis lainnya terhadap data seismik (Dwinanda, 2017).



Gambar 17. Pembuatan Seismogram Sintetik (Sukmono, 1999)

3.11 Well Seismik Tie

Sebuah proses yang dilakukan untuk mengikat data sumur dengan data seismik. Proses pengikatan ini dilakukan untuk menyamakan domain antara data sumur yang masih memiliki domain kedalaman dengan data seismik yang memiliki domain dalam waktu, sehingga nantinya *horizon* pada data seismik telah berada di kedalaman yang tepat seperti pada data sumur. Proses pengikatan ini menggunakan data log sonik dan densitas serta data *checkshot*. Perkalian dari data log sonik dan log densitas akan membentuk koefisien refleksi yang selanjutnya dikonvolusikan dengan *wavelet* yang telah di ekstrak untuk menghasilkan sintetik seismogram (Ryka, 2021). Proses *well seismik tie* dilakukan hingga mendapatkan nilai koefisien refleksi yang baik, yaitu mendekati 1 dengan melakukan proses penggeseran untuk menempatkan *event reflector* seismik pada kedalaman yang sebenarnya (Latifah, 2019).

3.12 Picking Horizon

Pada tahap ini dilakukan proses dengan membuat garis *horizon* pada suatu kemenerusan lapisan pada penampang seismik yang dianggap sebagai zona target yang memiliki ketidakterusan (*zona of interest*) (Latifah, 2019). Ketika melakukan *pickin horizon* diperlukan hasil dari *well seismik tie* untuk mengikat *horizon* seismik dengan data sumur sehingga *horizon* seismik dapat diletakkan pada *horizon* sebenarnya. Proses *well seismik tie* sangat

berpengaruh dalam menentukan *horizon* yang akan di *picking* dan yang mewakili dari zona target penelitian (Ramud, 2017). Pada dasarnya, tahapan ini dilakukan untuk memperlihatkan gambaran zona target yang akan diidentifikasi secara lateral dengan kenampakan dari data seismiknya (Ryka, 2021).

3.13 *Time and Depth Structure Map*

Dari hasil *picking* selanjutnya dilakukan pembuatan peta hasil interpretasi *horizon* untuk mengetahui persebaran stratigrafi baik dalam satuan waktu ataupun kedalaman. Terbentuknya peta struktur waktu dan kedalaman berdasarkan perbedaan kontras impedansi akustik pada setiap formasi. Perbedaan warna yang mencolok ini menandakan ketinggian daerah yang ditunjukkan oleh warna paling terang hingga paling gelap, dimana warna merah biasanya menunjukkan daerah paling tinggi dan ungu menunjukkan daerah yang paling rendah (Iskandar, 2019). Dari peta struktur waktu akan dikonversi menggunakan *time-depth conversion* dengan cara membuat grafik hubungan antara TWT dan TVD pada data *checkshot* untuk mengetahui persamaan regresi linearnya. Kemudian persamaan tersebut digunakan pada saat konversi domain waktu ke domain kedalaman sehingga dihasilkan peta struktur kedalaman dan selanjutnya dibuat peta ketebalan (*isopach*) (Puspitasari, 2020).

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 9 Januari 2023 sampai dengan 9 Maret 2023. Penelitian dilaksanakan di Pusat Survei Geologi (PSG) Jl. Diponegoro No. 57, Cihaur Geulis, Kec. Cibeunying Kaler, Kota Bandung, Jawa Barat 40122.

Tabel 2. *Time Schedule* Penelitian

Kegiatan	Bulan (Minggu Ke-)																											
	Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur																												
Pengumpulan Data																												
Pengolahan Data																												
Penyusunan Laporan Usul																												
Seminar Usul																												
Penyusunan Hasil																												
Seminar Hasil																												
Revisi dan Persiapan Sidang Komprehensif																												
Sidang Komprehensif																												

4.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat Penelitian

- a. *Software Geoview Hampson-Russel Suite (HRS-10.3.2)*

Digunakan dalam proses *well seismic tie*.

- b. *Software Schlumberger Petrel 2017*

Digunakan dalam proses *picking horizon* dan pembuatan peta ketebalan *shale*.

c. *Software Interactive Petrophysics V 3.5*

Digunakan untuk menghitung *volume shale* dan permeabilitas pada sumur.

2. Data Penelitian

Pada penelitian ini data yang digunakan berasal dari Pusat Survei Geologi. Dimana untuk nama dan koordinat tidak dipublikasikan secara umum.

a. Data seismik

Data yang digunakan berupa data seismik 2D. Data ini digunakan dalam proses *well seismik tie* dan *picking horizon* dengan jumlah data seismik 2D yang digunakan sebanyak 29 *line* yang berada di wilayah laut Cekungan Jawa Timur Utara.

b. Data sumur

Dalam penelitian ini data sumur yang digunakan berjumlah 2 data, yaitu sumur NP-1 dan sumur NP-2.

c. Data *checkshot*

Data penting dalam interpretasi seismik, terutama digunakan ketika proses *well seismik tie* sebagai proses pengikatan antara data sumur yang berdomain kedalaman dengan data seismik yang berdomain waktu. Pada penelitian ini menggunakan 1 data *checkshot* dari sumur NP-1 untuk dilakukan proses *well seismik tie*.

d. Data marker

Data yang berisi informasi mengenai kedalaman formasi yang ada di daerah penelitian. Data marker yang digunakan di setiap formasi dalam penelitian ini dibatasi oleh *top shale (tsh)* dan *bottom shale (bsh)*.

4.3 Tahapan Penelitian

Berikut adalah tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini.

1. Melakukan perhitungan *volume shale* dan permeabilitas

Perhitungan ini dilakukan pada *software interactive petrophysics* dengan menggunakan data log. Tahapan ini dilakukan sebagai validasi bahwa pada *top* dan *bottom shale* yang digunakan memiliki jumlah *shale* yang besar dan berpotensi sebagai target eksplorasi hidrokarbon non konvensional. Dimana, semakin besar *shale* dan semakin kecil nilai permeabilitas maka kemampuan batuan tersebut untuk menghambat fluida semakin baik.

2. *Well to seismic tie*

Sebelum melakukan *well to seismic tie* dilakukan proses mengikat data sumur dengan data seismik menggunakan data log sonik (*P-wave*) dan data *checkshot*. Hal ini dilakukan untuk mengkonversi antara data sumur yang berada dalam domain kedalaman terhadap data seismik berdomain waktu. Kemudian akan didapatkan *time depth curve* atau kurva waktu kedalaman yang menunjukkan bahwa kedalaman telah dikorelasikan dengan waktu. Dari penelitian ini hanya terdapat 1 data yang memiliki data *checkshot*, yaitu NP-1.

Saat melakukan *well to seismic tie* diperlukan sebuah *wavelet* dalam pembuatan model. Terdapat beberapa proses ekstraksi *wavelet* yang dapat digunakan, yaitu *bandpass*, *ricker*, *statistical*, dan *use well*. Ekstraksi *wavelet* dilakukan secara berulang-ulang hingga mendapatkan nilai korelasi mendekati 1 sebab tahapan ini akan sangat berpengaruh pada proses *well seismic tie*. Dalam tahap ini akan dilakukan pencocokan antara seismogram sintetik dengan seismik *tracanya* dengan melakukan proses *stretch* (peregangan) dan *shifting* (pergeseran data). Dalam proses ini harus dilakukan dengan tepat agar nantinya tepat jatuh pada *wiggle* yang seharusnya di data seismik. Dari proses ini akan dihasilkan nilai korelasi dan *time shift*, dengan nilai korelasi $>0,5$ dan *time shift* bernilai 0 ms yang menandakan kesesuaian antara data sumur dalam bentuk seismogram sintetik dengan data seismik.

3. *Picking horizon*

Data yang digunakan pada proses ini adalah data seismik dan data marker. Dimana, pada data seismik suatu *horizon* ditampilkan oleh suatu reflector seismik dengan amplitudo negative yang disebut *through* (lembah) yang ditampilkan sebagai *horizon* berwarna biru pada penampang seismik dan amplitudo positif sebagai *peak* (puncak) yang ditampilkan sebagai *horizon* berwarna merah pada penampang seismik. Dalam melakukan proses ini, diperlukan *well seismic tie* untuk mengikat *horizon* seismik dengan data sumur agar *horizon* bisa berada di posisi yang sesuai. *Picking horizon* adalah membuat gari *horizon* dengan kemenerusan lapisan yang ada pada penampang untuk mengetahui informasi mengenai keadaan geologi daerah penelitian. Posisi awal saat melakukan *picking horizon* berada pada lintasan yang dilalui oleh data sumur sebab adanya data marker yang dijadikan acuan dalam tahapan ini. Dimana *horizon* pada penelitian ini dibatasi oleh Tsh Kujung, Bsh Kujung, Tsh Ngimbang, dan Bsh Ngimbang sehingga dihasilkan 4 *horizon* pada penampang seismik.

4. *Time and depth map*

Time map adalah peta kedalaman dari geologi daerah penelitian yang berdomain waktu yang dihasilkan dari *picking horizon*. *Time map* yang dihasilkan berjumlah 4 berdasarkan jumlah *picking* tiap formasi, yaitu *picking top* dan *bottom shale* di Formasi Kujung dan Ngimbang.

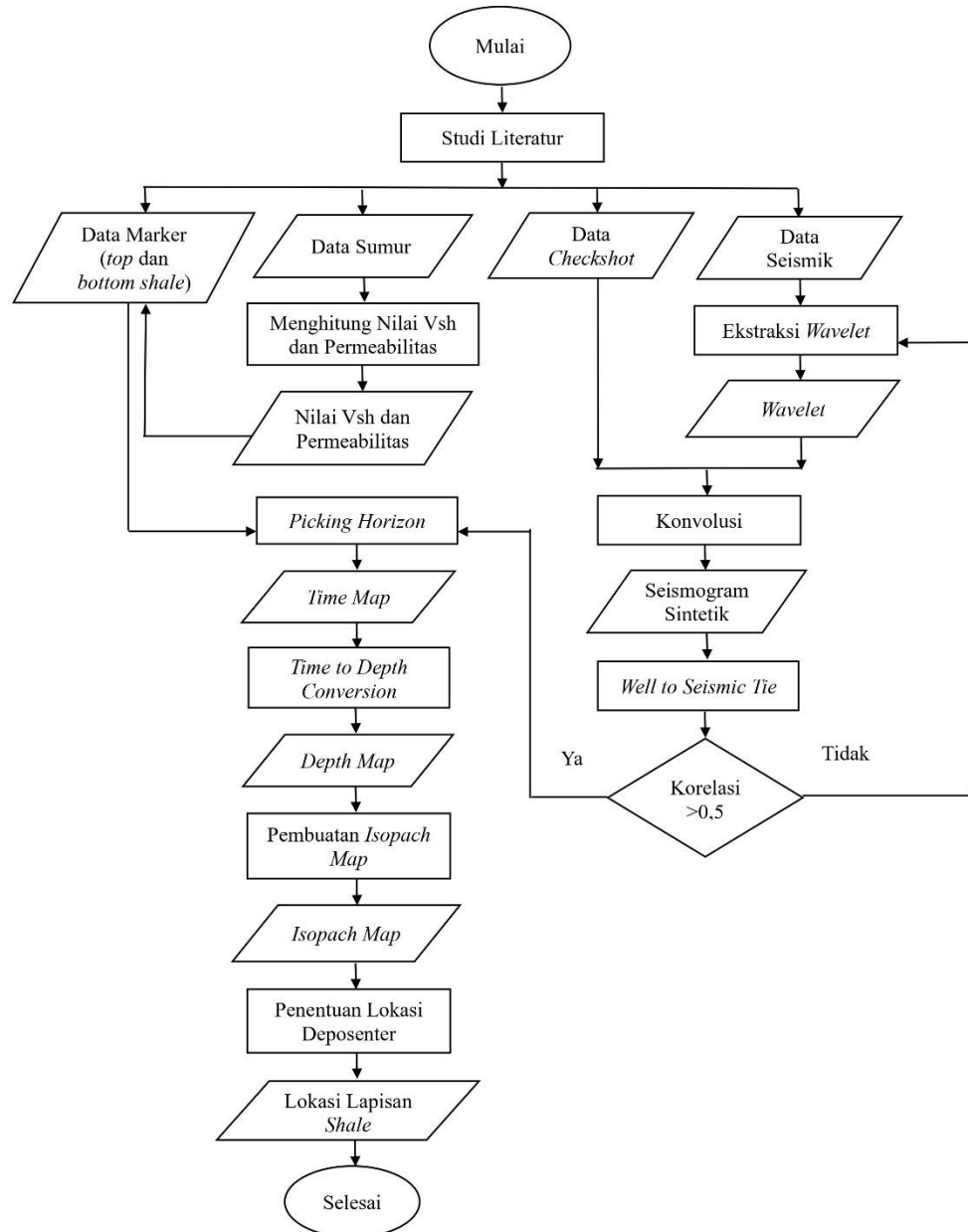
Selanjutnya akan dilakukan konversi kedalaman, yaitu dengan merubah domain peta dalam waktu menjadi domain kedalaman (*depth map*). Konversi ini dilakukan dengan melakukan hubungan regresi linier data *checkshot* berupa TVD (*depth*) dan TWT (*time*), dimana sumbu x adalah TWT dan sumbu y adalah TVD. Dari hasil regresi tersebut akan menghasilkan sebuah persamaan linier yang menjadi suatu inputan dalam pembuatan *depth map*.

5. *Isopach map*

Setelah membuat *time* dan *depth map* kemudian membuat *isopach map* yang menggambarkan ketebalan suatu lapisan. Peta ini dibuat dengan cara mengurangkan hasil peta *time* atau *depth top shale* formasi dengan *time* atau *depth bottom shale* formasi sehingga akan menghasilkan peta *isopach shale* di tiap formasi.

4.4 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 18.



Gambar 18. Diagram Alir Penelitian

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan *isopach map* yang merepresentasikan ketebalan dari lapisan *shale* didapatkan bahwa Formasi Kujung memiliki ketebalan lapisan *shale* sebesar 50 m – 800 m sedangkan pada Formasi Ngimbang sebesar 100 m – 1300 m.
2. Lapisan *shale* yang berpotensi sebagai target eksplorasi non konvensional berada pada lokasi depositer (lapisan *shale* yang tebal). Dimana, untuk Formasi Kujung berada pada barat laut dengan ketebalan sebesar 600 m – 800 m sedangkan pada Formasi Ngimbang berada pada arah timur sebesar 1000 m – 1300 m.

6.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sumur yang digunakan sebaiknya lebih banyak lagi dan memiliki data *log* yang lengkap serta penggunaan *line* seismik diperbanyak agar pelamparan lapisan *shale* khususnya di wilayah *offshore* Cekungan Jawa Timur Utara dapat lebih luas.
2. Diperlukan data geokimia untuk mengetahui potensi *source rock* dengan menghitung *total organik carbon* dan tipe karogennya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelfattah, M. H., Abdelalim, A. M., dan Yassin, M. H. A. (2015). Unconventional Reservoir: Definitions, Types, and Egypt's Potential. *Faculty of Petroleum and Mining Engineering Suez University Journal*, 1-7. doi: 10.13140/RG.2.1.3846.0880.
- Abdullah, M. (2007). *Fisika Dasar 1 Edisi Revisi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Agustiyar, F. (2021). Indications of the Potential of Shale Gas for Non-Conventional Indications of the Potential of Shale Gas for Non-Conventional. *Tadulako Science and Technology Journal, Vol 2, No 1*, 17-25. E-ISSN: 2776-4893.
- Anastasya. (2015). Analisis Penentuan Zona Produktif dan Perhitungan Cadangan Minyak Awal Dengan Menggunakan Data Logging Pada Lapangan APR. *Seminar Nasional Cendekiawan 2015*. ISSN: 2460-8696.
- Asparini, D. (2011). *Penerapan Metode Stacking dalam Pemrosesan Sinyal Seismik Laut di Perairan Barat Aceh*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Atlas, D. (1979). *Log Interpretation Charts*. Houston, Texas: Dresser Industries Inc.
- Bemmelen, R. W. (1949). *The Geology of Indonesia*. Nijhoff, The Hague: Government Printing Office.
- Delisatra, G. (2012). *Short Course: Seismik Interpretation & Reservoir Characterization*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Devi, E. A., Rachman, F., Satyana, A. H., Fahrudin, dan Reddy. (2018). Paleofacies of Eocene Lower Ngimbang Source Rocks in Cepu Area, East Java Basin based on Biomarkers and Carbon-13 Isotopes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1-8. doi:10.1088/1755-1315/118/1/012009.
- Dewan, J. T. (1983). *Essentials of Modern Open-hole Log Interpretation*. Tulsa, Oklahoma: Penn Well Corporation.
- Dewanto, O., Mulyanto, B. S., Rustadi, dan Wibowo, R. C. (2017). Determining the Temperature of Shale Material Conversion Into Crude Oil Based on

Organik Clay and Organik Carbonate Test Outside Reservoir. *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS*, 17 (05), 84-89.

Dwinanda, I. G. (2017). Perhitungan Cadangan Hidrokarbon Pada Formasi Pre-Talang Akar Cekungan Jawa Barat Utara Dengan Metode Volumetrik. *Skripsi*. Malang: Universitas Brawijaya.

Fahlevi, L. (2012). Geologi dan Studi Geokimia Batuan Induk Minyak Bumi Endapan Paleogen Cekungan Lepas Pantai Jawa Timur Utara Berdasarkan Data Geokimia Biomarker pada Lapangan LF-1. *Skripsi*. Yogyakarta: UPN Veteran Yogyakarta.

Fatahillah, Y., Hilyah, A., dan Utama, W. (2016). Penentuan Potensi Batuan Induk Menggunakan Model Log Toc pada Formasi Ngimbang, Lapangan "Arrazi", Cekungan Jawa Timur Utara. *Jurnal Teknik ITS*, 5 (2).

Febridon, M. N. (2018). Analisis Sifat Fisis Pada Reservoir Batupasir Menggunakan Metode Seismik Inversi Impedansi Akustik (AI) dan Multiatribut Pada Lapangan "MNF" Cekungan Bonaparte. *Skripsi*. Lampung: Universitas Lampung.

Gadallah, R. M., dan Fisher, R. (2009). *Exploration Geophysics*. Berlin: Springer.

Haq, M. (2009). *Analisa Atribut Amplitudo Seismik Untuk Karakterisasi Reservoir pada Cekungan Sumatera Selatan*. Depok: Universitas Indonesia.

Harsono, A. (1997). *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*. Jakarta: Schlumberger Oilfield Services.

Husein, S. (2015). *Petroleum and Regional Geology Northeast Java Basin Indonesia: Excursion Guide Book*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.

Husein, S. (2016). *Fieldtrip Geologi Cekungan Jawa Timur Utara*. Yogyakarta: Dept. of Geological Engineering UGM.

Iskandar, I. N. E. N., Rohmana, R. C., dan Atmoka, W. (2019). Interpretasi Seismik Dalam Menentukan Zona Potensial Hidrokarbon di Formasi Jatibarang dan Talangakar, Sub-Cekungan Jatibarang, Cekungan Jawa Timur Utara. *Prosiding TAU SNAR-TEK 2019 Seminar Nasional Rekayasa Teknologi*, 173-177. ISSN: 2715-6982.

Katz, B., Gao, L., Little, J., dan Zhao, Y. R. (2021). Geology Still Matters – Unconventional Petroleum System Disappointments and Failures. *Unconventional Resources*, 18-36. doi: <https://doi.org/10.1016/j.uncres.2021.12.001>.

- Koesoemadinata, R. P. (1980). *Geologi Minyak dan Gas Bumi Edisi 2*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Kumalasari, I. N. (2018). Identifikasi Persebaran Dan Estimasi Cadangan Gas Serta Sumur Usulan Menggunakan Inversi Seismik Simultan Dan Pemodelan 3D Property Reservoir Di Lapangan Ink, Cekungan Sumatera Selatan. *Skripsi*. Lampung: Teknik Geofisika Universitas Lampung.
- Latifah, A., Pujiastuti, D., dan Namigo, E. L. (2019). Karakterisasi Reservoir Hidrokarbon Menggunakan Metode Seismik Inversi Deterministik Model Based Pada Lapangan Penobscot Kanada. *Jurnal Fisika Unand*, 120-126. ISSN: 2302-8491.
- Lemigas. (2020). *Strategi Percepatan Eksplorasi & Eksploitasi MNK Shale HC Melalui Implementasi Sumur Pilot Multi Stage Fracturing Horizontal Well (MSFHW)*. Jakarta: Lemigas.
- Mijili, A. S., dan Mulibo, G. D. (2018). Petrophysical Analysis of Reservoirs Rocks at Mlinzi Mbali-1 Well in Block 7 Offshore, Tanzania: Geological Implication on the Reservoir Quality. *Open Journal of Geology*, 8 (8), 764-780. doi:10.4236/ojg.2018.88045.
- Mudjiono, R., dan Pireno, G. E. (2002). Exploration of the North Madura Platform, Offshore East Java, Indonesia. *Proceedings of Indonesian Petroleum Association 28th Annual Convention*.
- Munadi. (2002). *Aspek Fisis Seismologi Eksplorasi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Nofriadel, dan Budiman, A. (2013). Interpretasi Data Penampang Seismik 2D dan Data Sumur Pemboran Area "X" Cekungan Jawa Timur. *Jurnal Fisika Unand*, 2 (1), 33-39. ISSN: 2302-8491.
- Nugroho, M. O. B., dan Amijaya, D. H. (2016). Sedimentologi Formasi Tuban Bagian Bawah. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke-9*, 682-689.
- Nukefi, A. (2007). *Karakterisasi Reservoir dan Perhitungan Volumetrik*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Prihutama, F. A., Dani, A., dan Widada, S. (2018). Karakteristik Geologi Dan Skenario Reservoir Hidrokarbon sebagai Rencana Pengembangan Zona Prospek Lapangan "Tesseract" Cekungan Jawa Timur Utara Pada Zona Rembang Jawa Timur. *Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke 11*, 436-454.
- Pringgoprawiro, H. (1983). *Biostratigrafi dan Paleogeografi Cekungan Timur Utara Suatu Pendekatan Baru*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

- Puspitasari, M. (2020). Penerapan Metode Seismik Inversi Acoustic Impedance (AI) dan Multi-Attribute untuk Karakterisasi Reservoar Pada Cekungan Bonaparte. *Skripsi*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Ramud, H. M., Triyono, W., dan Irwandi. (2017). Intergrasi Data Seismik 3D Terikat Dengan Data Log Untuk Karakterisasi Reservoar Hidrokarbon Di Zona Unconformity Lapangan F3 Belanda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Kebumihan*, 1 (1), 23-29.
- Rider, M. (1996). *The Geological Interpretation of Well Logs, 2nd Edition*. Houston: Gulf Publishing Company.
- Rider, M. (2002). *The Geological Interpretation of Well Logs, 2nd Edition, Revised 2002*. Scotland: Whittles Publishing.
- Ringgis, J. (1985). Seismik Stratigraphy 1. *Proceedings of the Joint ASCOPE/CCOP*.
- Rosyidan, C., Satiawati, L., dan Satiyawira, B. (2015). Analisis Fisika Minyak (Petrophysics) Dari Data Log Konvensional Untuk Menghitung Sw Berbagai Metode. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015*, 4, 1-6.
- Ryka, H., Nainggolan, L. H., dan Waskita, K. J. (2021). Analisis Atribut Seismik Instantaneous Frequency Untuk Sebaran Reservoar Batupasir Formasi Tensleep Lapangan Teapot Dome. *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 4 (3), 151-158.
- Sanjaya, D. N., Warnana, D. D., dan Sentosa, B. J. (2014). Analisis Sifat Fisis Reservoar Menggunakan Metode Seismik Inversi Acoustic Impedance (AI) dan Multiatribut (Studi Kasus Lapangan F3). *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 3 (2), 96-100.
- Schlumberger. (1989). *Log Interpretation Principles/Applications*. Texas: Schlumberger.
- Sherrif, R. E., dan Geldart, L. P. (1995). *Exploration Seismology Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sismanto. (2006). *Dasar-Dasar Akuisisi dan Pemrosesan Data Seismik*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Sukmono, S. (1999). *Interpretasi Seismik Refleksi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sukmono, S. (2000). *Seismik Inversi Untuk Karakteristik Reservoar*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

- Sukmono, S. (2002). *Seismik Inversion and AVO Analysis For Reservoir Characterization*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Suprajitno, M. (2000). *Physical Aspect of Exploration Seismology*. Depok: Universitas Indonesia.
- Timur, A. (1968). An Investigation Of Permeability, Porosity And Residual Water Saturationrelation For Sandstone Reservoirs. *Log Analyst*, 4 (4).
- Utami, E. (2017). Prediksi Zona Reservoir Berbasis Atribut Data Log Sumur Dengan Metode Levenberg-Marquardt. *Skripsi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wijaya, P. H., Noeradi, D., Permadi, A. K., Usman, E., dan Djaja, A. W. (2012). Potensi Migas Berdasarkan Integrasi Data Sumur dan Penampang Seismik di Wilayah Offshore Cekungan Tarakan Kalimantan Timur. *Jurnal Geologi Kelautan*, 10 (3), 117-132.
- Zain, R. P. (2012). *Analisa Petrofisika Dan Multiatribut Seismik Untuk Karakterisasi Reservoir Pada Lapangan Spinel Cekungan Cooper-Eromanga, Australia Selatan*. Depok: Universitas Indonesia.
- Zendehboudi, S., dan Bahadori, A. (2017). *Chapter Six - Shale Oil: Fundamentals, Definitions, And Applications. Dalam Shale Oil And Gas Handbook (Hal. 193-230)*. Gulf Professional Publishing.
- Zhang, X. S., Wang, H. J., Ma, F., dan Sun2, X. C. (2016). Classification And Characteristics Of Tight Oil Plays. *Petroleum Science*. doi:10.1007/S12182-015-0075-0.