

**ANALISIS NILAI SATURASI AIR METODE *ARCHIE* DAN
INDONESIA UNTUK MENGETAHUI JENIS KANDUNGAN
FLUIDA PADA LAPANGAN 'Z' CEKUNGAN JAWA TIMUR
UTARA**

(Skripsi)

Oleh

Zahrah Meidina

1915051009



**JURUSAN TENIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**ANALISIS NILAI SATURASI AIR METODE *ARCHIE* DAN
INDONESIA UNTUK MENGETAHUI JENIS KANDUNGAN
FLUIDA PADA LAPANGAN 'Z' CEKUNGAN JAWA TIMUR
UTARA**

Oleh

ZAHRAH MEIDINA

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TENIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

ANALISIS NILAI SATURASI AIR METODE *ARCHIE* DAN INDONESIA UNTUK MENGETAHUI JENIS KANDUNGAN FLUIDA PADA LAPANGAN 'Z' CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA

Oleh

Zahrah Meidina

Penggunaan bahan bakar di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya dan menyebabkan kebutuhan akan hidrokarbon meningkat, hal tersebut menjadikan kegiatan eksplorasi harus dilakukan secara efisien dan efektif dengan menggunakan metode *well logging* dan analisis petrofisika. Analisis petrofisika bertujuan untuk mengetahui parameter-parameter fisik batuan seperti *volume shale*, porositas, saturasi air dalam suatu formasi. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk menentukan daerah target reservoir, mengukur parameter petrofisika, dan mengetahui korelasi dari nilai saturasi air menggunakan metode *Archie* dan Indonesia serta mengidentifikasi jenis kandungan fluida pada Cekungan Jawa Timur Utara. Dengan menggunakan lima data sumur yaitu sumur ZNT-01, ZNU-01, ZNU-02, ZNU-03, dan ZNU-04. Berdasarkan analisis kualitatif didapatkan 9 zona target reservoir pada sumur ZNT-01 dengan kandungan fluida dominan berupa minyak dan gas, sumur ZNU-01 memiliki 10 zona target reservoir dengan kandungan fluida dominan berupa minyak dan gas, sumur ZNU-02 memiliki 16 zona target reservoir dengan kandungan fluida dominan berupa gas, sumur ZNU-3 memiliki 12 zona target reservoir dengan kandungan fluida dominan berupa minyak dan gas, dan sumur ZNU-04 memiliki 9 zona target reservoir dengan kandungan fluida dominan berupa minyak. Berdasarkan perbandingan nilai R^2 , maka dapat diketahui korelasi dari perhitungan *log* sesuai dengan keadaan sebenarnya dibawah permukaan, karena hasil korelasi sangat kuat sebesar 0.927 – 0.9933.

Kata Kunci: Reservoir, Jenis Fluida, Saturasi Air, Petrofisika

ABSTRACT

ANALYSIS OF WATER SATURATION VALUES USING ARCHIE AND INDONESIA METHODS TO DETERMINE THE TYPE OF FLUID CONTENT IN THE 'Z' FIELD, NORTH EAST JAVA BASIN

By

Zahrah Meidina

The use of fuel in Indonesia has increased every year and caused the need for hydrocarbons to increase, this makes exploration activities must be carried out efficiently and effectively using well logging methods and petrophysical analysis. Petrophysical analysis aims to determine the physical parameters of rocks such as shale volume, porosity, water saturation in a formation. The purpose of this study is to determine the target reservoir area, measure petrophysical parameters, and determine the correlation of water saturation values using the Archie and Indonesia methods and identify the type of fluid content in the North East Java Basin. Using five well data, namely wells ZNT-01, ZNU-01, ZNU-02, ZNU-03, and ZNU-04. Based on qualitative analysis, it was found that there were 9 reservoir target zones in the ZNT-01 well with dominant fluid content in the form of oil and gas, the ZNU-01 well had 10 reservoir target zones with dominant fluid content in the form of oil and gas, the ZNU-02 well had 16 reservoir target zones with the dominant fluid content is gas, the ZNU-3 well has 12 reservoir target zones with dominant fluid content in the form of oil and gas, and the ZNU-04 well has 9 reservoir target zones with dominant fluid content in the form of oil. Based on the comparison of R^2 values, it can be seen that the correlation from the log calculation is in accordance with the actual situation below the surface, because the correlation results are very strong at 0.927 – 0.9933

Keywords: Reservoir, fluid type, Water Saturation, Petrophysics

Judul Skripsi

: Analisis Nilai Saturasi Air Metode Archie dan Indonesia untuk Mengetahui Jenis Kandungan Fluida pada Lapangan 'Z' Cekungan Jawa Timur Utara

Nama Mahasiswa

: Zahrah Meidina

Nomor Pokok Mahasiswa

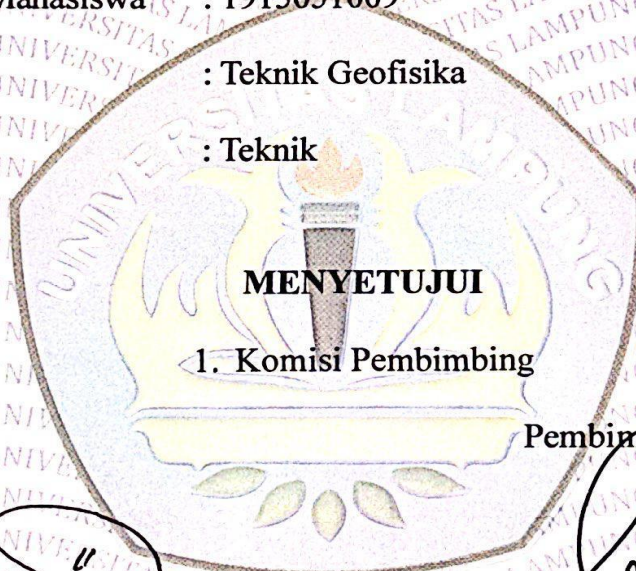
: 1915051009

Program Studi

: Teknik Geofisika

Fakultas

: Teknik



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

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

NIP. 196612221996031001

Dr. Karyanto, S.Si., M.T.

NIP. 196912301998021001

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

Dr. Karyanto, S.Si., M.T.

NIP. 196912301998021001

MENGESAHKAN

1. Tim Pengujji

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

Sekretaris : Dr. Karyanto, S.Si., M.T.

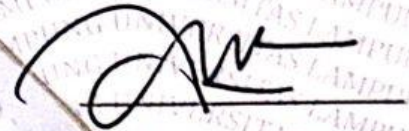
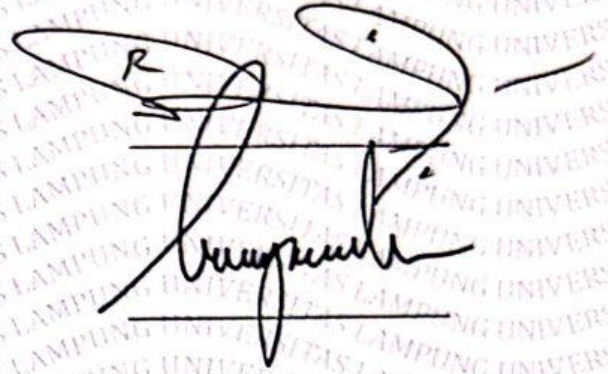
Anggota : Rustadi, S.Si., M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP.19750928 200112 1002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 8 Agustus 2024



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis dengan judul “Analisis Nilai Saturasi Air Metode *Archie* dan Indonesia untuk Mengetahui Jenis Kandungan Fluida pada Lapangan ‘Z’ Cekungan Jawa Timur Utara” adalah murni dibuat oleh saya sendiri berdasarkan pemikiran saya, bukan merupakan karya yang pernah dilakukan orang lain kecuali kutipan tertentu yang tertulis dalam skripsi ini sebagaimana telah disebutkan menurut sumbernya dalam daftar pustaka secara jelas sesuai kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 Agustus 2024

Penulis



Zahrah Meidina

NPM. 1915051009

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Zahrah Meidina, lahir di Kota Jakarta, Provinsi DKI Jakarta pada tanggal 07 Mei 2001. Penulis merupakan anak terakhir dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Yuan Achmad Bayumi dan Ibu Handayani Puji Astuti. Penulis menempuh pendidikan pertama di Taman Kanak-kanak (TK) *Honey Bear* pada tahun 2005 hingga tahun 2007 dan melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDS Persatuan pada tahun 2007 hingga tahun 2013. Selanjutnya, Penulis menempuh pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Curug pada tahun 2013 hingga tahun 2016 dan dilanjutkan dengan Pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 3 Kabupaten Tangerang pada tahun 2016 hingga tahun 2019. Setelah tamat SMA, Penulis melanjutkan pendidikannya ke jenjang perguruan tinggi negeri di Universitas Lampung di Jurusan Teknik Geofisika melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2019.

Selama menjadi mahasiswi, penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi. Penulis pernah tercatat sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI) di bidang multimedia informasi periode 2021, pengurus *Society of Exploration Geophysicssc* (SEG) di bidang Edukasi selama dua periode (2021-2022), pengurus Seksi Mahasiswa Ikatan Ahli Geologi Indonesia (SM-IAGI) di bidang Hubungan Masyarakat selama 2 periode (2021-2022), dan menjadi pengurus pada periode 2021 serta sekretaris pada periode 2022 di Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana (Hima TG Bhuwana) pada bidang Multimedia dan informasi (MI). Pada tahun 2020 dan 2021, penulis juga menerima pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PMW). Penulis juga aktif mengabdikan

sebagai asisten pada mata kuliah Praktikum Geologi Dasar dan mengikuti kegiatan di luar kampus seperti mengikuti program MBKM dari Kemendikbudristek dan beberapa kegiatan sosial non-profit.

Penulis pada tahun 2022 penulis melakukan Kerja Praktik di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi (PPPTMGB) - LEMIGAS dengan judul **“Penentuan Nilai *Cut Off Volume Shale* dan Porositas Formasi pada Sumur SENG-1 Bentu di Cekungan Sumatera Tengah menggunakan *Software Interactive Petrophysics*”**. Pada akhir masa studi penulis melakukan penelitian Tugas Akhir untuk memperoleh gelar sarjana teknik dengan judul **“Analisis Nilai Saturasi Air Metode *Archie* dan Indonesia untuk Mengetahui Jenis Kandungan Fluida pada Lapangan ‘Z’ Cekungan Jawa Timur Utara”**.

Selama kuliah Penulis pernah menulis karya yang sudah dipublikasikan, diantaranya: **Konsep Awal Penerapan Alat Akselerometer dan LoRa sebagai Pendeteksi Ketahanan Jembatan yang dapat Dipantau Melalui Data Center** pada Prosiding Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri 3 (SINTA) Vol 3 pada tahun 2020 dan ***Forward Modelling* pada Anomali Gayaberat Model *Fault* Menggunakan MATLAB Mathworks** pada Jurnal Geocelebes Vol 6 No 2 pada tahun 2022.

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur kepada Allah SWT atas segala karunia yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Skripsi ini penulis persembahkan kepada orang-orang yang telah berjasa dalam hidup penulis,

Ibu dan Ayah Tercinta,

Terimakasih atas segala doa dan cinta kasih yang selalu tercurahkan tanpa henti. Berkat dukungan kalian, Penulis mampu menyelesaikan karya ini hingga tuntas. Terimakasih telah menemani Penulis hingga di titik ini.

Kakak-ku Tersayang,

Terimakasih telah menjadi kakak yang baik, serta memberikan saran, dukungan dan doa kepada Penulis tanpa henti. Penulis sangat bersyukur karena memiliki kakak yang sangat *supportif* di kehidupannya.

Dan semua pihak yang terlibat dalam hidup penulis

Terima kasih telah kebersamai dan memberikan segala bentuk dukungannya kepada penulis. Semoga Allah SWT selalu membalas kebaikan kalian.

MOTTO

“Whatever you are, be a good one”

- Abraham Lincoln

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan skripsi dengan judul “**Analisis Nilai Saturasi Air Metode Archie dan Indonesia untuk Mengetahui Jenis Kandungan Fluida pada Lapangan ‘Z’ Cekungan Jawa Timur Utara**” dapat terselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada berbagai pihak yang sudah terlibat dan membantu penulis dalam penggarapan skripsi ini hingga akhirnya rampung. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun sebagai evaluasi kedepannya demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga apa yang tertulis dalam skripsi ini dapat memberikan manfaat terlebih menambah wawasan dan pengetahuan bagi penulis dan juga khalayak umum.

Bandar Lampung, 30 Agustus 2024

Penulis

Zahrah Meidina

NPM. 1915051009

SANWACANA

Puji Syukur penulis haturkan atas kehadiran *Allah Subhanahu Wa Ta'ala*, yang telah melimpahkan karunia-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Jurusan Teknik Geofisika. Tidak lupa shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad *Shallallahu'alaihi wassallam*. Dalam penyusunan skripsi ini, tentunya melibatkan bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa. Berkat segala rahmat, karunia dan kehendak-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan penuh keyakinan dan percaya diri.
2. Kedua orang tua yang tercinta, Ibu Yani dan Bapak Yuan yang selalu memberikan dukungan dan doa tiada henti kepada penulis.
3. Kakak tersayang, Dita Noviany yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
4. Bapak Karyanto, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung dan selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan saran dan dukungan.
5. Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si. Dosen utama dalam Tugas Akhir penulis yang telah berbesar hati untuk memberikan pengarahan dan saran yang membangun dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Rustadi, S.Si., M.T. selaku Dosen Penguji dalam Tugas Akhir penulis yang telah memberikan saran dan kritik dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. *Partner* dalam segala hal, Zio, yang turut serta dalam memberikan semangat, motivasi, dan membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. Mega, Wawa, Ican, Algi, Tuwil dan Ambro sebagai sahabat tersayang yang telah mendengarkan cerita, menemani dan memberikan dukungan kepada penulis.
9. Anak-anak Kost Alysha, Mine, Onta, dan Fei yang telah memberikan dukungan dan menjadi saksi kehidupan penulis selama masa perkuliahan ini.
10. Teman-teman terdekat penulis, Alis, Yudi, Lona, Eca, Aryn, dan Bang Hen yang telah memberikan nasihat, saran, serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Kepada Alike, Iyas, dan Nanda yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Keluarga besar Teknik Geofisika 19 yang telah memberikan banyak sekali dukungan selama ini.
13. Kakak-kakak Senior serta Alumni Teknik Geofisika yang telah menyalurkan ilmunya dan memberikan ruang untuk berdiskusi.
14. Serta semua pihak yang terlibat dan membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis memohon maaf kepada semua pihak atas segala kesalahan baik yang disengaja maupun tidak disengaja dalam perkataan maupun perbuatan yang mungkin kurang berkenan selama penulisan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 30 Agustus 2024

Penulis

Zahrah Meidina
NPM. 1915051009

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
PERSEMBAHAN.....	ix
MOTTO	x
KATA PENGANTAR.....	xi
SANWACANA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Lokasi Penelitian	5
2.2 Geologi Regional.....	6
2.3 Tatanan Tektonik	8
2.4 Stratigrafi Regional	10
2.4.1 <i>Basement</i>	11
2.4.2 Formasi Ngimbang.....	11
2.4.3 Formasi Kujung.....	11
2.4.4 Formasi Prupuh	11
2.4.5 Formasi Tuban.....	12

2.4.6	Formasi Tawun.....	12
2.4.7	Formasi Ngrayong.....	12
2.4.8	Formasi Bulu.....	12
2.4.9	Formasi Wonocolo	12
2.4.10	Formasi Ledok	13
2.4.11	Formasi Mundu	13
2.4.12	Formasi Selorejo	13
2.4.13	Formasi Lidah	13
2.4.14	Formasi Paciran.....	13
2.5	<i>Petroleum System</i> Cekungan Jawa Timur Utara.....	14
2.5.1	Batuan Induk (<i>Source Rock</i>)	14
2.5.2	Batuan Reservoar (<i>Reservoir Rock</i>).....	14
2.5.3	Batuan Tudung (<i>Seal Rock</i>).....	15
2.5.4	Migrasi (<i>Migration</i>)	15
2.5.5	Perangkap (<i>Trap</i>).....	15
2.6	Penelitian Sebelumnya	16

III. TEORI DASAR

3.1	<i>Well Logging</i>	20
3.1.1	<i>Wireline Logging</i>	21
3.1.2	<i>Logging While Drilling</i>	22
3.2	Jenis - Jenis <i>Log</i>	23
3.2.1	<i>Log Gamma Ray</i>	23
3.2.2	<i>Log Resistivitas</i>	25
3.2.3	<i>Log Neutron</i>	26
3.2.4	<i>Log Densitas</i>	27
3.3	Parameter Petrofisika	29
3.3.1	<i>Volume Shale</i>	29
3.3.2	Porositas	30
3.3.3	Saturasi Air.....	33

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	37
4.2	Jadwal Penelitian.....	37
4.3	Alat dan Bahan	39

4.4	Prosedur Penelitian.....	39
4.4.1	Studi Literatur	39
4.4.2	Persiapan dan Pengumpulan Data.....	39
4.4.3	Pengolahan Data.....	39
4.5	Diagram Alir.....	41
V. HASIL DAN PEMBAHASAN		
5.1	Data Penelitian	42
5.2	Analisis Kualitatif.....	42
5.3	Analisis Kuantitatif.....	67
5.3.1	Analisis <i>Volume Shale</i>	67
5.3.2	Analisis Porositas	70
5.3.3	Analisis Resistivitas Air Formasi (R_w)	81
5.3.4	Analisis Saturasi Air.....	98
VI. KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan.....	126
6.2	Saran.....	127
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta Penampang Fisiografi Cekungan Jawa Timur Utara.....	1
Gambar 2. Peta Lokasi Daerah penelitian.....	5
Gambar 3. Peta daerah Cekungan Jawa Timur	6
Gambar 4. Zonasi Fisiografi Cekungan Jawa Timur Utara.....	7
Gambar 5. Peta Geologi Dearah Penelitian.....	8
Gambar 6. Stratigrafi Zona Rembang Cekungan Jawa Timur Utara	10
Gambar 7. <i>Petroleum system</i>	14
Gambar 8. Operasi Kegiatan <i>Logging</i>	22
Gambar 9. Respon <i>Log</i> Gamma Ray	24
Gambar 10. Respon <i>Log</i> Resistivitas	25
Gambar 11. Respon <i>Log</i> Neutron	27
Gambar 12. Respon <i>Log</i> Densitas.....	28
Gambar 13. Diagram Alir Penelitian.....	41
Gambar 14. <i>Triple combo</i> Sumur ZNT-01	44
Gambar 15. Daerah Target Reservoir 1 Sumur ZNT-01.....	44
Gambar 16. Daerah Target Reservoir 2 dan 3 Sumur ZNT-01	45
Gambar 17. Daerah Target Reservoir 4, 5, 6 dan 7 Sumur ZNT-01	45
Gambar 18. Daerah Target Reservoir 8 Sumur ZNT-01.....	46
Gambar 19. Daerah Target Reservoir 9 Sumur ZNT-01.....	47
Gambar 20. <i>Triple combo</i> Sumur ZNU-01	48
Gambar 21. Daerah Target Reservoir 1 Sumur ZNU-01.....	48
Gambar 22. Daerah Target Reservoir 2 Sumur ZNU-01.....	49
Gambar 23. Daerah Target Reservoir 3 Sumur ZNU-01	49
Gambar 24. Daerah Target Reservoir 4 Sumur ZNU-01.....	50
Gambar 25. Daerah Target Reservoir 5, 6, dan 7 Sumur ZNU-01	50

Gambar 26. Daerah Target Reservoir 8 Sumur ZNU-01	51
Gambar 27. Daerah Target Reservoir 9 dan 10 Sumur ZNU-01	51
Gambar 28. <i>Triple combo</i> Sumur ZNU-02	52
Gambar 29. Daerah Target Reservoir 1 Sumur ZNU-02	53
Gambar 30. Daerah Target Reservoir 2 Sumur ZNU-02	53
Gambar 31. Daerah Target Reservoir 3 Sumur ZNU-02	53
Gambar 32. Daerah Target Reservoir 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10 Sumur ZNU-02	54
Gambar 33. Daerah Target Reservoir 11, 12, 13, 14, 15 dan 16 Sumur ZNU-02	55
Gambar 34. <i>Triple combo</i> Sumur ZNU-03	57
Gambar 35. Daerah Target Reservoir 1 Sumur ZNU-03	57
Gambar 36. Daerah Target Reservoir 2 Sumur ZNU-03	58
Gambar 37. Daerah Target Reservoir 3 Sumur ZNU-03	58
Gambar 38. Daerah Target Reservoir 4 Sumur ZNU-03	59
Gambar 39. Daerah Target Reservoir 5, 6, 7, 8 dan 9 Sumur ZNU-03	59
Gambar 40. Daerah Target Reservoir 10 dan 11 Sumur ZNU-03	60
Gambar 41. Daerah Target Reservoir 12 Sumur ZNU-03	61
Gambar 42. <i>Triple combo</i> Sumur ZNU-04	62
Gambar 43. Daerah Target Reservoir 1 Sumur ZNU-04	62
Gambar 44. Daerah Target Reservoir 2, 3, 4 dan 5 Sumur ZNU-04	63
Gambar 45. Daerah Target Reservoir 6 dan 7 Sumur ZNU-04	64
Gambar 46. Daerah Target Reservoir 8 Sumur ZNU-04	64
Gambar 47. Daerah Target Reservoir 9 Sumur ZNU-04	65
Gambar 48. Korelasi porositas <i>log</i> dan porositas <i>core</i> sumur ZNT-01	78
Gambar 49. Korelasi porositas <i>log</i> dan porositas <i>core</i> sumur ZNU-01	79
Gambar 50. Korelasi porositas <i>log</i> dan porositas <i>core</i> sumur ZNU-02	79
Gambar 51. Korelasi porositas <i>log</i> dan porositas <i>core</i> sumur ZNU-03	80
Gambar 52. Korelasi porositas <i>log</i> dan porositas <i>core</i> sumur ZNU-04	80
Gambar 53. <i>Schumberger chart</i> sumur ZNT-01	83
Gambar 54. <i>Pickett plot</i> sumur ZNT-01	85
Gambar 55. <i>Schumberger chart</i> sumur ZNU-01	86
Gambar 56. <i>Pickett plot</i> sumur ZNU-01	88

Gambar 57. <i>Schumberger chart</i> sumur ZNU-02.....	89
Gambar 58. <i>Pickett plot</i> sumur ZNU-02	91
Gambar 59. <i>Schumberger chart</i> sumur ZNU-03.....	92
Gambar 60. <i>Pickett plot</i> sumur ZNU-03	94
Gambar 61. <i>Schumberger chart</i> sumur ZNU-04.....	95
Gambar 62. <i>Pickett plot</i> sumur ZNU-04.....	97
Gambar 63. Hasil analisis kuantitatif sumur ZNT-01	105
Gambar 64. Hasil analisis kuantitatif daerah target 1 sumur ZNT-01.....	105
Gambar 65. Hasil analisis kuantitatif daerah target 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 sumur ZNT-01.....	105
Gambar 66. Hasil analisis kuantitatif daerah target 8 dan 9 sumur ZNT-01	106
Gambar 67. Hasil analisis kuantitatif sumur ZNU-01	106
Gambar 68. Hasil analisis kuantitatif daerah target 1 sumur ZNU-01.....	107
Gambar 69. Hasil analisis kuantitatif daerah target 2 dan 3 sumur ZNU-01	107
Gambar 70. Hasil analisis kuantitatif daerah target 4 sumur ZNU-01.....	107
Gambar 71. Hasil analisis kuantitatif daerah target 5 sumur ZNU-01.....	108
Gambar 72. Hasil analisis kuantitatif daerah target 7 dan 6 sumur ZNU-01	108
Gambar 73. Hasil analisis kuantitatif daerah target 8 sumur ZNU-01.....	108
Gambar 74. Hasil analisis kuantitatif daerah target 9 dan 10 sumur ZNU-01	109
Gambar 75. Hasil analisis kuantitatif sumur ZNU-02	109
Gambar 76. Hasil analisis kuantitatif daerah target 1 sumur ZNU-02.....	109
Gambar 77. Hasil analisis kuantitatif daerah target 2 sumur ZNU-02.....	110
Gambar 78. Hasil analisis kuantitatif daerah target 3 sumur ZNU-02.....	110
Gambar 79. Hasil analisis kuantitatif daerah target 4, 5 dan 6 sumur ZNU-02 ...	110
Gambar 80. Hasil analisis kuantitatif daerah target 7, 8 dan 9 sumur ZNU-02 ...	111
Gambar 81. Hasil analisis kuantitatif daerah target 10 sumur ZNU-02.....	111
Gambar 82. Hasil analisis kuantitatif daerah target 11, 12, 13 dan 14 sumur ZNU-02	111
Gambar 83. Hasil analisis kuantitatif daerah target 15 dan 16 sumur ZNU-02 ...	112
Gambar 84. Hasil analisis kuantitatif sumur ZNU-03	112
Gambar 85. Hasil analisis kuantitatif daerah target 1 sumur ZNU-03.....	112
Gambar 86. Hasil analisis kuantitatif daerah target 2 sumur ZNU-03.....	113

Gambar 87. Hasil analisis kuantitatif daerah target 3 dan 4 sumur ZNU-03	113
Gambar 88. Hasil analisis kuantitatif daerah target 5, 6, 7 dan 8 sumur ZNU-03	113
Gambar 89. Hasil analisis kuantitatif daerah target 9, 10 dan 11 sumur ZNU-03	114
Gambar 90. Hasil analisis kuantitatif daerah target 12 sumur ZNU-03.....	114
Gambar 91. Hasil analisis kuantitatif sumur ZNU-04	114
Gambar 92. Hasil analisis kuantitatif daerah target 1 sumur ZNU-04.....	115
Gambar 93. Hasil analisis kuantitatif daerah target 2 sumur ZNU-04.....	115
Gambar 94. Hasil analisis kuantitatif daerah target 3, 4 dan 5 sumur ZNU-04...	115
Gambar 95. Hasil analisis kuantitatif daerah target 6 dan 7 sumur ZNU-04.....	116
Gambar 96. Hasil analisis kuantitatif daerah target 8 sumur ZNU-04.....	116
Gambar 97. Hasil analisis kuantitatif daerah target 9 sumur ZNU-04.....	116
Gambar 98. Korelasi <i>Sw Archie log</i> dengan <i>Sw Archie core</i> sumur ZNT-01.....	120
Gambar 99. Korelasi <i>Sw Indonesia log</i> dengan <i>Sw Indonesia core</i> sumur ZNT-01	120
Gambar 100. Korelasi <i>Sw Archie log</i> dengan <i>Sw Archie core</i> sumur ZNU-01...	121
Gambar 101. Korelasi <i>Sw Indonesia log</i> dengan <i>Sw Indonesia core</i> sumur ZNU-01	121
Gambar 102. Korelasi <i>Sw Archie log</i> dengan <i>Sw Archie core</i> sumur ZNU-02...	122
Gambar 103. Korelasi <i>Sw Indonesia log</i> dengan <i>Sw Indonesia core</i> sumur ZNU-02	122
Gambar 104. Korelasi <i>Sw Archie log</i> dengan <i>Sw Archie core</i> sumur ZNU-03...	123
Gambar 105. Korelasi <i>Sw Indonesia log</i> dengan <i>Sw Indonesia core</i> sumur ZNU-03	123
Gambar 106. Korelasi <i>Sw Archie log</i> dengan <i>Sw Archie core</i> sumur ZNU-04...	124
Gambar 107. Korelasi <i>Sw Indonesia log</i> dengan <i>Sw Indonesia core</i> sumur ZNU-04.....	124

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Respon litologi perlapisan batuan	24
Tabel 2. Nilai resistivitas litologi batuan.....	26
Tabel 3. Densitas matriks litologi batuan.....	29
Tabel 4. Skala penentuan kualitas porositas batuan	31
Tabel 5. Nilai densitas matriks dan fluida batuan	32
Tabel 6. Interpretasi saturasi fluida	34
Tabel 7. Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian	38
Tabel 8. Daerah target reservoir sumur ZNT-01, ZNU-01, ZNU-2, ZNU-03 dan ZNU-04	65
Tabel 9. Hasil perhitungan <i>volume shale</i>	69
Tabel 10. Hasil perhitungan porositas efektif	73
Tabel 11. Perbandingan nilai porositas <i>log</i> dan porositas <i>core</i>	76
Tabel 12. Perbandingan nilai R^2	81
Tabel 13. Tingkat Korelasi (Sarwono, 2006)	81
Tabel 14. Zona <i>water bearing</i> pada sumur ZNT-01	82
Tabel 15. Hasil porositas <i>crossplot</i> dan litologi pada sumur ZNT-01	83
Tabel 16. Zona <i>water bearing</i> pada sumur ZNU-01	86
Tabel 17. Hasil porositas <i>crossplot</i> dan litologi pada sumur ZNU-01	87
Tabel 18. Zona <i>water bearing</i> pada sumur ZNU-02	89
Tabel 19. Hasil porositas <i>crossplot</i> dan litologi pada sumur ZNU-02	90
Tabel 20. Zona <i>water bearing</i> pada sumur ZNU-03	92
Tabel 21. Hasil porositas <i>crossplot</i> dan litologi pada sumur ZNU-03	93
Tabel 22. Zona <i>water bearing</i> pada sumur ZNU-04	95
Tabel 23. Hasil porositas <i>crossplot</i> dan litologi pada sumur ZNU-04	96
Tabel 24. Hasil perhitungan <i>R_w</i>	98

Tabel 25. Hasil perhitungan saturasi air	101
Tabel 26. Jenis fluida pada setiap zona target	117
Tabel 27. Nilai korelasi saturasi air <i>Archie</i> dan Indonesia	124
Tabel 28. Tingkat Korelasi	125

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hidrokarbon merupakan sumber energi untuk kelangsungan hidup manusia, dimana hidrokarbon berada pada sebuah perangkat berupa batuan berpori yang disebut batuan reservoir. Batuan reservoir merupakan batuan yang memiliki kemampuan sebagai tempat penyimpanan hidrokarbon dimana pori-pori batumannya saling berhubungan. Pada penelitian ini terletak di Cekungan Jawa Timur Utara, dimana zona target reservoirnya berada pada Formasi Ngrayong. Formasi Ngrayong terdiri dari batulempung pasiran, batupasir kuarsa, napal dan batu gamping. Batupasir pada Formasi Ngrayong merupakan batuan reservoir yang cukup penting sebagai tempat terakumulasinya hidrokarbon di beberapa lapangan eksplorasi hidrokarbon pada Cekungan Jawa Timur Utara.



Gambar 1. Peta Penampang Fisiografi Cekungan Jawa Timur Utara (Bemmelen, 1949)

Cekungan Jawa Timur Utara merupakan cekungan busur belakang (*back arc basin*) yang terletak di bagian tenggara dari Lempeng Sunda yang dikelilingi

oleh rangkaian pegunungan (*volkanik arc*) dan tunjaman tersier Indonesia-Australia di bagian selatan. Cekungan ini terbentuk akibat tumbukan lempeng Hindia Australia yang bergerak ke arah utara menunjam Lempeng Sunda sehingga terjadi subduksi (Pegunungan Selatan Jawa) dan dibelakangnya terbentuk daerah depresi yang menjadi Cekungan Jawa Timur Utara. Berdasarkan penelitian (Azhary, 2019) didapatkan bahwa Cekungan Jawa Timur Utara masih berpotensi sebagai tempat pembentukan dan pematangan minyak dan gas bumi karena pada cekungan ini memiliki tinggian yang berpotensi sebagai perangkap dan beberapa patahan yang berguna sebagai migrasi minyak dan gas. Perlu dilakukan eksplorasi cadangan minyak dan gas bumi pada wilayah ini dengan melakukan survei geologi dan geofisika berupa metode *well logging*.

Metode *well logging* merupakan suatu teknik untuk mendapatkan data bawah permukaan dengan menggunakan alat ukur yang dimasukkan kedalam lubang sumur. Tujuan dari metode *well logging* adalah untuk mendapatkan informasi litologi, pengukuran porositas, pengukuran resistivitas, permeabilitas dan kejenuhan hidrokarbon yang mengarah pada evaluasi secara kualitatif dan kuantitatif adanya hidrokarbon dengan analisis petrofisika. Analisis petrofisika bertujuan untuk mengetahui parameter-parameter fisik batuan seperti *volume shale*, porositas, saturasi air, dan permeabilitas dalam suatu formasi. Dengan adanya analisis petrofisika, maka deskripsi mengenai batuan reservoir yang mengandung hidrokarbon serta perhitungan cadangan hidrokarbon yang terkandung didalamnya akan lebih mudah dilakukan.

Data *log* sumur memiliki peran penting dalam perkembangan eksplorasi hidrokarbon. Dengan mengetahui data *log* hasil *well logging*, maka dapat melakukan penyelidikan zona prospek pada suatu formasi dimana dari data sumur tersebut maka dapat mempelajari sifat fisik batuan suatu formasi dan perhitungan parameter fisik batuan. Dari pembacaan kurva *log* juga dapat memberikan informasi pada kedalaman lapisan yang mengandung air ataupun hidrokarbon serta sejauh mana penyebarannya. Saturasi hidrokarbon dapat

diketahui dengan terlebih dahulu menghitung saturasi airnya, dengan demikian nilai saturasi air menjadi kunci pengerjaan untuk mengetahui suatu interval atau zona reservoir apakah dominan mengandung air atau hidrokarbon (Siallagan dkk, 2017).

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Aulia, dkk (2021) menyatakan bahwa saturasi air metode *Archie* sangat baik dalam menentukan nilai saturasi air pada reservoir yang tidak memiliki kandungan *shale* atau *clean sand formation* dan karbonat dan pada penelitian oleh Camyra, dkk (2022) menyatakan bahwa saturasi air metode Indonesia sangat baik dilakukan pada formasi batuan yang terdapat pengotor lempung, biasanya untuk formasi batuan yang lempungan (*shaly*) dan memiliki kandungan *shale* berkisar 30%-70%. Studi kasus penelitian ini berfokus pada penentuan korelasi dan kandungan jenis fluida berdasarkan saturasi air menggunakan metode *Archie* dan Indonesia pada Lapangan Z Cekungan Jawa Timur Utara.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Menentukan daerah target reservoir pada sumur ZNT-01, ZNU-01, ZNU-02, ZNU-03, dan ZNU-04 pada Lapangan Z Cekungan Jawa Timur Utara.
2. Menentukan parameter petrofisika yang terdapat pada sumur ZNT-01, ZNU-01, ZNU-02, ZNU-03, dan ZNU-04 pada Lapangan Z Cekungan Jawa Timur Utara.
3. Mengetahui korelasi dari nilai saturasi air menggunakan metode *Archie* dan Indonesia serta mengidentifikasi jenis kandungan fluida pada sumur ZNT-01, ZNU-01, ZNU-02, ZNU-03, dan ZNU-04 pada Lapangan Z Cekungan Jawa Timur Utara.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan pada penelitian ini ialah data sekunder dari 5 sumur yaitu sumur ZNT-01, ZNU-01, ZNU-02, ZNU-03, dan ZNU-04.

2. Analisis petrofisika yang digunakan berupa *volume shale*, porositas, dan saturasi air untuk mengetahui kandungan fluida yang ada pada sumur ZNT-01, ZNU-01, ZNU-02, ZNU-03, dan ZNU-04.
3. Perhitungan saturasi air menggunakan metode *Archie* dan Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

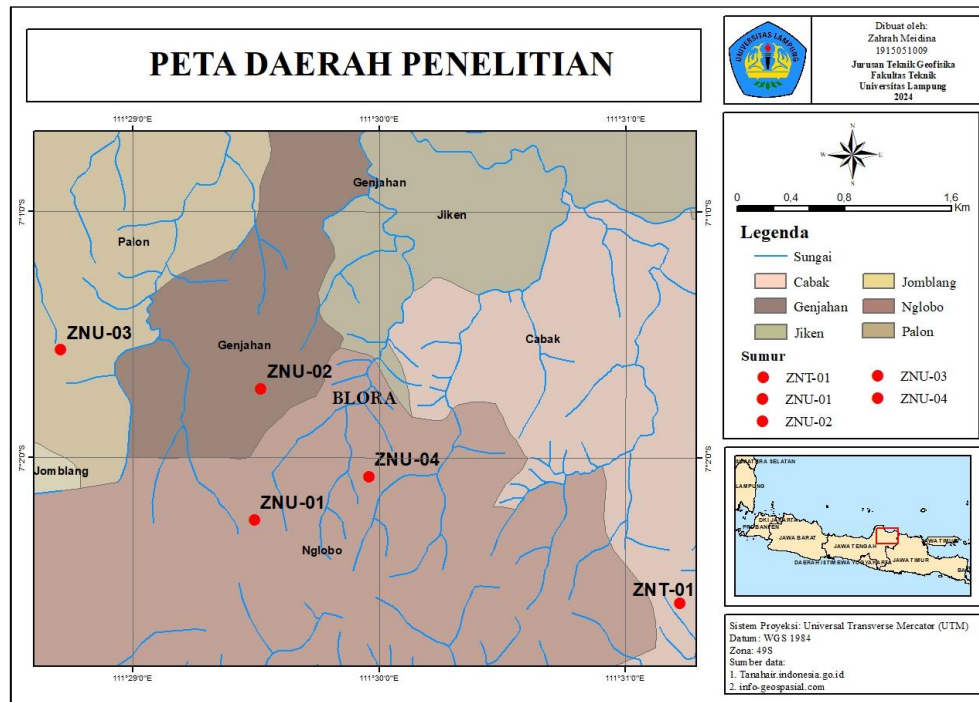
Adapun manfaat penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Menjadi bahan referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai prospek minyak dan gas bumi pada Cekungan Jawa Timur Utara berdasarkan analisis petrofisika.
2. Mengetahui perbedaan hasil perhitungan saturasi air menggunakan metode *Archie* dan Indonesia.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi daerah penelitian ini terletak di area Cekungan Jawa Timur Utara, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Didapatkan 5 data sumur yaitu ZNT-01, ZNU-01, ZNU-02, ZNU-03, dan ZNU-04 pada Lapangan Z Cekungan Jawa Timur Utara yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Daerah penelitian (Badan Informasi Geospasial, 2023)

Secara geografis sumur ZNT-01 terletak pada koordinat $111^{\circ}31'13.18''$ BT $07^{\circ}02'35.36''$ LS, sumur ZNU-01 terletak pada koordinat $111^{\circ}29'29.67''$ BT $07^{\circ}02'15.4''$ LS, sumur ZNU-02 terletak pada koordinat $111^{\circ}29'31.22''$ BT $07^{\circ}01'43.22''$ LS, sumur ZNU-03 terletak pada koordinat $111^{\circ}28'42.51''$ BT $07^{\circ}01'33.70''$ LS, dan sumur ZNU-04 terletak pada koordinat $111^{\circ}29'57.44''$ BT $07^{\circ}02'4.58''$ LS.

2.2 Geologi Regional

Cekungan Jawa Timur secara geologi terbentuk karena proses pengangkatan dan ketidakselarasan proses penurunan muka air laut dan pergeseran dari lempeng tektonik. Pembentukan cekungan ini ditandai dengan terbentuknya *half graben* pada tahap awal yang dipengaruhi oleh adanya struktur yang terbentuk sebelumnya dan tatanan tektonik yang paling muda dipengaruhi oleh pergerakan Lempeng Australia dengan Sunda dan juga secara regional perbedaan bentuk struktural berubah sejalan dengan bertambahnya waktu (Sribudiyani dkk., 2003).

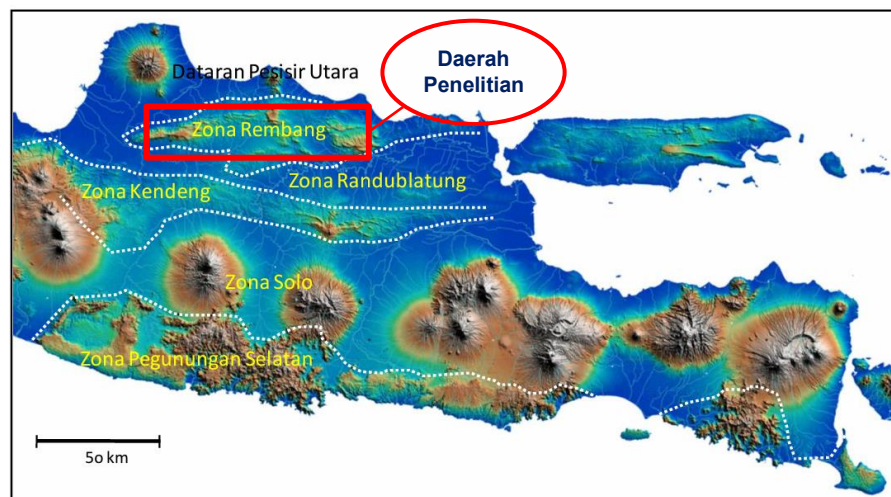


Gambar 3. Peta daerah Cekungan Jawa Timur (Tim Atlas Cekungan PSG, 2009)

Cekungan Jawa Timur Utara membentang dari barat ke timur mulai dari Semarang hingga Surabaya sepanjang ± 250 km dengan lebar 60 - 70 km. Secara geografis cekungan ini terletak antara $110^{\circ}30'$ BT hingga $113^{\circ}30'$ BT dan $6^{\circ}00'$ LS hingga $7^{\circ}30'$ LS (Koesoemadinata dkk., 1980). Pada bagian barat Cekungan Jawa Timur Utara dibatasi oleh Busur Karimunjawa yang memisahkan Cekungan Jawa Timur Utara dengan Cekungan Jawa Barat Utara, di sebelah selatan dibatasi oleh Cekungan Lombok dan sebelah utara dibatasi oleh keberadaan Tinggian Paternoster, posisi ini memisahkannya dengan Selat Makassar. Selain itu dilihat dari posisinya Cekungan Jawa Timur Utara dapat dikelompokkan sebagai cekungan busur belakang dan berada pada batas tenggara dari Lempeng Eurasia. Adapun zona cekungan meliputi Pantai Utara

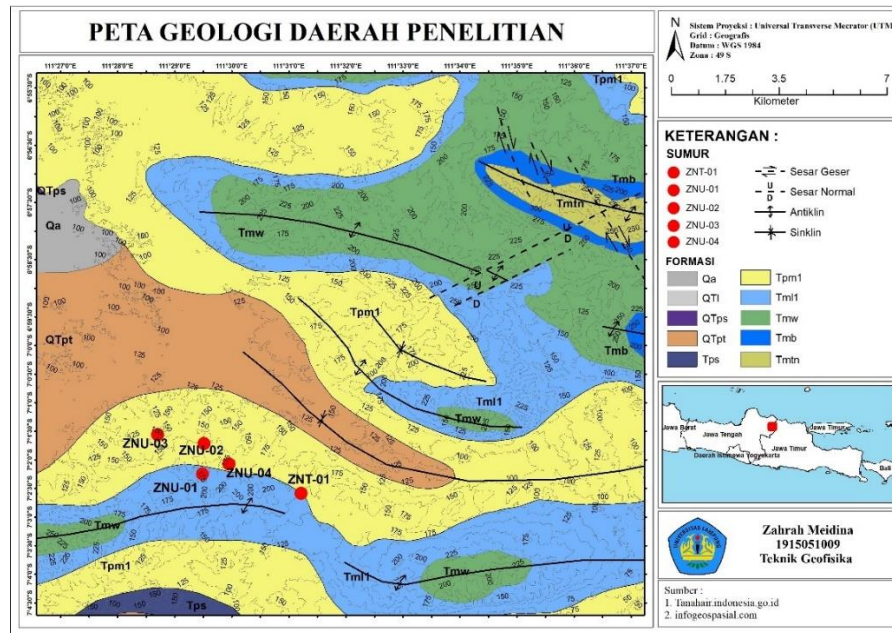
Jawa yang membentang dari Tuban ke arah timur melalui Lamongan, Gresik, dan hampir keseluruhan Pulau Madura (Mujiono dan Pireno, 2002).

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 (Van Bemmelen, 1994). Zonasi fisiografi Cekungan Jawa Timur Utara dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. 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 Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah 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).



Gambar 5. Peta Geologi Daerah Penelitian (Modifikasi dari Amin dkk., 1993)

Berdasarkan peta geologi daerah penelitian menunjukkan daerah penelitian tersusun dari sembilan formasi dan susunan litologi. Qa merupakan endapan aluvium yang terdiri dari lempung, lanau, pasir dan kerikil. QTps merupakan anggota Selorejo yang terdiri dari perselingan batupasir dan batugamping yang kaya akan fosil. QTpt merupakan Formasi Tambakromo yang terdiri dari batulempung, napal dan batugamping. Tmw merupakan Formasi Wonocolo yang terdiri dari batulempung bersisipan tipis dengan batugamping. Tpm1 merupakan Formasi Mundu yang terdiri dari napal. Tps merupakan Formasi Selorejo yang terdiri dari batugamping, batulempung dan pasir. Tmi1 merupakan Formasi Ledok yang terdiri dari batulempung abu-abu, napal, batulanau gampingan dengan sisipan-sisipan tipis batugamping, kadang terdapat batupasir glaukonit. Tmb merupakan Formasi Bulu yang terdiri dari batugamping, pasir dan sedikit sisipan napal. Tmtn merupakan Formasi Ngrayong yang terdiri dari batulempung pasir, batupasir kuarsa, napal dan batu gamping.

2.3 Tatanan Tektonik

Perkembangan tektonik yang berkembang di Cekungan Jawa Timur tidak terlepas dari aktivitas tektonik yaitu pergerakan Lempeng Samudera Indonesia

dan Australia ke arah utara, Lempeng Samudera Filipina dan Pasifik bergerak ke arah barat, dan Lempeng Eurasia yang relatif stabil. Adapun aktivitas tektonik utama yang terjadi pada umur Plio-Pleistosen, hal ini menyebabkan terjadinya pengangkatan daerah regional Cekungan Jawa Timur dan menghasilkan bentuk morfologi seperti yang dapat dilihat sekarang ini. Struktur geologi daerah Cekungan Jawa Timur umumnya berupa sesar naik, sesar turun, sesar geser, dan perlipatan yang mengarah Barat – Timur akibat pengaruh gaya kompresi dari arah Utara – Selatan. Terdapat tiga tahap orogenesis yang berpengaruh pada wilayah Cekungan Jawa Timur Utara, yaitu:

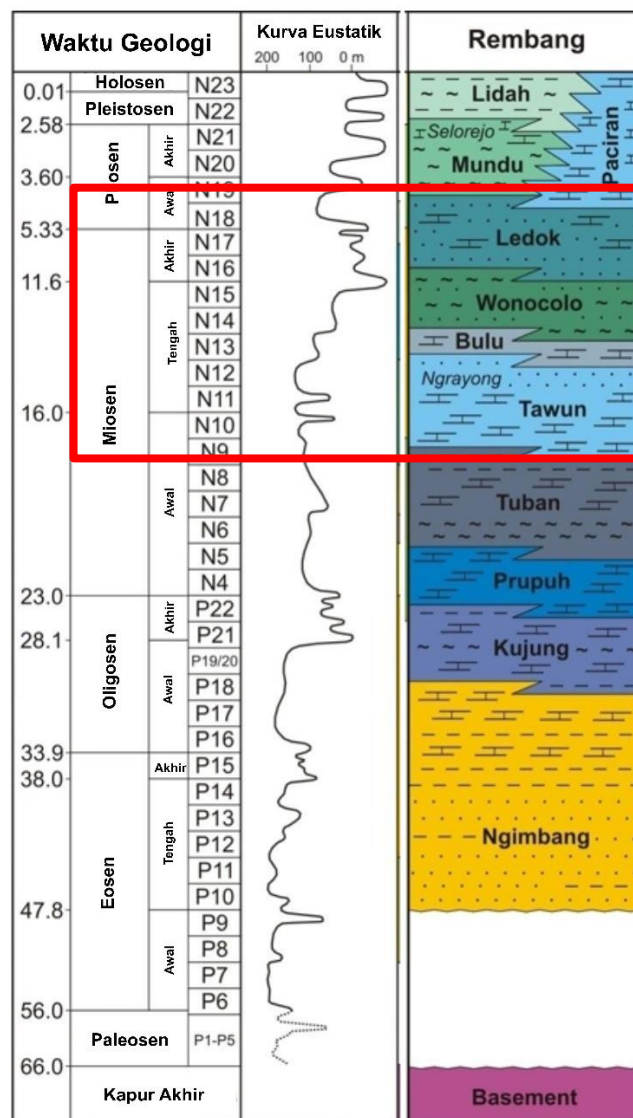
1. Kapur atas sampai Eosen Tengah. Pada zaman kapur akhir terjadi deformasi kompresi mengikuti tumbukan lempeng Laut Jawa bagian timur dengan Paparan Sunda. Pada zaman eosen terjadi *rifting* yang diikuti oleh pengaktifan kembali sesar naik pre-Eosen dan pembentukan sesar normal.
2. Miosen Tengah, Orogenesa pada Miosen Tengah ditandai oleh peristiwa regresi. Fase ini juga ditandai oleh perubahan fasies dari transgresi menjadi regresi diseluruh zona Rembang. Pada tahap ini terbentuk zona sesar RMKS (Rembang-Madura-Kangean-Sakala).
3. Plio-Plistosen, pada Pliosen akhir terbentuk lipatan-lipatan hingga plistosen akhir. Aktivitas vulkanik busur Sunda – Jawa dimulai pada pliosen akhir berlanjut hingga sekarang.

Pembentukan Cekungan Jawa Timur Utara terdiri dari beberapa elemen struktur utama dari selatan ke utara, yaitu:

1. Zona Kendeng – Selat Madura, memanjang dengan arah timurbarat, terutama dicirikan oleh struktur lipatan, sesar normal, dan banyak terdapat sesar naik.
2. Zona Rembang Selatan dan Randublatung, yang merupakan zona negatif dengan pola struktur berarah timur-barat dan terutama dicirikan oleh pola lipatan. Juga terdapat struktur kubah yang berasosiasi dengan struktur sesar seperti antiklin Ngimbang.
3. Zona Rembang Utara dan Madura Utara, struktur antiklinorium yang terangkat dan tererosi pada Plio-Plistosen, berasosiasi dengan sistem sesar mendatar mengiri berarah.

2.4 Stratigrafi Regional

Stratigrafi pada Cekungan Jawa Timur Utara dikontrol oleh evolusi tektonik dari waktu ke waktu. Daerah penelitian termasuk ke dalam zona fisiografi Rembang dimana terdapat batuan Tersier yang terletak tidak selaras bersudut (*angular unconformity*) di bawah batuan Kenozoikum. Penentuan umur secara radiometrik telah dilakukan terhadap batuan pra-tercier, sekitar 100 juta tahun yang lalu atau pada saat Zaman Kapur. Stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara memiliki satuan stratigrafi tertua di atas batuan dasar, yaitu Formasi Ngimbang (Pringgoprawiro, 1983). Adapun klasifikasi stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara pada Gambar 6 dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 6. Stratigrafi Zona Rembang Cekungan Jawa Timur Utara (Husein, 2015)

2.4.1 *Basement*

Basement atau batuan dasar di Cekungan Jawa Timur Utara tersusun dari metamorf, meta-vulkanik, batuan beku, serta sedimen-sedimen *Cretaceous* yang merupakan sikuen batupasir kuarsa yang terlitifikasi secara baik dengan karbonat, batulanau, dan serpih dengan beberapa rijang.

2.4.2 **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.

2.4.3 **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.

2.4.4 **Formasi Prupuh**

Formasi Prupuh disusun oleh perselingan antara batugamping kapur, batugamping bioklastik yang kaya akan fosil *orbitoid*. Formasi ini berumur Oligosen akhir hingga Miosen awal dan menempati jalur yang sempit dan memanjang pada Tinggian Tuban, mulai dari daerah Panceng di timur sampai Tuban di daerah barat. Lingkungan sedimentasi formasi ini yaitu neritik luar pada laut terbuka dengan indikasi gerakan massa gravitasi lereng dasar laut.

2.4.5 Formasi Tuban

Formasi Tuban 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).

2.4.6 Formasi Tawun

Formasi Tawun diendapkan pada Miosen 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*.

2.4.7 Formasi Ngrayong

Formasi Ngrayong secara selaras terletak di atas Formasi Tawun yang berumur Miosen Tengah. Formasi ini tersusun atas litologi batugamping pasiran, batupasir kuarsa, napal dan batugamping. Batupasir pada formasi ini memiliki ketebalan mencapai 300 m dan berfungsi sebagai reservoir utama untuk lapangan minyak di wilayah Cepu dikarenakan Formasi Ngrayong memiliki kandungan batuan reservoir minyak yang potensial.

2.4.8 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.

2.4.9 Formasi Wonocolo

Formasi Wonocolo memiliki arah penyebaran yang cukup luas di Jalur Rembang dengan arah barat-timur. 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 batulempung yang berisisipan dengan batugamping.

2.4.10 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.

2.4.11 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 plangtonik yang melimpah.

2.4.12 Formasi Selorejo

Formasi ini diendapkan pada Pliosen Akhir – Plistosen. 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.

2.4.13 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 – Plistosen Bawah yang diendapkan di lingkungan laut tertutup.

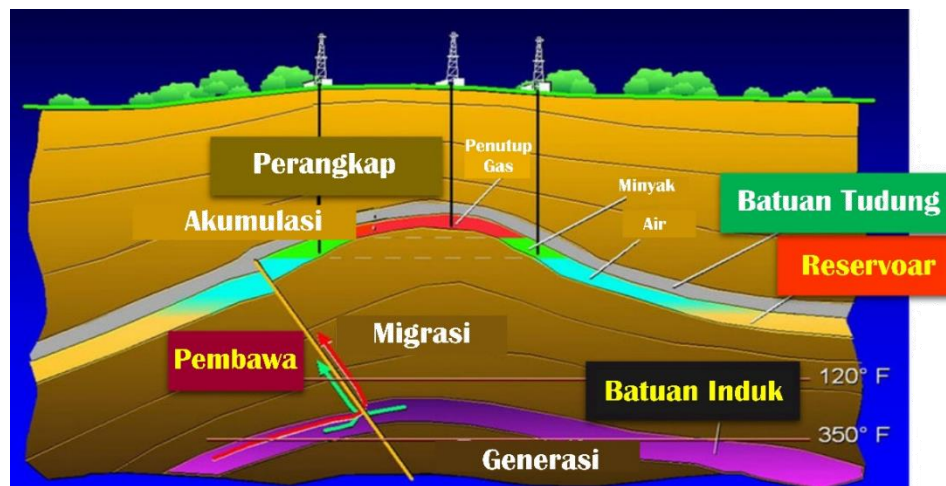
2.4.14 Formasi Paciran

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.

2.5 *Petroleum System* Cekungan Jawa Timur Utara

Petroleum System merupakan sebuah sistem 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 7. *Petroleum system* (Craig dan Quagliaroli, 2020)

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

2.5.1 **Batuan Induk** (*Source Rock*)

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 dan Formasi Kujung (Devi dkk., 2018).

2.5.2 **Batuan Reservoir** (*Reservoir Rock*)

Batuan reservoir yang baik umumnya merupakan batuan yang berpori dan juga memiliki sifat permeabilitas yang baik, sehingga mampu untuk mengakumulasi hidrokarbon. Umumnya batuan reservoir berupa batupasir, atau dapat juga berupa batuan karbonat (*limestone* dan *dolomite*). Batuan reservoir di Cekungan Jawa Tengah menurut

Sinulingga & Ramdhan (2017) berada pada Formasi Ngrayong yang memiliki akumulasi batupasir kuarsa yang cukup besar dan mengendap di atas lapisan *shale* dan *limestone* dari Formasi Tuban, dan diperkirakan berumur Miosen Tengah.

2.5.3 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.

2.5.4 Migrasi (*Migration*)

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.

2.5.5 Perangkap (*Trap*)

Trap atau perangkap adalah sebuah set struktur perlapisan tempat beradanya reservoir dan *seal*. Dimana *trap* ini dapat berupa perangkap hidrokarbon, dimana perangkap ini terdiri dari perangkap stratigrafi, perangkap struktur dan kombinasi dari keduanya. *Trap* di Cekungan Jawa Timur Utara terbentuk pada Oligosen Akhir hingga Miosen Awal dan umumnya merupakan *trap* struktural antiklin yang terjadi akibat adanya inversi sesar (Bintarto dkk., 2020).

2.6 Penelitian Sebelumnya

Azhary dkk (2019) melakukan penelitian mengenai studi Sub-Cekungan Jawa Timur bagian Utara untuk mengetahui pola sub-cekungan berpotensi minyak dan gas bumi menggunakan data gayaberat. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data gayaberat. Dari hasil penelitian, didapat nilai Anomali Bouguer memiliki nilai densitas dari -35 mGal sampai 42 mGal. Pada analisis spektrum didapat kedalaman rata-rata zona regional sebesar 16,13 km dan kedalaman rata-rata residual sebesar 4,47 km dengan lebar jendela 17x17. Dari hasil pemodelan 2,5 D dan 3D didapatkan bahwa daerah Jawa Timur bagian Utara masih memiliki cadangan minyak dan gas bumi yang melimpah, dikarenakan dilihat dari hasil gayaberat yang didapatkan, sub-cekungan pada daerah ini masih berpotensi sebagai tempat pembentukan dan pematangan minyak dan gas bumi, pada daerah ini juga memiliki tinggian yang bisa berpotensi sebagai perangkap dan zona reservoir serta terdapat beberapa patahan yang berguna untuk jalur minyak dan gas bumi ini bermigrasi ke arah tinggian tinggian anomali pada daerah penelitian yang berguna untuk jalur minyak dan gas bumi ini bermigrasi.

Nababan dkk (2019) melakukan penelitian mengenai estimasi nilai porositas dan permeabilitas dengan pendekatan *Digital Rock Physics (DRP)* pada sampel batupasir Formasi Ngrayong, Cekungan Jawa Timur Utara. Data penelitian ini menggunakan sampel data *core* pada batupasir yang berada pada singkapan dari Formasi Ngrayong yang termasuk kedalam stratigrafi Mandala Rembang. Pada sampel batuan ini dilakukan uji laboratorium Petrofisika dan menghasilkan nilai porositas berkisar 33.24% dan permeabilitas berkisar 1150 mDarcy. Selanjutnya pada batuan ini dilakukan pengambilan sampel data *core* dan pemrosesan data citra *digital* menggunakan perangkat lunak *Fiji* yang menghasilkan citra batuan secara *2D* dan *3D*. Dari hasil penelitian ini didapati nilai rata-rata porositas sampel batupasir Formasi Ngrayong yaitu 33.50% dan nilai rata-rata permeabilitasnya sebesar 1267.02 mDarcy, hasil yang didapat pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan nilai yang didapat pada data hasil uji laboratorium petrofisika. Nilai porositas dan permeabilitas yang tinggi

diinterpretasikan sebagai lapisan batupasir yang ideal sebagai batuan *reservoir* minyak/gas bumi.

Hafizha dkk (2023) melakukan penelitian mengenai evaluasi formasi pada interval Formasi Ngrayong berdasarkan analisa petrofisika sumur SR-0, SR-02 dan SR-03 Lapangan Z Cekungan Jawa Timur Utara. Adapun pada penelitian ini menggunakan data *well log* (*log GR*, *log resistivity*, *log neutron* dan *log densitas*), data *cutting* (*top bottom* formasi, karakteristik litologi dan jenis litologi) dan data *mudlog* (deskripsi batuan secara lebih detail). Berdasarkan hasil analisis jenis pola elektrofasi daerah penelitian terdiri dari 2 jenis pola, yaitu pola elektrofasi *bell* dan *funnel* melalui pola *log gamma ray* yang ditemukan pada setiap Sumur di Formasi Ngrayong dengan pengendapan pada pola *funnel* di *delta front* dan pola *bell* di *point bar*. Sedangkan berdasarkan analisis parameter petrofisika dan nilai *cut off* dari seluruh sumur didapatkan nilai *cut off volume shale* sebesar 50%, *cut off* porositas sebesar 5%, dan *cut off* saturasi air sebesar 70%. Dapat disimpulkan bahwa Formasi Ngrayong memiliki porositas yang baik dan dapat menjadi fokus dalam eksplorasi dan pengembangan lapangan.

Bachtiar (2023) melakukan penelitian mengenai penentuan zona hidrokarbon pada Formasi Ngrayong, Lapangan “REZ”, Cekungan Jawa Timur Utara berdasarkan analisis petrofisika. Adapun pada penelitian ini menggunakan data *core* dan *log*, dimana data *log* ini berupa *log gamma ray*, *log resistivitas*, *log neutron*, *log densitas* dan *log wireline*. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa Formasi Ngrayong ini disusun oleh litologi yang berupa batupasir tebal dengan perselingan serpih dan terdapat adanya sedikit sisipan batugamping, oleh sebab itu pada perhitungan saturasi air menggunakan persamaan Indonesia. Berdasarkan analisis parameter petrofisika Formasi Ngrayong masuk kedalam kategori reservoir yang sangat baik dengan nilai *volume shale* sebesar 3%, porositas efektif 25.1%, saturasi air 47% dan permeabilitas 7023.373 mD.

Camyra dkk (2021) melakukan penelitian mengenai perbandingan nilai saturasi air pada zona reservoir batupasir serpihan (*shaly sand*) dengan pendekatan Model Indonesia dan Model Simandoux studi kasus di Cekungan Sumatera Selatan. Adapun pada penelitian ini menggunakan data *log*, dimana data *log* ini berupa *log gamma ray*, *log resistivitas*, *log neutron* dan *log densitas*. Analisis kualitatif pada penelitian ini dilakukan dengan data *log gamma ray* untuk menentukan batas-batas zona batuan yang akan dianalisis sifat fisiknya. Analisis kuantitatif pada penelitian ini untuk menghitung saturasi air yang terdapat pada daerah penelitian. Pada daerah penelitian memiliki karakteristik reservoir berjenis batupasir serpihan dan terendapkan pada lingkungan air tawar juga air yang memiliki salinitas tinggi berdasarkan stratigrafi regional. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa saturasi air metode Indonesia sangat baik dilakukan pada formasi batuan yang terdapat pengotor lempung, biasanya untuk formasi batuan yang lempungan (*shaly*) dan memiliki kandungan *shale* berkisar 30% - 70%. Persamaan Simandoux menunjukkan nilai saturasi air sebesar 44% dan pada persamaan Indonesia memiliki nilai sebesar 41%. Dari hasil saturasi air yang berkisar 41-44%, maka dapat disimpulkan bahwa zona reservoir batupasir pada daerah penelitian ini memiliki kandungan hidrokarbon yang lebih banyak dibandingkan kandungan airnya.

Aulia dkk (2021) melakukan penelitian mengenai penentuan evaluasi formasi menggunakan analisis petrofisika pada Formasi Tuban Lapangan "SY" Cekungan Jawa Timur Utara. Pada penelitian ini menggunakan data *log* dan data sekunder berupa data *mudlog*. Perhitungan saturasi air dilakukan dengan membandingkan persamaan *Archie* dan Simandoux. Saturasi air persamaan *Archie* digunakan pada reservoir yang tidak memiliki kandungan *shale* atau *clean sand formation* dan Karbonat, sedangkan persamaan Simandoux baik digunakan pada pasir yang mengandung *dispersed* dan *laminated shale* karena metode ini memperhitungkan kehadiran *shale*. Berdasarkan hasil analisis litofasies daerah penelitian terbagi menjadi 3 fasies yaitu: Fasies A (*Wackestone to Packstone*), Fasies B (*Wackestone to Mudstone* dominasi kristalin halus-sangat halus), dan Fasies C (*Wackestone to Mudstone*). Sedangkan Berdasarkan analisis

parameter petrofisika dan nilai *cut off* dari seluruh sumur dan fasiesnya, maka didapatkan reservoir terbaik pada Lapangan “SY” Formasi Tuban adalah sumur SY-21, SY-26 Fasies A, dan SY-29.

III. TEORI DASAR

3.1 *Well Logging*

Well logging merupakan suatu teknik untuk mendapatkan data bawah permukaan dengan menggunakan alat ukur yang dimasukkan ke dalam lubang sumur, untuk mengevaluasi formasi dan identifikasi ciri-ciri batuan di bawah permukaan. Tujuan dari *well logging* adalah untuk mendapatkan informasi litologi, pengukuran porositas, pengukuran resistivitas dan kejenuhan Hidrokarbon. Sedangkan tujuan utama dari penggunaan *log* ini adalah untuk menentukan zona dan memperkirakan kuantitas minyak dan gas bumi dalam suatu *reservoir*. *Log* adalah suatu grafik kedalaman (dalam waktu) dari satu set yang menunjukkan parameter fisik, yang diukur secara berkesinambungan dalam sebuah sumur (Harsono, 1997).

Data *log* merupakan grafik terhadap kedalaman atau waktu yang menunjukkan parameter fisik batuan yang meliputi resistivitas, potensial listrik, radioaktivitas, kecepatan rambat gelombang elastis, densitas, kemiringan lapisan dan kekompakan formasi (Harsono, 1997). Pengukuran *log* didapat secara kontinyu pada lubang bor yang mengukur parameter sifat fisik batuan yang diukur tergantung dari *log* yang digunakan. Data *log* juga dapat digunakan sebagai identifikasi zona produktif, menentukan kedalaman dan ketebalan zona reservoir serta juga dapat digunakan dalam membedakan jenis fluida (minyak, gas dan air) pada reservoir. *Log* dapat berupa pengamatan visual sampel yang diambil dari lubang bor atau dalam pengukuran fisika yang diperoleh dari respon piranti instrument yang dipasang di dalam sumur atau *geophysical log* (Ellis, 2008).

Metode *well logging* merupakan metode geofisika yang mengukur besaran -

besaran fisik batuan reservoir yang memberikan informasi bawah permukaan yang meliputi karakteristik litologi, ketebalan lapisan, kandungan fluida, korelasi struktur, dan kontinuitas batuan dari lubang bor (Darling, 2005). Metode *well logging* ini dapat memberikan data yang diperlukan untuk mengevaluasi secara kualitatif dan kuantitatif adanya hidrokarbon (Patty, 2017). Metode *well logging* menghasilkan tingkat akurasi data yang relatif tinggi apabila dibandingkan dengan metode lain, sehingga metode ini masih menjadi pilihan utama perusahaan dalam melakukan eksplorasi meskipun memerlukan biaya yang relatif mahal (Khasanah, 2019).

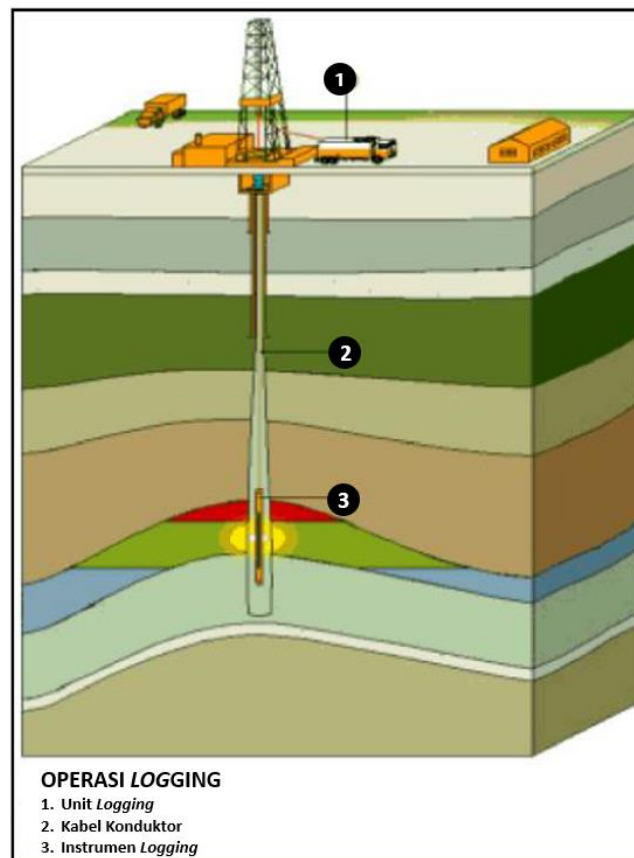
Dalam pelaksanaan *well logging* truk *logging* diatur segaris dengan kepala sumur, kabel *logging* dimasukkan melalui dua buah roda katrol. Roda katrol diikat pada sebuah alat pengukur tegangan kabel. Di dalam kabin *logging* atau truk *logging* terdapat alat penunjuk beban yang menunjukkan tegangan kabel atau berat total alat. Roda katrol bawah diikat pada struktur menara bor dekat dengan mulut sumur. Setelah alat-alat *logging* disambungkan menjadi satu diadakan serangkaian pemeriksaan ulang dan kalibrasi sekali lagi dilakukan supaya yakin bahwa alat berfungsi dengan baik dan tidak terpengaruh oleh suhu tinggi atau lumpur. Alat *logging* kemudian ditarik dengan kecepatan tetap, maka dimulailah proses perekaman data. Untuk mengumpulkan semua data yang diperlukan, seringkali diadakan beberapa kali perekaman dengan kombinasi alat yang berbeda (Harsono, 1997). Sistem pengiriman data di lapangan dapat menggunakan jasa satelit atau telepon sehingga data *log* dari lapangan dapat langsung dikirim ke pusat komputer untuk diolah lebih lanjut.

Ellis dan Singer (2008) membagi metode yang digunakan untuk memperoleh data *log* menjadi dua macam, yaitu:

3.1.1 Wireline Logging

Wireline logging adalah kegiatan yang dilakukan dengan memasukkan alat yang disebut sonde ke dalam lubang pemboran sampai ke dasar lubang. Pencatatan dilakukan dengan menarik sonde tersebut dari dasar lubang sampai ke kedalaman yang diinginkan dengan kecepatan yang

tetap dan menerus. Kegiatan ini dilakukan segera setelah pekerjaan pengeboran selesai. Hasil pengukuran atau pencatatan tersebut disajikan dalam kurva *log vertical* yang sebanding dengan kedalamannya dengan menggunakan skala tertentu sesuai keperluan pemakainya. Tampilan data hasil metode tersebut adalah dalam bentuk *log* yaitu grafik kedalaman dari satu set kurva yang menunjukkan parameter yang diukur secara berkesinambungan di dalam sebuah Sumur (Siallagan dkk., 2017). Adapun hasil dari pengukuran tersebut akan disajikan dalam kurva *log vertical* yang sebanding dengan kedalamannya dengan menggunakan skala tertentu sesuai dengan keperluan pemakainya.



Gambar 8. Operasi Kegiatan *Logging* (Mastoadji, 2007)

3.1.2 *Logging While Drilling*

Logging while drilling (LWD) merupakan suatu teknik pengambilan data *log* dimana *logging* dilakukan bersamaan dengan pemboran. Hal ini dikarenakan alat *logging* tersebut ditempatkan di dalam *drill collar*. Pada

LWD, pengukuran dilakukan secara *real time* oleh *measurement while drilling* (Siallagan dkk., 2017). Pengambilan data dilakukan secara *real time* karena selisih waktu pembacaan alat dengan proses pemboran yang berlangsung sangatlah kecil. Peralatan utama pada LWD ada tiga sensor *logging* di bawah lubang bor, sistem transmisi data, dan penghubung permukaan. (Siallagan dkk., 2017).

3.2 Jenis - Jenis Log

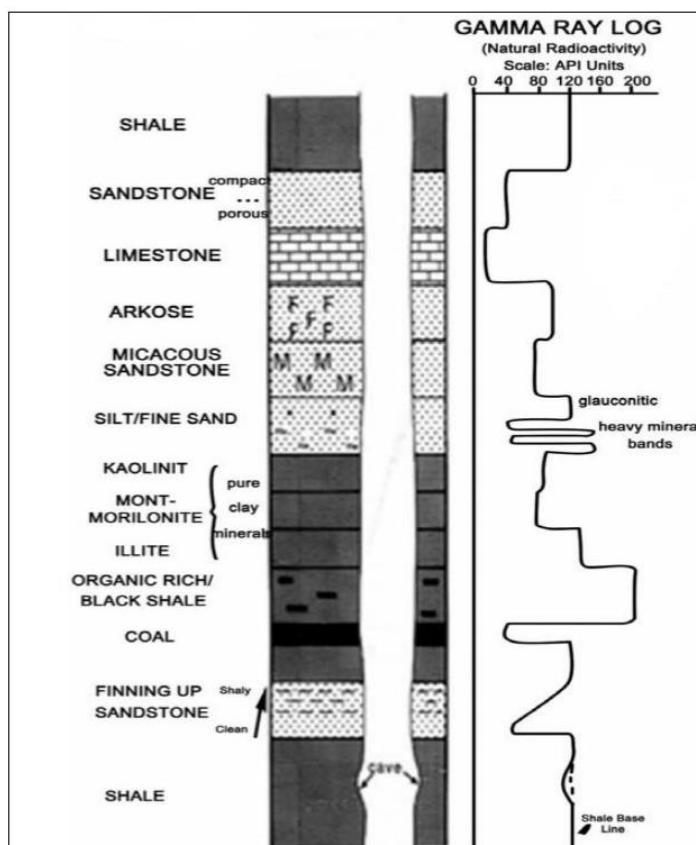
3.2.1 Log Gamma Ray

Log gamma ray (GR) merupakan hasil suatu pengukuran yang menunjukkan besaran intensitas radioaktif yang ada dalam formasi, *log* jenis ini digunakan karena sinar gamma sangat efektif dalam membedakan lapisan permeabel dan yang tidak permeabel, karena unsur-unsur radioaktif cenderung berpusat di dalam *shale* yang tidak permeabel dan tidak banyak terdapat dalam batuan karbonat atau pasir yang secara umum adalah permeabel (Harsono, 1997).

Prinsip pengukuran *log gamma ray* adalah mengukur dan mencatat intensitas radioaktif alami yang didapatkan oleh formasi sebagai fungsi hasil peluruhan radioaktif yang terdapat dalam formasi batuan. *Log Gamma Ray* merupakan metode yang digunakan untuk mengukur radiasi sinar gamma yang dihasilkan oleh unsur-unsur radioaktif yang terdapat dalam lapisan batuan di sepanjang lubang bor. Unsur radioaktif yang terdapat dalam lapisan batuan tersebut diantaranya *uranium*, *thorium*, *potassium* dan *radium*. Unsur radioaktif umumnya banyak terdapat dalam *shale* dan sedikit sekali terdapat dalam *sandstone*, *limestone*, *dolomite*, *coal*, *gypsum* dan lain-lain. Oleh karena itu *shale* akan memberikan respon *gamma ray* yang sangat signifikan dibandingkan dengan batuan lainnya (Erihartanti, 2015).

Log gamma ray memiliki satuan API (*American Petroleum Institute*) dalam skala 0 – 150 API atau 0 – 200 API jika terdapat lapisan *organic*

rich shale. Log ini dapat digunakan untuk mengevaluasi *volume shale* (Vsh), mendeterminasi lapisan *permeable*, mengevaluasi mineral radioaktif, mengevaluasi lapisan mineral radioaktif, dan mengkorelasi serta analisis fasies bawah permukaan. Didalam formasi hampir semua batuan sedimen mempunyai sifat radioaktif yang tinggi, terutama terkonsentrasi pada mineral *clay* (Asquith, 2004).



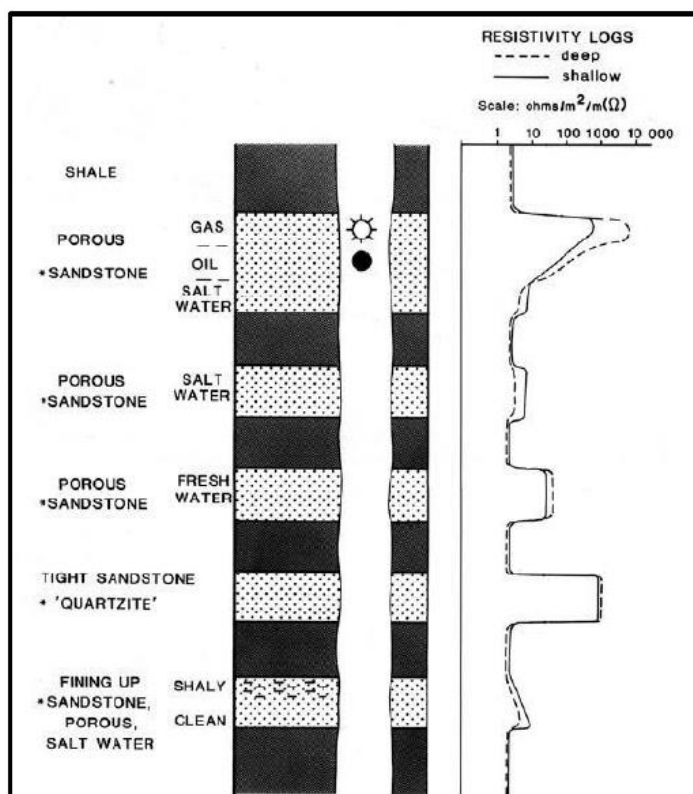
Gambar 9. Respon Log Gamma Ray (Rider, 2002)

Tabel 1. Respon litologi per lapisan batuan (Haryono, 2010)

Radioaktif Sangat Rendah (0 – 32.5 API)	Radioaktif Rendah (32.5 – 60 API)	Radioaktif Sedang (60 – 100 API)	Radioaktif Sangat Tinggi (>100 API)
Andihidrit <i>Salt</i>	Batu Pasir Batuan Gamping	<i>Arkose</i> Batuan Granit	Batuan Serpih Abu Vulkanik
batubara	Dolomit	Lempungan Pasiran Gamping	Bentonit

3.2.2 Log Resistivitas

Log resistivitas merupakan metode yang digunakan untuk mengukur sifat batuan dan fluida pori seperti minyak, air dan gas disepanjang lubang bor dengan mengukur sifat tahanan kelistrikannya. Untuk besaran resistivitas batuan dideskripsikan dengan Ohm Meter, biasanya dibuat dalam skala *logarithmic* dengan rentang nilai antara 0,2 sampai dengan 2000 Ohm Meter (Aprilia, 2018). Kegunaan *log* resistivitas ialah untuk membedakan zona hidrokarbon dan air (Nukefi, 2007). *Log* resistivitas memiliki kegunaan antara lain yaitu untuk membedakan zona hidrokarbon dan air, menentukan nilai saturasi air (S_w), menentukan resistivitas air formasi (R_w), dan menentukan diameter rembesan. Adapun 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 MSFL (*Micro Spherical Focused Log*).



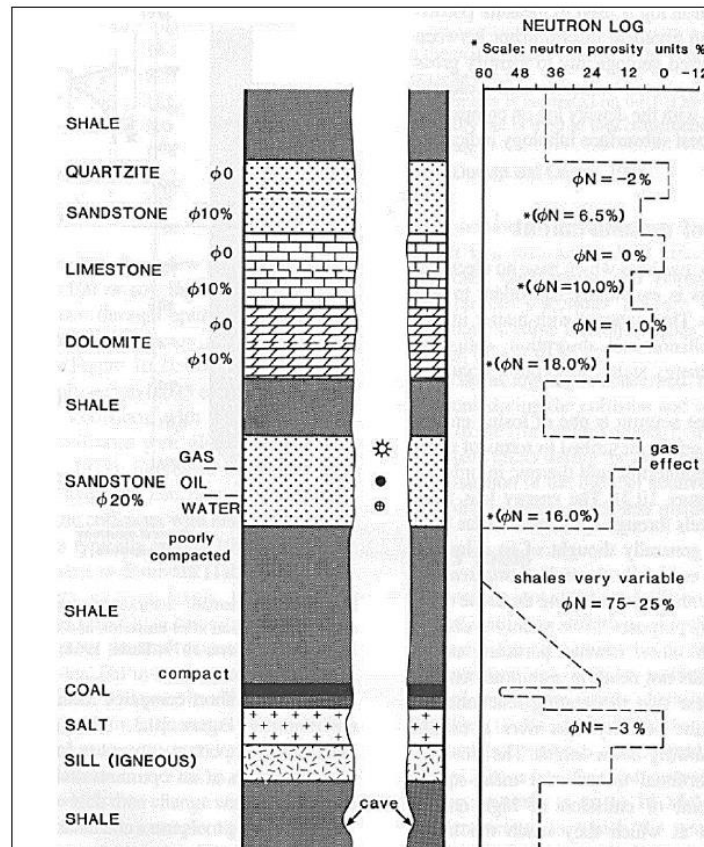
Gambar 10. Respon Log Resistivitas (Rider, 2002)

Tabel 2. Nilai resistivitas litologi batuan (Asquith dan Krygowski, 2004)

Material	Resistivitas (Ohm meter)
<i>Limestone</i>	$5 - 10^2$
<i>Sandstone</i>	$1 - 10^8$
<i>Shale</i>	$2 - 2 \times 10^3$
<i>Dolomite</i>	100 – 10.000
<i>Sand</i>	1 – 1000
<i>Clay</i>	1 – 100
<i>Sea Water</i>	0.2

3.2.3 Log Neutron

Log Neutron merupakan *log* yang mengukur jumlah ion hidrogen pada suatu formasi. *Log neutron* ini digunakan bersama dengan *log densitas* untuk mengukur suatu porositas batuan. Apabila pori yang terisi oleh gas, maka neutron porositas yang terhitung akan lebih kecil. Hal ini karena gas memiliki jumlah ion hidrogen lebih sedikit dibandingkan dengan air maupun minyak. Gejala penurunan nilai neutron porositas ini disebut *gas effect*. Selain *gas effect*, terdapat *shale effect* yang dapat mempengaruhi nilai neutron porositas. *Shale effect* merupakan gejala kenaikan nilai neutron porositas yang terjadi akibat kandungan *shale* (Nukefi, 2007). Prinsip kerja *log* ini yaitu merekam banyaknya atom neutron yang kembali dari presentase pori pada formasi yang terisi atom hidrogen sehingga atom neutron yang ditembakkan ke formasi mengakibatkan menabrak atom-atom hidrogen dan atom-atom yang bertabrakan tersebut akan melemah energinya sehingga detektor akan menghitung atom neutron yang kembali dari formasi tersebut (Dewan, 1983).



Gambar 11. Respon *Log Neutron* (Rider, 2002)

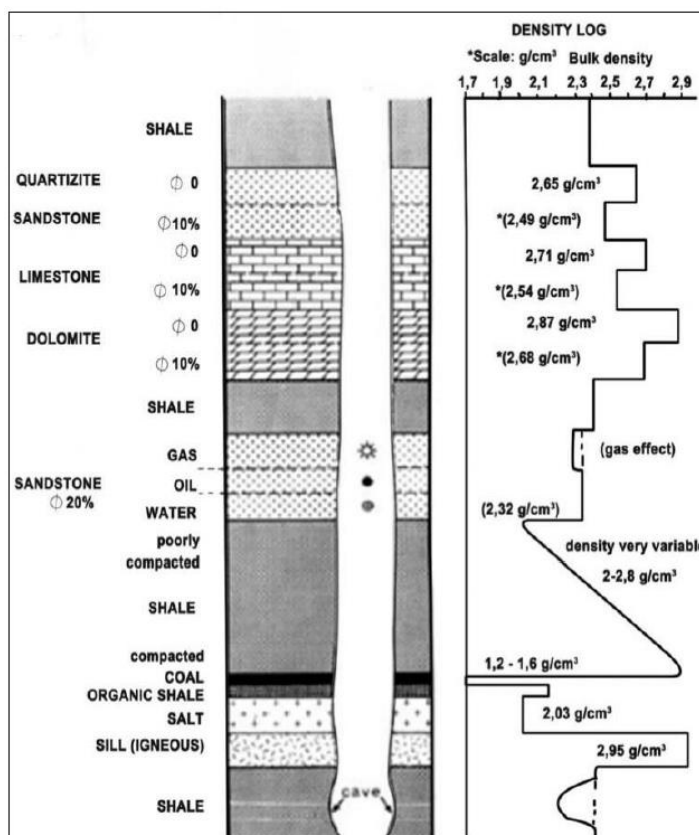
Log Neutron digunakan untuk membedakan formasi yang porous dan mendeterminasi porositasnya. *Log* ini mendeteksi keberadaan hidrogen di dalam formasi. Pada formasi bersih pori – pori telah terisi oleh air atau minyak. *Log Neutron* merefleksikan porositas yang terisi oleh fluida (Prastio, 2020).

3.2.4 *Log Densitas*

Log Densitas merupakan *log* yang digunakan untuk mengukur densitas atau berat jenis total formasi. Prinsip kerja *log* ini yaitu dengan menggunakan prinsip *Compton Scattering*. Pada kejadian hamburan *Compton*, foton sinar gamma bertumbukan dengan elektron dari atom di dalam batuan, foton akan kehilangan tenaga karena proses tumbukan dan dihamburkan kearah yang tidak sama dengan arah foton awal, sedangkan tenaga foton yang hilang sebetulnya diserap oleh elektron sehingga

elektron dapat melepaskan diri dari ikatan atom menjadi elektron bebas (Harsono, 1997).

Log Densitas dilakukan untuk mengukur densitas suatu batuan disepanjang lubang bor. Densitas yang diukur adalah densitas keseluruhan dari matriks batuan dan juga fluida yang terdapat pada pori-pori batuan. *Log* Densitas adalah alat yang digunakan untuk mengukur porositas batuan formasi. Selain itu *Log* Densitas juga dapat digunakan untuk mendeteksi suatu lapisan yang mengandung gas dan menentukan berat jenis hidrokarbon yang mengisi pori-pori batuan (Shandika, 2016). Prinsip kerja *log* densitas ialah dengan cara memancarkan sinar gamma dari sumber radiasi yang diletakkan pada dinding lubang bor. Saat sinar gamma menembus batuan, sinar tersebut akan bertumbukan dengan elektron pada batuan, yang mengakibatkan sinar gamma akan kehilangan sebagian dari energinya dan sebagian lagi dari energi tersebut akan dipantulkan kembali.



Gambar 12. Respon *Log* Densitas (Rider, 2002)

Tabel 3. Densitas matriks litologi batuan (Telford dkk., 1990)

Litologi	Mineral ρ_{ma} (gr/cm ³)
Batupasir	1.61 – 2.76
Batugamping	1.93 – 2.90
Dolomit	2.28 – 2.90
Anhidrit	2.29 – 3.00
garam	2.10 – 2.60

3.3 Parameter Petrofisika

Analisis petrofisika merupakan suatu kegiatan eksplorasi dalam mengevaluasi ciri dan sifat-sifat fisika batuan dengan cara melakukan analisis terhadap hasil pengukuran pada lubang sumur untuk mendapatkan litologi dan sifat petrofisika batuan. Setelah melakukan analisa *petrophysics*, maka parameter petrofisika batuan seperti porositas batuan, saturasi air, kandungan lempung, dan permeabilitas dari batuan di reservoir dapat diketahui. Dengan mengetahui litologi dan sifat –sifat petrofisika batuan, dapat ditentukan interval kedalaman yang merupakan zona reservoir (Erfido, 2014).

3.3.1 Volume Shale

Volume shale adalah banyaknya jumlah *shale* yang ada pada formasi tersebut. Efek yang ditimbulkan oleh adanya kandungan *shale* didalam batuan sedimen adalah terjadinya penyimpangan pada kurva *log*. Hal ini berpengaruh terhadap sifat batuan karena *shale* menjadi penghambat suatu batuan untuk mengalirkan fluida karena *shale* bersifat impermeabel (Harsono, 1997).

Perhitungan *Volume Shale* digunakan untuk menghitung kuantitas *shale* yang ada dalam suatu formasi batuan. Dalam perhitungan lapisan yang mempunyai sisipan berupa *shale* maupun serpih menggunakan persamaan *volume shale* yang dapat diperoleh umumnya dari *log gamma ray*. Perhitungan *Volume Shale* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$IGR = \frac{GR_{Log} - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}} \quad (1)$$

Berdasarkan nilai *indeks gamma ray* (IGR) di atas, besar *volume shale* atau *clay* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$vsh = 0,083 \times (2^{3,7 \times IGR} - 1) \quad (2)$$

Keterangan:

IGR = Indeks *Gamma Ray*

GRlog = *Gamma Ray* formasi (GAPI)

GRmin = *Gamma Ray log* minimum (GAPI)

GRmax = *Gamma Ray log* maksimum (GAPI)

Vsh = *Volume Shale*

3.3.2 Porositas

Porositas adalah perbandingan antara volume pori batuan terhadap volume total seluruh batuan yang dinyatakan dalam persen. Pada formasi renggang besarnya porositas tergantung pada distribusi ukuran butir, dan tidak tergantung pada ukuran butiran mutlak. Nilai porositas akan menjadi tinggi jika semua butirannya mempunyai ukuran butiran yang hampir sama dan sebaliknya akan menjadi rendah jika ukuran butirannya bervariasi sehingga butiran yang kecil akan mengisi ruang pori diantara butiran yang besar. Selain itu, besar kecilnya ukuran ruang pori yang terdapat pada batuan akan menentukan kapasitas penyimpanan fluida reservoir. Porositas adalah representasi dari kemampuan suatu batuan *reservoir* untuk menyimpan fluida (Harsono, 1997).

Menurut Koesoemadinata (1980) porositas dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

a. Porositas Primer

Porositas primer adalah porositas yang terjadi pada waktu pengendapan batuan, dimana besar kecilnya porositas tersebut sangat dipengaruhi oleh susunan butiran, bentuk atau kebundaran butiran, kompaksi dan sedimentasi.

b. Porositas Sekunder

Porositas sekunder adalah porositas yang terjadi oleh adanya proses geologi setelah terjadinya pengendapan batuan, proses pembentukan porositas tersebut antara lain karena pelarutan, retakan dan rekahan. Menurut Koesoemadinata (1980), penentuan kualitas baik tidaknya nilai porositas dari suatu reservoir dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 4. Skala penentuan kualitas porositas batuan (Koesoemadinata, 1980)

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

Secara umum porositas batuan akan berkurang dengan bertambahnya kedalaman batuan, karena semakin dalam suatu batuan maka akan semakin kompak akibat efek tekanan di atasnya. Adapun perhitungan porositas dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

a. Porositas Densitas (ϕD)

Dalam menentukan porositas batuan dipengaruhi oleh litologi kandungan fluida batuan. Porositas dari *log* densitas dinotasikan dengan (ϕD) yang mempunyai harga sesuai dengan persamaan berikut:

$$\phi D = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_f} \quad (3)$$

$$\phi D_{sh} = \frac{\rho_{ma} - \rho_{bsh}}{\rho_{ma} - \rho_f} \quad (4)$$

Keterangan:

ϕD = Porositas densitas

ϕD_{sh} = Porositas densitas *shale*

ρ_{ma} = Densitas matriks batuan (g/cm^3)

ρ_f = Densitas fluida (air) (g/cm^3)

ρ_b = Densitas matriks batuan pada kurva *log* RHOB (g/cm^3)

ρ_{bsh} = Porositas densitas pada *shale*

Dimana untuk nilai dari densitas matriks dan fluida dari batuan sendiri adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai densitas matriks dan fluida batuan (Schlumberger, 1972)

Litologi	Fluida	ρ_{ma} (kg/m^3)	ρ_f (kg/m^3)
Batupasir		2648	
Batugamping		2710	
Dolomit		2876	
	<i>Fresh Water Mud</i>		1000
	<i>Salt Water Mud</i>		1150
	<i>Oil Mud</i>		900

Kemudian dapat dilakukan koreksi dari pengaruh *shale* terhadap nilai dari porositas densitas ini dimana persamannya berdasarkan *schlumberger* (1989), yaitu sebagai berikut:

$$\phi_{Dc} = \phi_D - (\phi_{Dsh} \times v_{sh}) \quad (5)$$

Keterangan:

ϕ_D = Porositas densitas

ϕ_{Dc} = Porositas densitas terkoreksi

ϕ_{Dsh} = Porositas densitas *shale*

v_{sh} = *Volume Shale*

b. Porositas Neutron (ϕ_N)

Log neutron merupakan *log* porositas yang mengukur konsentrasi ion hidrogen pada formasi. Pada perhitungan porositas neutron ini diperlukan koreksi, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\phi_{Nc} = \phi_N - (\phi_{Nsh} \times v_{sh}) \quad (6)$$

Keterangan:

ϕN = Porositas neutron

ϕNc = Porositas neutron terkoreksi

ϕNsh = Porositas neutron *shale*

Vsh = *Volume Shale*

c. Porositas Efektif (ϕ_e)

Porositas efektif merupakan porositas yang dapat dilalui oleh fluida dan tidak termasuk porositas yang tidak berhubungan satu sama lain. Porositas efektif adalah perbandingan antara volume pori-pori yang saling berhubungan terhadap volume batuan total (*bulk volume*) yang dinyatakan dalam persen (Labo, 1987). Dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\phi_{eff} = \sqrt{\frac{\phi Nc^2 + \phi Dc^2}{2}} \quad (7)$$

Keterangan:

ϕ_{eff} = Porositas efektif

ϕNc = Porositas neutron terkoreksi

ϕDc = Porositas densitas terkoreksi

3.3.3 Saturasi Air

Saturasi air merupakan salah satu parameter fisik batuan yang sangat penting dalam menentukan kelayakan sumur untuk diproduksi. Saturasi air (S_w) adalah bagian ruang pori yang terisi air atau volume pori batuan yang terisi oleh air, sedangkan bagian yang terisi oleh hidrokarbon disebut dengan saturasi hidrokarbon (S_h) yang memiliki nilai $(1-S_w)$. Pada awalnya batuan terisi oleh air formasi, namun kemudian terdesak oleh hidrokarbon yang mengalami proses migrasi. Terdapat beberapa metode atau model saturasi yang digunakan sesuai dengan kondisi lingkungan pengendapan, kandungan lempung, dan litologi target reservoir diantaranya *Archie*, *Simandoux*, Indonesia, *Waxman Smith* dan *Dual Water* (Harsono, 1997).

Perhitungan saturasi air diperlukan di dalam analisis mengingat volume batuan tidak sepenuhnya terisi dengan hidrokarbon, oleh sebab itu perlu dilakukan perhitungan jumlah kandungan air dalam batuan. Menurut Malureanu dkk (2016), untuk menentukan nilai saturasi air dapat dilakukan dengan banyak cara dengan menggunakan sifat fisik dari batuan, seperti resistivitas sebenarnya, resistivitas air, porositas, *shale volume*, resistivitas *shale*, saturasi, serta faktor sementasi. Penentuan jenis kandungan di dalam reservoir (air, minyak, dan gas) didapat dari hasil perhitungan kejenuhan air formasi (S_w) dalam hasil batasan umum harga S_w sebagai berikut:

Tabel 6. Interpretasi saturasi fluida (Adim, 1991)

So Rata-rata	Sw Rata-rata	Perkiraan jenis Reservoir
<3%	<50%	Reservoir Gas
2 – 5%	50 – 60%	Reservoir Minyak dan Gas
>5%	60 – 75%	Reservoir Minyak
<1%	>75%	Reservoir Air

Pada awalnya Archie (1942) melakukan eksperimen dengan menggunakan *core* yang dijenuhi air formasi dan menghasilkan hubungan antara saturasi air dengan resistivitas pada formasi permeabel dan porositas formasi. Archie mengasumsikan reservoir secara murni tersusun atas *clean sand* (pasir murni) dan satu-satunya medium yang konduktif adalah air yang menyaturasi reservoir. Pada beberapa kasus metode *archie* juga dapat dengan baik menentukan nilai saturasi air pada reservoir yang memiliki kandungan batuan karbonat. Namun, pada formula Archie mengabaikan kenyataan bahwa pada Formasi terkadang terdapat kehadiran *shale* yang secara dominan tersusun oleh mineral lempung dan silt, hal ini menjadi kekurangan dalam formula S_w dari Archie (Sam-Marcus dkk., 2018). Selain itu, persamaan ini juga tidak menganggap bahwa *shale* yang berada pada suatu formasi dapat meningkatkan pengukuran konduktivitas, sehingga akan membuat nilai

perhitungan menjadi kurang tepat (Dwiyono, 2014). Berikut merupakan persamaan saturasi air metode *Archie*:

$$S_w = \sqrt{\frac{a \times R_w}{\phi^{m \times R_t}}} \quad (8)$$

Keterangan:

S_w = Saturasi air

ϕ = Porositas

a = Faktor Turtoisitas ($a = 0.6-2$)

m = Faktor sementasi ($m = 1-3$)

n = Eksponen saturasi ($n = 2$)

R_w = Nilai resistivitas air formasi

R_t = Nilai resistivitas formasi

Berdasarkan kekurangan pada formula dari *Archie*, dikembangkan beberapa formula perhitungan saturasi air dengan memperhitungkan parameter *shaly-sandy* untuk menghitung saturasi air secara lebih akurat, diantaranya *Simandoux* (Simandoux, 1963) dan model Indonesia (Poupon & Leveaux, 1971).

Poupon and Leveaux (1971) mengusulkan sebuah model empiris yang disebut sebagai "*Indonesia Equation Method*". Persamaan ini dikembangkan berdasarkan karakteristik tipikal dari *fresh water* atau *air fresh* yang berada pada suatu formasi dan tingginya kandungan *shale* yang berkisar antara 30% - 70% yang sering dijumpai pada reservoir minyak di Indonesia (Poupon & Leveaux, 1971). Dalam metode ini, hubungan konduktivitas antara R_t dan S_w merupakan hasil dari konduktivitas lempung, air formasi dan konduktivitas lainnya yang diakibatkan interaksi antara kedua konduktivitas tersebut. Berikut merupakan persamaan saturasi air metode Indonesia:

$$S_w^{n/2} = \frac{\frac{1}{\sqrt{R_t}}}{\left[\frac{V_{sh}^{1-\frac{v_{sh}}{2}} \cdot m}{\sqrt{R_{sh}}} + \frac{\phi^2}{\sqrt{a R_w}} \right]} \quad (9)$$

Keterangan:

S_w = Saturasi Air

- ϕ = Porositas batuan (%)
 a = Faktor Turtoisitas ($a = 0.6-2$)
 m = Faktor sementasi ($m = 1-3$)
 n = Eksponen saturasi ($n = 2$)
 R_w = Nilai resistivitas air formasi
 R_t = Nilai resistivitas formasi
 R_{sh} = Resistivitas pada *shale*
 V_{sh} = Volume *shale*

Metode Indonesia memiliki kelebihan yaitu pada metode ini kehadiran *shale* sudah mulai diperhitungkan. Selain itu, metode ini sangat baik dalam melakukan perhitungan *water saturation* pada formasi yang mengandung *low salinity water / fresh water*. Adapun kekurangan pada metode Indonesia yaitu metode ini hanya bisa meng-*cover* zona salinitas rendah.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Adapun penelitian dilakukan di:

Tempat : Laboratorium Mitigasi Bencana Geologi

Alamat : Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa,
Kota Bandar Lampung, Lampung.

Waktu : 02 Desember 2023 s.d Agustus 2024

4.2 Jadwal Penelitian

Adapun jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian pada tugas akhir ini ditunjukkan pada Tabel 7.

4.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan selama penelitian ini berlangsung adalah sebagai berikut:

1. Laptop
2. Data *log* sumur (.Las)
3. *Software Interactive Petrophysics*
4. *Software ArcGis*
5. Microsoft Excel
6. Microsoft Word

4.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

4.4.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan pada tahapan awal untuk mengumpulkan data. Data yang berkaitan untuk penelitian yaitu berupa tinjauan pustaka, teori dasar, dan mendalami metode yang dipakai sehingga dapat mempermudah dalam penelitian.

4.4.2 Persiapan dan Pengumpulan Data

Tahapan ini merupakan tahapan untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian ini. Pada tahapan ini data penelitian yang dipakai merupakan data *log* sumur (.Las). Data ini terdiri dari data *log* densitas, *log gamma ray*, *log neutron* dan *log resistivitas*.

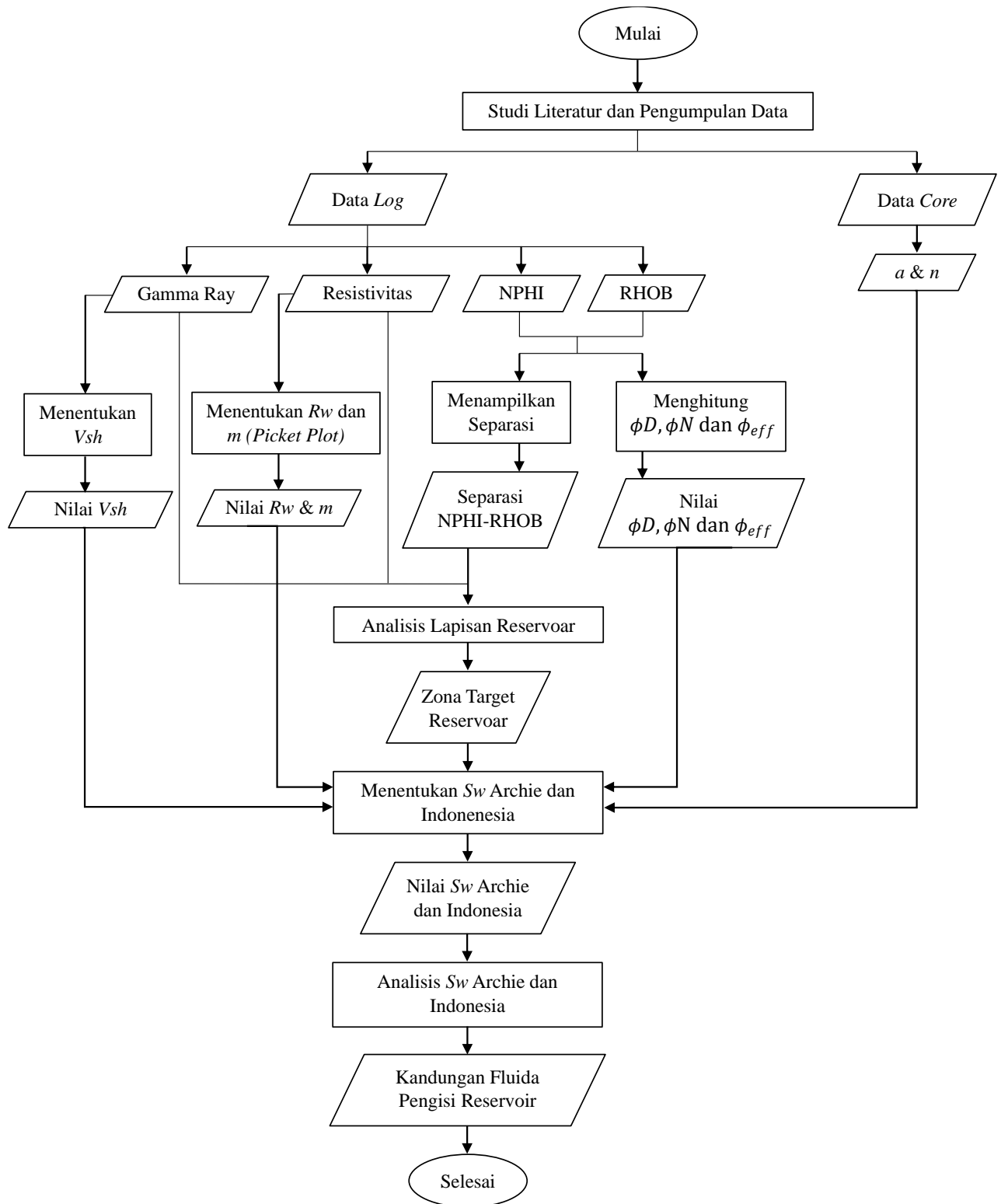
4.4.3 Pengolahan Data

Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan data *log* sumur. Dimana data *log* ini terdiri atas 5 sumur yaitu sumur ZNT-01, ZNU-01, ZNU-02, ZNU-03, dan ZNU-04. Kelima sumur ini terletak pada Cekungan Jawa Timur Utara tepatnya di Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Jenis-jenis *log* yang digunakan pada penelitian ini yaitu *log gamma ray*, *resistivity log*, *density log*, dan *log neutron*. Hal pertama yang dilakukan pada pengolahan data yaitu membuat *triple combo* untuk tiap-tiap sumur dengan bantuan *software Interactive Petrophysics* yang kemudian

dilakukan analisis secara kualitatif untuk menentukan zona target reservoir dengan melihat nilai *log gamma ray* yang bernilai rendah, kemudian nilai resistivitas yang tinggi, dan terdapat separasi antara *log neutron* dan *log densitas*. Selanjutnya yaitu menentukan zona *water bearing* untuk melakukan pencarian nilai resistivitas air formasi (R_w) dengan menggunakan metode *Picket Plot*. Selanjutnya melakukan perhitungan nilai indeks *gamma ray* yang digunakan untuk menghitung kandungan *shale* pada batuan yang kemudian digunakan untuk mencari nilai porositas efektif dari masing-masing zona target reservoir yang sudah ditentukan sebelumnya. Pengolahan ini dilakukan hingga mendapatkan nilai saturasi air (S_w). Nilai saturasi air ini berguna untuk melihat kandungan fluida yang ada pada tiap zona target reservoir.

4.5 Diagram Alir

Adapun diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram Alir Penelitian

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan sumur ZNT-01 dan ZNU-04 terdapat 9 zona target reservoir, sumur ZNU-01 terdapat 10 zona target reservoir, sumur ZNU-02 terdapat 16 zona target reservoir, dan pada sumur ZNU-03 terdapat 12 target reservoir.
2. Berdasarkan hasil perhitungan *volume shale* pada sumur ZNT-01 memiliki rentang *volume shale* yaitu 11.58 – 34.75% dengan nilai porositas yaitu 15.42 – 19.64%, nilai saturasi air yaitu 45.16 – 74.32%. Pada sumur ZNU-01 memiliki rentang *volume shale* yaitu 9.33 – 30.46% dengan nilai porositas yaitu 16.06 – 25.94%, nilai saturasi air yaitu 36.39 – 68.55%. Pada sumur ZNU-02 memiliki rentang *volume shale* yaitu 10.67 – 31.27% dengan nilai porositas yaitu 15.92 – 28.92%, nilai saturasi air yaitu 37.04 – 70.23%. Pada sumur ZNU-03 memiliki rentang *volume shale* yaitu 4.82 – 24.05% dengan nilai porositas yaitu 14.98 – 21.87%, nilai saturasi air yaitu 51.48 – 79.04%. Pada sumur ZNU-04 memiliki rentang *volume shale* cenderung rendah yaitu 12.26 – 21.83% dengan nilai porositas yaitu 14.98 – 21.82%, nilai saturasi air yaitu 57.96 – 82.18%.
3. Berdasarkan nilai saturasi menggunakan metode *Archie* dan Indonesia pada sumur ZNT-01, ZNU-01, dan ZNU-03 didominasi dengan kandungan fluida berupa minyak dan gas, sedangkan pada sumur ZNU-02 didominasi dengan kandungan fluida berupa gas. Pada sumur ZNU-04 didominasi dengan kandungan fluida berupa minyak. Berdasarkan perbandingan nilai R^2 , maka dapat diketahui korelasi dari perhitungan *log* sesuai dengan keadaan sebenarnya dibawah permukaan, karena hasil korelasi sangat kuat sebesar 0.927 – 0.9933.

6.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini yaitu pada data *core* suatu sumur sebaiknya lebih lengkap agar target pada setiap kedalaman masing-masing sumur memiliki data berdasarkan nilai *core* dan dapat diketahui perbandingan antara hasil dari data *log* dan data *core* secara akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adim, H. (1991). *Pengetahuan Dasar Mekanika Reservoir Vol 1*. Universitas Trisakti.
- Amin, T. ., Sidarto, Santosa, S., dan Gunawan, W. (1993). *Peta geologi bersistem lembar Kotaagung skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Departemen Pertambangan dan Energi.
- Aprilia, R., Dewanto, O., Karyanto, K., dan Ramadhan, A. (2018). Analisis Petrofisika Dan Penyebab Low Resistivity Reservoir Zone Berdasarkan Data Log, Sem, Xrd Dan Petrografi Pada Lapangan X Sumatera Selatan. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 4(2), 144–158. <https://doi.org/10.23960/jge.v4i2.13>
- Archie, G. E. (1942). The Electrical Resistivity Log as an Aid in Determining Some Reservoir Characteristics. *Transaction of the AIME*, 146(01), 54–62. <https://doi.org/10.2118/942054-g>
- Asquith, G., Krygowski, D., Henderson, S., dan Hurley, N. (2004). *Basic Well Log Analysis* (Vol. 16). American Association of Petroleum Geologists.
- Aulia, A. S., Gani, R. M. G., Firmansyah, Y., dan Zainal, R. M. (2021). Evaluasi Formasi Menggunakan Analisis Petrofisika Pada Formasi Tuban Lapangan “Sy” Cekungan Jawa Timur Utara. *Geoscience Journal*, 5(2), 161-171.
- Azhary, M., Zaenudin, A., Karyanto, dan Setiadi, I. (2019). Studi Sub-Cekungan Jawa Timur Bagian Utara Untuk Mengetahui Pola Sub-Cekungan Berpotensi Minyak Dan Gas Bumi Menggunakan Data Gaya Berat. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 3(3). <http://doi.org/10.23960/jge.v3i3.1050>
- Bachtiar, A. (2023). Penentuan Zona Hidrokarbon Pada Formasi Ngrayong, Lapangan ”REZ”, Cekungan Jawa Timur Utara Berdasarkan Analisis Petrofisika. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
- Bintarto, B., Swadesi, B., Choiriah, S. U., dan Kaesti, E. Y. (2020). Pemetaan

Singkapan Di Indonesia Berdasarkan Pada Karakteristik Reservoir Migas Studi Kasus “Cekungan Jawa Timur Utara”. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

- Camyra, F., Nurdrajat., Firmansyah, Y., dan Ganjar, R. (2022). Perbandingan Nilai Saturasi Air Pada Zona Reservoir Batupasir Serpihan (Shally Sand) Dengan Pendekatan Model Indonesia Dan Model Simandoux, Studi Kasus Di Cekungan Sumatra Selatan. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 6(1), 698-704.
- Craig, J., dan Quagliaroli, F. (2020). The oil dan gas upstream cycle: Exploration activity. *EPJ Web of Conferences* 246, 00008. <https://doi.org/10.1051/epjconf/202024600008>.
- Darling, T. (2005). *Well Logging and Formation Evaluation*. Elsevier.
- Dewan, J. T. (1983). *Essentials of Modern Open-hole Log Interpretation*. PennWell Books.
- 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. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012009>.
- Dwiyono, I. F., dan Winardi, S. (2014). Kompilasi Metode Water Saturation dalam Evaluasi Formasi. *Proceedings of Seminar Nasional Kebumihan Ke-7*, 420–437.
- Ellis, D. V. dan Singer, J. M. (2008). *Well Logging for Earth Scientist (2nd Edition)*. Springer
- Erfido. (2014). *Analisa Petrophysics dan Rock Physics dalam Penentuan Pengaruh Heterogenitas Reservoir Batupasir terhadap Evaluasi Formasi Lapangan “X” Cekungan Tarakan*. Universitas Diponegoro.
- Erihartanti, Siregar, S. S., dan Sota, I. (2015). Estimasi Sumberdaya Batubara Berdasarkan Data Well Logging Dengan Metode Cross Section Di PT. Telen Orbit Prima Desa Buhut Kab. Kapuas Kalimantan Tengah. *Jurnal Fisika FLUX*, 12(2), 118–127. <https://doi.org/10.20527/flux.v12i2.2612>.
- Hafizha, A. R., Abdurrokhim., Firmansyah, Y., Akbar, I., dan Purnomo, A. L. (2023). Evaluasi Formasi Pada Interval Formasi “Ngrayong” Berdasarkan Analisis Petrofisika Sumur “SR-01, SR-02, SR03” Lapangan “Z” Cekungan

- Jawa Timur Utara. *Geoscience Journal*, 7(1), 1142-1153.
- Harsono, A. (1997). *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*. Schlumberger Oilfield Services.
- Haryono, A. (2010). Interpretasi Pola Sebaran Lapisan Batubara Berdasarkan Data Log Gamma Ray. *Fisika Mulawarman*, 6(2), 1-6.
- Husein, S. (2015). *Petroleum and Regional Geology Northeast Java Basin Indonesia*. Universitas Gajah Mada.
- Husein, S. (2016). *Fieldtrip Geologi Cekungan Jawa Timur Utara*. Universitas Gajah Mada.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2022). *Buku Saku Edisi Desember 2021*. Jakarta.
- Khasanah, U., Supriyanto, dan Djayus. (2019). Analisis Nilai Log Gamma Ray dan Log Density Terhadap Variasi Kecepatan Perekaman Metode Well Logging “Robertson Geologing (RG)”. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 2(1), 1–7.
- Koesoemadinata. R. P. (1980). *Geologi Minyak dan Gas Bumi*. Institut Teknologi Bandung.
- Labo, J. (1987). *A Practical Introduction to Borehole Geophysical*. Society of Exploration Geophysicists.
- Malureanu, I., Boaca, T., dan Naegu, D.-D. (2016). New Relations of Water Saturation’s Calculus from Well Logs. *Acta Geophysica*. <https://doi.org/10.1515/acgeo-2016-0063>.
- Mastoadji, E. K. (2007). *Basic Well Log Interpretation*. Universitas Diponegoro.
- 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 & Exhibition, Volume 1*, 707–726.
- Nababan, B. A., Zanetta, E. V., Novia, N., dan Handoyono. (2019). Estimasi Nilai Porositas dan Permeabilitas Dengan Pendekatan Digital Rock Physics (DRP) Pada Sampel Batupasir Formasi Ngrayong, Cekungan Jawa Timur Bagian Utara. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 5(3). <http://doi.org/doi:10.23960/jge.v5i3.34>.
- Nugroho, M. O. B., dan Amijaya, D. H. (2016). Sedimentologi Formasi Tuban Bagian Bawah. *Proceeding of Seminar Nasional Kebumihan Ke-9*, 682-689.

- Nukefi, A. (2007). Karakterisasi Reservoir dan Perhitungan Volumetrik Cadangan Hidrokarbon pada Reservoir "A", Lapangan Dalmatian, Cekungan Natuna Barat. Institut Teknologi Bandung.
- Patty, J. C., Massinai, M. A., dan Makharani. (2017). Analisis Data Log Untuk Menentukan Initial Gas dan Oil In Place Pada Lapangan "X", Formasi Frontier, Wyoming, USA. Universitas Hasanuddin.
- Poupon, A., dan Leveaux, J. (1971). Evaluation of Water Saturations in Shaly Formation. *The Log Analyst*, 12(4).
- Rider, M. (2002). *The Geological Interpretation of Well Logs (2nd edition)*. Whittles Publishing.
- Prastio, E. (2020). Aplikasi Pulse Neutron Logging untuk Menentukan Zona Hidrokarbon Baru di Lapangan X. *Jurnal Jaring SainTek*, 2(2), 45-54.
- 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 of Seminar Nasional Kebumihan Ke 11*, 436-454.
- Pringgoprawiro, H. (1983). *Biostratigrafi dan Paleogeografi Cekungan Timur Utara Suatu Pendekatan Baru*. Institut Teknologi Bandung.
- Ringgis, J. (1985). *Seismic Stratigraphy I: Proceedings of the Joint ASCOPE/CCOP Workshop I*. White Lotus Press.
- Sam-Marcus, J., Enaworu, E., Rotimi, O. J., dan Seteyeobot, I. (2018). A proposed solution to the determination of water saturation: using a modelled equation. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 8, 10091015. <https://doi.org/10.1007/s13202-018-0453-4>
- Schlumberger. (1972). *Schlumberger Log Interpretation Volume I*. Schlumberger Well Services.
- Schlumberger. (1989). *Log Interpretation Principles/Application*. Schlumberger Educational Services.
- Shandika, D. (2016). *Interpretasi Log untuk Menentukan Interval Perforasi Formasi "K" Lapangan "X"*. Universitas Trisakti.
- Siallagan, F., Dewanto, O., dan Mulyatno, B. S. (2017). Analisis Reservoir Migas

Berdasarkan Parameter Petrofisika dari 7 Sumur di Cekungan Sumatera Selatan. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 3(2).

- Simandoux, P. (1963). Dielectric Measurements on Porous Media Application to The Measurement of Water Saturations: Study of The Behaviour of Argillaceous Formations. *Revue de l'Institut Francais du Petrole* 18 (Supplementary Issue), p. 193-215.
- Sinulingga, Y. R., dan Ramdhan, A. M. (2017). Karakteristik Tekanan Luap Dan Penyebabnya Pada Daerah Lepas Pantai Selat Madura. *Bulletin of Geology*, 1(1).
- Sribudiyani, Prasetya, I., dan Muchsin, N. (2003). The Collision of The East Java Microplate and Its Implication for Hydrocarbon Occurrences in The East Java Basin, Indonesia. *Assoc., 29th Annual Convention Proceeding*.
- Telford, W.M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics*. Second Edition. Cambridge University Press.
- Tim Atlas Cekungan Survei Geologi. (2009). *Peta Cekungan Sedimen Indonesia Berdasarkan Data Gayaberat dan Geologi*. Badan Geologi Departemen ESDM.
- Van Bemmelen, R.W. (1994). *The Geology of Indonesia*. Government Printing Office.