

GEOLOGI MINYAK BUMI: **TEORI, EKSPLORASI, DAN PRODUKSI**

Jamaluddin • Nijusiho Manik • Rohima Sera Afifah •

Aisyah Indah Irmaya • Baiq Maulinda Ulfah,



GEOLOGI MINYAK BUMI: TEORI, EKSPLORASI, DAN PRODUKSI

**Jamaluddin
Nijusiho Manik
Rohima Sera Afifah
Aisyah Indah Irmaya
Baiq Maulinda Ulfah**



GET PRESS INDONESIA

GEOLOGI MINYAK BUMI: TEORI, EKSPLORASI, DAN PRODUKSI

Penulis :

Jamaluddin
Nijusiho Manik
Rohima Sera Afifah
Aisyah Indah Irmaya
Baiq Maulinda Ulfah

ISBN : 978-623-125-756-7

Editor : Dr. Oktavianis, M.Biomed.

Penyunting : Mila Sari., S.ST, M.Si

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat
Website : www.getpress.co.id
Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Mei 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Geologi Minyak Bumi: Teori, Eksplorasi, Dan Produksi ini.

Buku Ini Membahas Pendahuluan Geologi Minyak Bumi, Pembentukan dan Akumulasi Minyak Bumi, Eksplorasi Minyak Bumi, Geologi Reservoir dan Karakterisasi Batuan, Teknik Pengeboran dan Produksi Minyak Bumi.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, April 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB 1 PENDAHULUAN GEOLOGI MINYAK BUMI.....	1
1.1 Pengertian Minyak Bumi.....	3
1.2 Sejarah Eksplorasi Minyak Bumi	7
1.3 Sejarah Minyak Bumi di Indonesia.....	9
1.4 Potensi Migas Di Indonesia.....	11
DAFTAR PUSTAKA	19
BAB 2 PEMBENTUKAN DAN AKUMULASI	
MINYAK BUMI	21
2.1 Pendahuluan.....	21
2.2 Asal Minyakbumi.....	21
2.2.1 Teori anorganik	22
2.2.2 Teori organik	22
2.2.3 Pembentukan zat organik menjadi minyakbumi	23
2.3 Pembentukan Minyakbumi	25
2.3.1 Batuan Induk	25
2.3.2 Waktu Pembentukan Minyakbumi.....	27
2.3.3 Pematangan.....	28
2.3.4 Migrasi.....	29
2.4 Akumulasi Minyakbumi.....	30
DAFTAR PUSTAKA	33
BAB 3 EKSPLORASI MINYAK BUMI	35
3.1 Pendahuluan.....	35
3.2 Sejarah Eksplorasi Miyak Bumi.....	36
3.2.1 Perkembangan Industri Migas.....	36
3.2.2 Perkembangan Metode Eksplorasi Migas.....	39
3.3 Pengantar Eksplorasi Minyak Bumi.....	39
3.3.1 Eksplorasi Migas pada tatanan tektonik.....	39
3.3.2 Minyak dan Gas Bumi.....	41
3.3.3 Lapangan dan Lapisan Baru	43
3.4 Tahapan Eksplorasi Miyak Bumi.....	45
3.4.1 Studi Geologi.....	47

3.4.2 Studi Geofisika	47
3.4.3 Pemboran Eksplorasi	51
3.5 Metode Eksplorasi Minyak Bumi	52
3.5.1 Identifikasi Langsung	52
3.5.2 Metode Geologi	52
3.5.3 Metode Geofisika.....	53
3.5.4 Metode Pemboran Eksplorasi	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
BAB 4 GEOLOGI RESERVOIR DAN	
KARAKTERISASI BATUAN.....	63
4.1 Pendahuluan.....	63
4.2 Peran Geologi dalam Eksplorasi dan Produksi	
Migas	64
4.3 Konsep Dasar Geologi Reservoir.....	65
4.4 Karakteristik Batuan Reservoir.....	69
4.5 Klasifikasi Batuan Reservoir.....	73
4.6 Metode Analisis Karakteristik Batuan	75
4.7 Aplikasi Dalam Eksplorasi dan Produksi.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....	79
BAB 5 TEKNIK PENGEBORAN DAN PRODUKSI	
MINYAK BUMI.....	83
5.1 Pendahuluan.....	83
5.2 Jenis- Jenis Pengeboran	84
5.2.1 Berdasarkan Tujuan.....	84
5.2.2 Berdasarkan Lokasi.....	85
5.2.3 Bentuk Lubang Sumur	86
5.3 Persiapan Pengeboran	87
5.3.1 Persiapan Tempat	88
5.3.2 Pengiriman Peralatan ke Lokasi.....	89
5.3.3 Penunjukan Personnel	89
5.3.4 Persiapan <i>Rig</i> Dan Pendiariannya.....	89
5.3.5 Pemasangan Peralatan Pendukung.....	90
5.3.6 Persiapan Akhir	90
5.4 Sistem dalam Operasi Pengeboran	91
5.4.1 Sistem Angkat (<i>Hoisting system</i>)	91
5.4.2 Sistem Putar (<i>rotating system</i>)	93
5.4.3 Sistem Sirkulasi (<i>circulating system</i>).....	93

5.4.4 Sistem Tenaga (<i>power system</i>)	94
5.4.5 Sistem Pencegah Semburan Liar (BOP system)	94
5.5 Perencanaan <i>Well Completion</i> (Tahap Penyelesaian Sumur)	95
5.6 Tahap Penimbaan (<i>Swabbing</i>)	96
5.7 Metode Produksi Migas	96
5.7.1 <i>Primary Recovery</i>	97
5.7.2 <i>Secondary Recovery</i>	97
5.7.3 <i>Tertiary Recovery</i>	97
DAFTAR PUSTAKA	98
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Komposisi Kimia Minyak Bumi	5
Tabel 1.2. Jenis produk minyak bumi serta komponen utama yang menyusunnya berdasarkan panjang rantai hidrokarbon	6
Tabel 3.1. Cekungan-Cekungan di Indonesia.....	44
Tabel 3.2. Macam-macam metode Geofisika	47
Tabel 3.3. Studi dalam Geologi beserta fungsi	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	10 Negara dengan Cadangan minyak terbesar 2023	3
Gambar 1.2.	Peta Cekungan Sedimen Indonesia	13
Gambar 1.3.	Penyebaran Cadangan Minyak dan Kondensat Indonesia	16
Gambar 1.4.	Penyebaran Cadangan Gas Bumi Indonesia.	18
Gambar 3.1.	Perkembangan Industri Migas pada Masa Sebelum Masehi	37
Gambar 3.2.	Perkembangan Industri Migas Masa Sesudah Masehi hingga abad 18.....	37
Gambar 3.3.	Perkembangan Industri Migas pada Masa abad 19	38
Gambar 3.4.	Perkembangan Industri Migas pada Masa abad 20	38
Gambar 3.5.	Perkembangan Metode Eksplorasi Migas..	39
Gambar 3.6.	Zona hidokarbon, lokasi keterdapatan migas,	40
Gambar 3.7.	Ilustrasi Lapisan Sandstone membentuk Pinch out pada Cekungan Sedimen dan Cekungan Migas, a) Cekungan Sedimen; b) Cekungan Migas.....	42
Gambar 3.8.	Ilustrasi Proses Pembentukan Minyak Bumi	43
Gambar 3.9.	Ilustrasi eksplorasi Migas di lapangan baru dan atau di lapisan baru (Rohima, 2019) dimodifikasi	44
Gambar 3.10.	Bagan Tahapan operasi survei eksplorasi Migas	46
Gambar 3.11.	Ilustrasi Operasi Survey Seismik.....	51
Gambar 3.12.	Ilustrasi Operasi Survey Seismik.....	52
Gambar 3.13.	a) Seismik Refleksi; b) Seismik Refraksi..	54
Gambar 3.14.	a) Seismik Refleksi	54
Gambar 3.14.	b) Seismik Refraksi	54
Gambar 3.16.	Gravitasi	59

Gambar 4.1. Kenampakan antiklin di wilayah Kabun	67
Gambar 4.2. Singkapan di tepian Sungai Kaligarang memperlihatkan keberadaan bidang sesar yang memotong perlapisan batupasir tufan, ditandai dengan garis kuning.....	68
Gambar 4.3. Tipe-tipe sistem petroleum di Indonesia...	69
Gambar 4.4. Singkapan Batuan Klastik di Zona Inthanon.....	70
Gambar 4.5. Batuan Karbonat.....	71
Gambar 4.6. Batuan beku vulkanik ekstrusif.....	72
Gambar 5.1. Alur Pengeboran dalam Pengembangan Lapangan	85
Gambar 5.2. Jenis- Jenis <i>Rig</i> Berdasarkan Lokasi Pengeboran.....	86
Gambar 5.3. Pengeboran Vertikal (<i>straight hole drilling</i>).....	87
Gambar 5.4. Komponen <i>Hoisting Sysytem</i>	92
Gambar 5.5. Komponen <i>Rotating System</i>	93
Gambar 5.6. Komponen <i>Circulating System</i>	94
Gambar 5.7. Komponen <i>BOP System</i>	95

BAB 1

PENDAHULUAN GEOLOGI MINYAK BUMI

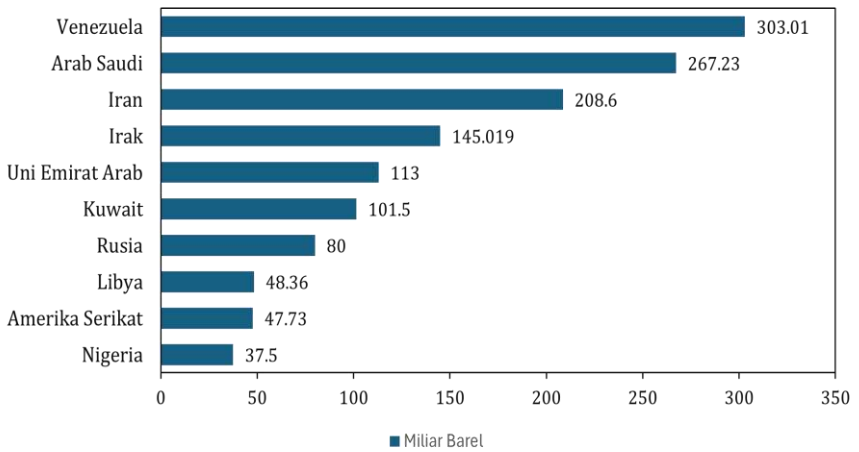
Geologi minyak bumi adalah cabang ilmu geologi yang mempelajari asal-usul, distribusi, eksplorasi, dan produksi minyak bumi serta gas alam di dalam kerak bumi. Minyak bumi merupakan salah satu sumber daya energi utama yang telah digunakan sejak ribuan tahun lalu dan terus menjadi komoditas strategis di berbagai sektor industri dan transportasi (Tissot dan Welte, 1984). Ilmu geologi minyak bumi sangat penting untuk memahami bagaimana minyak terbentuk, bagaimana ia bermigrasi dari batuan sumber ke batuan reservoir, dan bagaimana ia terperangkap dalam perangkap geologis yang dapat dieksploitasi oleh manusia. Proses pembentukan minyak bumi berlangsung selama jutaan tahun dan melibatkan serangkaian tahapan geokimia serta geofisika yang kompleks (Levorsen, 1967).

Petroleum berasal dari dua kata dalam bahasa Latin, yaitu ***petra*** yang berarti "batu" dan ***oleum*** yang berarti "minyak." Jadi, secara harfiah, *petroleum* berarti "minyak batuan." Istilah ini menggambarkan sifatnya sebagai cairan alami yang ditemukan di dalam lapisan batuan di bawah permukaan bumi. *Petroleum* adalah campuran kompleks dari hidrokarbon yang terutama terdiri dari unsur karbon (C) dan hidrogen (H) dengan sejumlah kecil unsur lain seperti belerang (S), oksigen (O), dan nitrogen (N) (Hunt, 1996). Campuran ini terbentuk selama jutaan tahun dari dekomposisi organisme laut yang terkubur di bawah sedimen dan mengalami tekanan serta panas yang tinggi.

Pemahaman yang komprehensif tentang geologi minyak bumi tidak hanya berkontribusi pada efisiensi dan efektivitas eksplorasi serta produksi minyak dan gas tetapi juga memainkan peran penting dalam pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan. Dengan memahami proses geologis yang

mendasari pembentukan dan distribusi hidrokarbon, industri perminyakan dapat mengembangkan strategi eksplorasi yang lebih tepat sasaran dan mengurangi dampak lingkungan yang mungkin timbul dari kegiatan eksploitasi (Sheriff, 1992). Dalam kajian geologi minyak bumi, pemahaman terhadap aspek geokimia, tektonik, dan sedimentologi menjadi sangat penting dalam menentukan lokasi potensial keberadaan minyak bumi. Dengan meningkatnya kebutuhan energi dunia, penelitian di bidang ini terus dilakukan untuk menemukan sumber daya baru dan mengoptimalkan produksi dari cadangan yang sudah ada.

Menurut data dari *Organization of the Petroleum Exporting Countries* (OPEC), total cadangan minyak mentah terbukti di dunia pada tahun 2023 mencapai 1,57 triliun barel. Venezuela menjadi negara dengan cadangan terbesar, yakni 303 miliar barel atau sekitar 19% dari total global. Selain Venezuela, beberapa negara lain dengan cadangan minyak terbesar adalah Arab Saudi (17%), Iran (13%), Irak (9%), Uni Emirat Arab (7%), Kuwait (6%), Rusia (5%), Libya (3%), Amerika Serikat (3%), dan Nigeria (2%). Secara kumulatif, sepuluh negara tersebut menguasai sekitar 86% dari total cadangan minyak dunia. Sementara itu, Indonesia memiliki cadangan minyak sebesar 2,27 miliar barel, atau 0,1% dari total global yang menempatkannya di urutan ke-29 secara global dalam daftar negara dengan cadangan minyak terbukti (OPEC, 2023) (Gambar 1.1).



Gambar 1.1. 10 Negara dengan Cadangan minyak terbesar 2023 (OPEC, 2023).

1.1 Pengertian Minyak Bumi

Minyak bumi merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki peran vital dalam kehidupan manusia modern. Sebagai bahan bakar utama untuk transportasi, industri, dan pembangkit listrik, minyak bumi menjadi komoditas strategis yang sangat diperhitungkan dalam ekonomi global (Tissot dan Welte, 1984). Minyak bumi terbentuk dari sisa-sisa organisme laut mikroskopis yang mengalami proses sedimentasi dan transformasi kimiawi selama jutaan tahun (Hunt, 1996). Proses ini melibatkan beberapa tahapan utama, yakni pembentukan batuan induk (*source rock*), migrasi hidrokarbon, pembentukan reservoir, serta perangkap minyak (*trap*) yang memungkinkan akumulasi minyak bumi dalam jumlah yang ekonomis untuk dieksploitasi (Allen dan Allen, 2013).

Hidrokarbon yang dihasilkan oleh batuan induk kemudian bermigrasi melalui pori-pori dan rekahan batuan hingga mencapai batuan reservoir yang memiliki porositas dan permeabilitas yang cukup untuk menyimpan minyak bumi (North, 1985). Proses ini dikontrol oleh struktur geologi seperti sesar dan lipatan yang berperan dalam membentuk perangkap minyak bumi (Hunt, 1996). Minyak dan gas bumi terbentuk dari

sisa-sisa organisme yang mati dan terperangkap dalam endapan sedimen kemudian mengalami proses transformasi kimiawi yang berlangsung selama jutaan tahun. Proses ini menyerupai mekanisme pemasakan, di mana bahan organik mengalami perubahan akibat tekanan dan suhu tinggi hingga menghasilkan minyak dan gas bumi sebagai produk akhir. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Tissot dan Welte (1984), proses pembentukan minyak dan gas bumi dimulai dari pengendapan material organik di lingkungan sedimen, diikuti oleh transformasi menjadi hidrokarbon akibat pengaruh tekanan dan suhu di dalam kerak bumi.

Komposisi minyak bumi sangat bervariasi tergantung pada sumbernya yang mempengaruhi kualitas dan proses pengolahannya. Komponen-komponen ini perlu dipisahkan dan dimurnikan melalui proses seperti distilasi fraksional dan hidrodesulfurisasi sebelum dapat digunakan sebagai bahan bakar atau bahan baku industri petrokimia. Minyak bumi merupakan campuran kompleks yang terdiri dari berbagai unsur dan senyawa kimia. Berdasarkan tabel komposisi (Tabel 1.1), unsur utama dalam minyak bumi adalah karbon (C) dengan kandungan sekitar 83–87% yang berperan sebagai struktur dasar bagi hidrokarbon. Hidrogen (H) hadir dalam jumlah 11–25% berikatan dengan karbon untuk membentuk rantai hidrokarbon seperti alkana, sikloalkana, dan hidrokarbon aromatik. Selain itu, minyak bumi juga mengandung belerang (S) dalam rentang 0–6% yang dapat membentuk senyawa seperti hidrogen sulfida (H_2S) dan merkaptan. Kandungan belerang yang tinggi dalam minyak bumi biasanya menurunkan kualitas bahan bakar karena dapat menyebabkan korosi dan pencemaran lingkungan. Nitrogen (N) juga ditemukan dalam jumlah kecil sekitar 0–0,7% yang dapat berbentuk amina atau senyawa heterosiklik. Unsur oksigen (O) terdapat dalam kisaran 0–0,5% biasanya dalam bentuk senyawa oksigenasi seperti asam karboksilat, fenol, atau eter. Selain itu, minyak bumi juga mengandung logam berat seperti nikel (Ni), besi (Fe), dan tembaga (Cu) dalam jumlah sangat kecil sekitar 0–0,1% yang

biasanya berasal dari sumber geologi tempat minyak bumi terbentuk.

Tabel 1.1. Komposisi Kimia Minyak Bumi (van Dyke, 1997).

Unsur	Gas Bumi	Aspal	Minyak Mentah	
Karbon	65 – 80	80 – 85	82.2 – 87.1	83 – 87
Hidrogen	1 – 25	8.5 – 11	11.7 – 14.7	11 – 25
Belerang	0 – 0.2	2 – 8	0.1 – 5.5	0 – 6
Nitrogen	1 – 15	0 – 2	0.1 – 1.5	0 – 0.7
Oksigen	–	–	0.1 – 4.5	0 – 0.5
Logam	–	–	–	0 – 0.1

Produk minyak bumi terdiri dari berbagai jenis berdasarkan panjang rantai hidrokarbon yang menyusunnya (Tabel 1.2). Gas merupakan fraksi minyak bumi dengan rantai karbon pendek, berkisar antara C_1 hingga C_5 yang mencakup metana, etana, propana, butana, dan pentana. Gas-gas ini digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga serta bahan baku industri petrokimia. Bensin yang mengandung hidrokarbon dengan rantai karbon C_6 hingga C_{10} memiliki struktur lurus maupun bercabang dan digunakan sebagai bahan bakar utama dalam mesin pembakaran internal kendaraan bermotor. Kerosin atau bahan bakar jet terdiri dari hidrokarbon dengan rantai C_{11} hingga C_{12} yang mencakup alkana, sikloalkana, serta hidrokarbon aromatik dalam jumlah kecil. Bahan bakar ini memiliki titik nyala yang sesuai untuk mesin turbin gas dan digunakan dalam penerbangan. Sementara itu, bahan bakar diesel no. 2 dan bahan bakar gas ringan mengandung hidrokarbon dengan rantai C_{12} hingga C_{18} dengan komposisi utama berupa n-alkana, sikloalkana, serta campuran aromatik dan olefin. Fraksi ini memiliki viskositas lebih tinggi dibandingkan bensin dan digunakan dalam mesin diesel serta aplikasi industri lainnya.

Minyak pelumas ringan mengandung hidrokarbon dengan rantai C_{18} hingga C_{25} dan berfungsi sebagai pelumas dalam mesin untuk mengurangi gesekan serta meningkatkan efisiensi operasional. Minyak pelumas berat yang memiliki rantai

hidrokarbon lebih panjang (C_{26} hingga C_{38}) digunakan dalam mesin industri berat karena sifat viskositasnya yang tinggi dan ketahanannya terhadap suhu serta tekanan ekstrem. Aspal merupakan fraksi minyak bumi yang paling berat tersusun dari hidrokarbon polisiklik yang kaya akan aspaltena dan resin. Sifat viskositas tinggi serta ketahanan terhadap oksidasi membuat aspal digunakan dalam konstruksi jalan serta sebagai bahan pelapis tahan air.

Secara umum, semakin panjang rantai hidrokarbon dalam suatu fraksi minyak bumi, semakin tinggi titik didih dan viskositasnya yang menentukan kegunaan produk dalam berbagai sektor industri. Perbedaan struktur molekul dalam setiap fraksi juga memengaruhi sifat fisik dan kimia sehingga setiap produk minyak bumi memiliki karakteristik yang sesuai dengan aplikasinya.

Tabel 1.2. Jenis produk minyak bumi serta komponen utama yang menyusunnya berdasarkan panjang rantai hidrokarbon

Jenis Produk	Komponen utama
Gas	Terdiri dari alkana dengan struktur rantai karbon lurus maupun bercabang, mencakup C_1 hingga C_5
Bensin	Mengandung hidrokarbon dengan rantai karbon antara C_6 hingga C_{10} , baik yang memiliki struktur lurus maupun bercabang.
Kerosin atau bahan bakar dieseln ^o .1 dan jet fuel	Tersusun atas hidrokarbon dengan rantai C_{11} hingga C_{12} , meliputi n-alkana, sikloalkana, senyawa aromatik, serta campuran aromatik. Kandungan benzena dan senyawa aromatik polisiklik (PAHs) biasanya sangat sedikit.
Bahan bakar diesel no. 2 dan bahan bakar gas ringan	Terdiri dari hidrokarbon berantai C_{12} hingga C_{18} , termasuk n-alkana (dengan titik didih lebih rendah dari kerosin), sikloalkana, olefin, serta

Jenis Produk	Komponen utama
	campuran antara olefin dan stirena.
Minyak pelumas ringan	Hidrokarbon dengan panjang rantai karbon antara C ₁₈ hingga C ₂₅ .
Minyak pelumas berat	Hidrokarbon dengan rantai karbon antara C ₂₆ hingga C ₃₈
Aspal	Fraksi berat yang didominasi oleh hidrokarbon polisiklik

1.2 Sejarah Eksplorasi Minyak Bumi

Minyak bumi telah dikenal dan dimanfaatkan oleh manusia sejak ribuan tahun yang lalu. Bukti penggunaan minyak bumi pertama kali ditemukan di Mesopotamia sekitar 4.000 SM di mana bangsa Sumeria dan Babilonia menggunakan aspal sebagai salah satu komponen minyak bumi untuk membangun bangunan serta sebagai bahan kedap air dalam konstruksi kapal (Speight, 2014). Penggunaan minyak bumi dalam bentuk sederhana juga ditemukan dalam peradaban Mesir kuno, di mana zat bitumen digunakan dalam proses pembalseman mumi. Pada abad ke-9, ilmuwan Muslim Al-Razi (Rhazes) tercatat sebagai salah satu tokoh yang pertama kali mengembangkan metode distilasi minyak bumi untuk menghasilkan produk yang lebih murni (Fahim dkk., 2009). Teknik ini menjadi dasar bagi pengembangan industri perminyakan di masa mendatang. Sementara itu, di Tiongkok pada abad ke-10 minyak bumi mulai dieksplorasi dengan cara pengeboran sumur menggunakan bambu untuk mendapatkan minyak yang digunakan sebagai bahan bakar lampu (Jahn, 2018).

Eksplorasi minyak bumi secara modern dimulai pada abad ke-19 dengan ditemukannya teknologi pengeboran yang lebih maju. Pada tahun 1859, Edwin Drake berhasil mengebor sumur minyak pertama di Titusville, Pennsylvania, Amerika Serikat. Keberhasilan ini menjadi tonggak awal bagi industri minyak bumi modern, karena untuk pertama kalinya minyak diekstraksi secara sistematis dan dalam jumlah yang lebih besar (Yergin,

2011). Penemuan ini mendorong eksplorasi minyak di berbagai belahan dunia, termasuk di Rusia, Timur Tengah, dan Asia Tenggara.

Di Indonesia, eksplorasi minyak bumi dimulai pada akhir abad ke-19 ketika perusahaan Royal Dutch Shell menemukan cadangan minyak di Sumatra pada tahun 1885. Penemuan ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu produsen minyak terbesar di dunia pada masa itu (Heijden, 2018). Minyak yang ditemukan di wilayah tersebut digunakan untuk kebutuhan industri dan transportasi, serta menjadi faktor penting dalam geopolitik kolonial Belanda. Perkembangan eksplorasi minyak bumi semakin pesat pada abad ke-20 dengan ditemukannya berbagai ladang minyak besar terutama di Timur Tengah. Pada tahun 1908, perusahaan Anglo-Persian Oil Company (kini BP) menemukan minyak di Iran yang kemudian menjadi salah satu sumber utama minyak dunia (Daniel, 2006). Demikian pula, pada tahun 1938, ladang minyak besar ditemukan di Arab Saudi yang mengukuhkan kawasan Teluk Persia sebagai pusat produksi minyak global.

Seiring dengan meningkatnya permintaan energi di abad ke-20, eksplorasi minyak bumi semakin berkembang dengan penggunaan teknologi yang lebih canggih. Metode seismik 2D dan 3D mulai digunakan untuk mendeteksi cadangan minyak bawah tanah dengan lebih akurat (Tissot dan Welte, 2013). Selain itu, eksplorasi minyak lepas pantai mulai dilakukan pada pertengahan abad ke-20, dimulai dengan pengeboran di Teluk Meksiko dan Laut Utara. Pada akhir abad ke-20 dan awal abad ke-21 eksplorasi minyak bumi menghadapi tantangan baru termasuk penurunan cadangan minyak konvensional serta meningkatnya kesadaran akan dampak lingkungan dari industri perminyakan. Hal ini mendorong pengembangan eksplorasi minyak dari sumber non-konvensional seperti minyak serpih (*shale oil*) dan minyak pasir bitumen (*oil sands*) terutama di Amerika Serikat dan Kanada (Speight, 2014).

Selain itu, berbagai kebijakan internasional mulai diterapkan untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi dan mengembangkan energi alternatif yang lebih ramah

lingkungan. Organisasi seperti OPEC (*Organization of the Petroleum Exporting Countries*) juga berperan dalam mengatur produksi dan harga minyak dunia untuk menjaga stabilitas ekonomi global (Yergin, 2009). Hingga saat ini, eksplorasi minyak bumi tetap menjadi aspek penting dalam ekonomi global meskipun terdapat pergeseran menuju energi terbarukan. Teknologi baru seperti pengeboran *horizontal* dan *hydraulic fracturing* telah membantu meningkatkan produksi minyak dari ladang-ladang yang sebelumnya sulit dieksploitasi (Jahn, 2018). Namun, tantangan lingkungan dan geopolitik terus menjadi faktor yang mempengaruhi arah perkembangan industri minyak bumi di masa depan. Sebelum penemuan Drake, minyak bumi biasanya dikumpulkan dari rembesan alami di permukaan tanah. Drake adalah orang pertama yang menggunakan teknik pengeboran mirip dengan pengeboran sumur air untuk mengekstraksi minyak dari bawah permukaan tanah. Keberhasilan ini membuktikan bahwa minyak bumi dapat diperoleh dalam jumlah besar melalui metode pengeboran. Keberhasilan Drake menciptakan demam minyak (*oil boom*). Banyak pengusaha dan spekulan mulai mencoba peruntungan mereka dengan melakukan pengeboran di berbagai tempat, berharap menemukan ladang minyak yang besar. Fenomena ini mirip dengan demam emas, di mana orang-orang berbondong-bondong mencoba memperkaya diri dengan mengejar sumber daya alam yang baru ditemukan.

1.3 Sejarah Minyak Bumi di Indonesia

Minyak bumi memiliki peran penting dalam perkembangan ekonomi dan industri di Indonesia. Eksplorasi minyak bumi di Indonesia dimulai pada akhir abad ke-19, ketika bangsa kolonial Belanda menyadari potensi besar sumber daya alam ini. Penemuan pertama terjadi pada tahun 1885 di Telaga Said, Sumatera Utara yang menjadi tonggak awal industri perminyakan di Nusantara (Van Bemmelen, 1949). Sejak saat itu, eksplorasi minyak bumi berkembang pesat dengan ditemukannya berbagai ladang minyak baru di berbagai wilayah Indonesia. Pada awal abad ke-20, perusahaan-perusahaan

Belanda seperti *Koninklijke Nederlandsche Petroleum Maatschappij* (KNPM) dan *Bataafsche Petroleum Maatschappij* (BPM) mulai mengembangkan industri minyak di Indonesia. BPM yang kemudian bergabung dengan *Shell* mendominasi produksi minyak bumi di Hindia Belanda. Ladang-ladang minyak utama pada masa itu ditemukan di Sumatera, Kalimantan, dan Jawa (Dick, 2002).

Perang Dunia II memberikan dampak signifikan terhadap industri perminyakan di Indonesia. Jepang menguasai sumber minyak bumi di Indonesia antara tahun 1942 hingga 1945 untuk mendukung kebutuhan perang mereka. Namun, setelah Perang Dunia II berakhir, kontrol atas industri minyak bumi kembali ke perusahaan-perusahaan Belanda meskipun kondisi infrastruktur perminyakan telah mengalami banyak kerusakan akibat perang (Nasution, 2015). Setelah Indonesia merdeka pada tahun 1945, pemerintah mulai mengambil alih industri minyak bumi melalui kebijakan nasionalisasi. Pada tahun 1957, pemerintah Indonesia mendirikan Permina (Perusahaan Minyak Nasional) yang kemudian bergabung dengan Pertamina pada tahun 1968 untuk membentuk Pertamina (Lubis, 2008). Pembentukan Pertamina menandai era baru dalam pengelolaan minyak bumi di Indonesia dengan semakin besarnya peran negara dalam industri ini.

Pada era Orde Baru, industri minyak bumi menjadi salah satu tulang punggung perekonomian nasional. Dengan ditemukannya ladang minyak besar seperti di Cepu, Natuna, dan lepas pantai Kalimantan, Indonesia mengalami peningkatan produksi minyak yang signifikan (Manning, 1998). Pemerintah menerapkan sistem kontrak bagi hasil (*Production Sharing Contract/PSC*) yang memungkinkan perusahaan asing berinvestasi dalam eksplorasi dan produksi minyak bumi. Puncak produksi minyak bumi Indonesia terjadi pada tahun 1977 dengan kapasitas produksi mencapai lebih dari 1,6 juta barel per hari (EIA, 2004). Namun, seiring dengan menurunnya cadangan minyak bumi serta meningkatnya konsumsi domestik, Indonesia mengalami defisit produksi. Pada tahun 2004, Indonesia menjadi *net importer* minyak dan pada tahun 2008

resmi keluar dari Organisasi Negara-negara Pengekspor Minyak (OPEC) (Widodo, 2010).

Untuk mengatasi tantangan dalam sektor energi, pemerintah mulai mengembangkan sumber daya energi alternatif dan meningkatkan eksplorasi di wilayah-wilayah potensial seperti Laut Natuna dan Papua. Kebijakan diversifikasi energi dan peningkatan produksi gas alam cair (LNG) menjadi strategi utama dalam menjaga ketahanan energi nasional (Siregar, 2016). Saat ini, industri minyak bumi di Indonesia menghadapi berbagai tantangan termasuk penurunan produksi, fluktuasi harga minyak global, serta tekanan terhadap keberlanjutan lingkungan. Pemerintah terus berupaya meningkatkan efisiensi produksi, memperbaiki regulasi, serta mendorong investasi dalam sektor energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi (Setiawan, 2021).

1.4 Potensi Migas Di Indonesia

Indonesia memiliki potensi yang besar dalam bidang minyak dan gas bumi (migas). Letaknya yang strategis di Asia Tenggara serta berada pada jalur tektonik aktif menjadikan kondisi geologinya sangat mendukung pembentukan cadangan migas yang melimpah. Sejak pertama kali ditemukan pada abad ke-19, industri migas telah menjadi salah satu pilar penting dalam ekonomi nasional (Widodo, 2010). Negeri ini kaya akan sumber daya geologi, terutama berupa cekungan sedimen yang tersebar di seluruh wilayah kepulauan. Cekungan sedimen, yang merupakan tempat akumulasi sedimen dalam jumlah besar, seringkali menjadi lokasi ideal untuk pembentukan minyak dan gas bumi. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), jumlah cekungan sedimen di Indonesia mengalami peningkatan dari 60 menjadi 128 cekungan pada tahun 2009. Dari jumlah tersebut, sekitar 42% telah melalui tahap eksplorasi. Rinciannya adalah 18 cekungan (14%) telah berproduksi, 12 cekungan (9%) telah dibor dan menunjukkan keberadaan minyak, dan 24 cekungan (19%) telah dibor namun belum menunjukkan hasil. Masih ada sekitar 58%

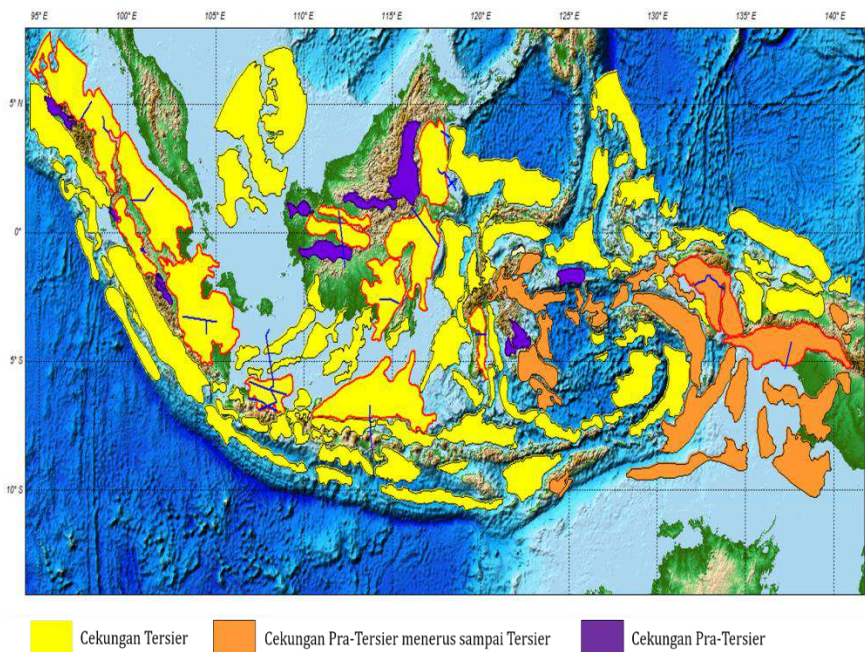
atau 74 cekungan yang belum dieksplorasi, mayoritasnya terletak di wilayah timur Indonesia, baik di daratan (onshore) maupun di wilayah laut (offshore).

Jika dilihat dari umurnya, cekungan sedimen di Indonesia terbagi menjadi tiga kelompok utama, yakni cekungan pra-Tersier, cekungan yang berkembang dari masa pra-Tersier hingga Tersier, dan cekungan Tersier. Wilayah Indonesia bagian barat didominasi oleh cekungan Tersier, sementara di bagian timur lebih banyak terdapat cekungan yang telah ada sejak masa pra-Tersier dan terus berkembang hingga periode Tersier. Perbedaan ini mencerminkan proses evolusi tektonik yang memengaruhi masing-masing wilayah tersebut (Gambar 1.2).

Cekungan Tersier yang terbentuk antara 66 hingga 2,6 juta tahun yang lalu merupakan target utama eksplorasi hidrokarbon. Beberapa contoh cekungan Tersier di Indonesia antara lain Cekungan Sumatra Utara, Cekungan Sumatra Tengah, Cekungan Sumatra Selatan, Cekungan Jawa Barat Utara, Cekungan Kutai, Cekungan Tarakan, dan Cekungan Bone. Cekungan-cekungan ini telah memberikan kontribusi signifikan terhadap produksi minyak dan gas nasional. Sementara itu, cekungan pra-Tersier adalah cekungan yang terbentuk sebelum periode Tersier yaitu pada era Paleozoikum dan Mesozoikum. Cekungan ini umumnya terdiri atas batuan sedimen yang lebih tua dan sering mengalami deformasi tektonik yang kompleks. Beberapa cekungan pra-Tersier yang signifikan di Indonesia antara lain Cekungan Banda, Cekungan Buton, Cekungan Bintuni, Cekungan Waropen, dan Cekungan Seram. Cekungan yang memiliki sejarah geologi yang berlanjut dari era pra-Tersier hingga Tersier menunjukkan kesinambungan dalam pengendapan sedimen. Beberapa contoh cekungan dalam kategori ini meliputi Cekungan Salawati, Cekungan Bintuni, Cekungan Timor, dan Cekungan Aru. Keberlanjutan proses geologi dalam cekungan-cekungan ini menjadikannya area yang menarik untuk eksplorasi sumber daya alam.

Upaya eksplorasi yang berkelanjutan sangat penting untuk meningkatkan cadangan migas nasional. Dengan masih banyaknya cekungan yang belum dieksplorasi, terutama di

kawasan timur Indonesia, terdapat peluang besar untuk menemukan sumber daya baru yang dapat mendukung kedaulatan energi nasional. Oleh karena itu, dukungan terhadap kegiatan eksplorasi cekungan sedimen perlu terus ditingkatkan. Pemahaman mendalam mengenai karakteristik geologi masing-masing cekungan sangat diperlukan untuk menentukan potensi dan strategi eksplorasi yang optimal. Hal ini mencakup studi mengenai struktur geologi, stratigrafi, dan sejarah tektonik yang mempengaruhi pembentukan dan evolusi cekungan tersebut. Dengan demikian, eksplorasi dapat dilakukan secara efektif dan efisien.



Gambar 1.2. Peta Cekungan Sedimen Indonesia (Badan Geologi, 2009).

Secara geografis, wilayah utama yang kaya akan migas di Indonesia meliputi Sumatera, Kalimantan, Jawa, Sulawesi, Papua, dan perairan laut dalam seperti Laut Natuna dan Selat Makassar. Pulau Sumatera, terutama bagian utara dan tengah dikenal sebagai penghasil minyak bumi terbesar di Indonesia dengan

blok Rokan dan blok Cepu sebagai salah satu yang terbesar. Sementara itu, Kalimantan juga memiliki potensi migas yang besar terutama di Kalimantan Timur yang merupakan lokasi dari Blok Mahakam (Gambar 1.3). Cadangan minyak dan kondensat di Indonesia tersebar di berbagai wilayah, baik di darat (*onshore*) maupun di lepas pantai (*offshore*). Wilayah dengan konsentrasi cadangan terbanyak umumnya berada di bagian barat Indonesia, seperti Pulau Sumatera dan Kalimantan. Kawasan ini memang telah lama menjadi pusat kegiatan eksplorasi dan produksi minyak bumi sejak masa kolonial, sehingga infrastruktur dan aktivitas industrinya lebih berkembang dibandingkan wilayah lainnya.

Pulau Sumatera merupakan salah satu wilayah utama yang menyumbang cadangan minyak dan kondensat nasional. Titik-titik produksi besar terdapat di Aceh, Riau, Sumatera Utara, dan Sumatera Selatan. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi geologi di wilayah tersebut sangat mendukung pembentukan cekungan sedimen yang mengandung hidrokarbon. Begitu pula dengan Kalimantan, khususnya Kalimantan Timur dan Kalimantan Selatan, yang memiliki beberapa lapangan minyak besar dan aktif yang dikelola oleh berbagai perusahaan nasional dan internasional. Sementara itu, wilayah Indonesia bagian tengah dan timur seperti Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua juga memiliki potensi migas yang cukup besar, meskipun sebagian besar belum dimanfaatkan secara optimal. Wilayah ini secara geologis juga memiliki cekungan sedimen yang prospektif, namun terkendala oleh keterbatasan infrastruktur, akses yang sulit, serta kebutuhan investasi teknologi tinggi untuk eksplorasi di laut dalam dan daerah terpencil.

Berdasarkan data dalam diagram lingkaran pada gambar 1.3, sekitar 64% dari total cadangan minyak dan kondensat Indonesia berada di bagian barat, 22% di bagian tengah, dan hanya 14% di bagian timur. Ketimpangan distribusi ini mencerminkan perbedaan dalam tingkat eksplorasi dan pengembangan wilayah. Namun demikian, potensi wilayah tengah dan timur terus menjadi fokus dalam kebijakan energi

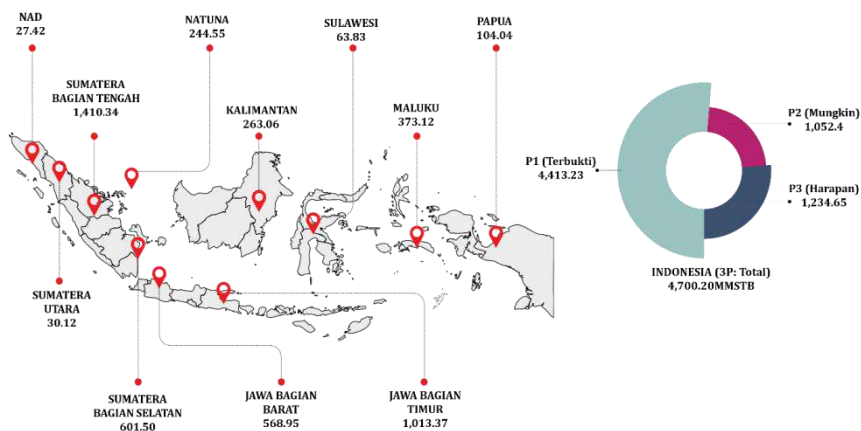
nasional untuk memperluas dan pemeratakan sumber energi nasional. Cekungan sedimen yang menjadi lokasi utama pembentukan minyak bumi di Indonesia tersebar cukup luas, antara lain Cekungan Sumatera Utara, Cekungan Sunda, Cekungan Kutai, Cekungan Tarakan, Cekungan Bone, dan Cekungan Salawati. Masing-masing memiliki karakteristik geologi yang berbeda, tetapi secara umum memenuhi syarat pembentukan hidrokarbon melalui akumulasi sedimen dalam jangka waktu yang sangat panjang.

Eksplorasi di wilayah timur seperti Papua dan Maluku memiliki tantangan tersendiri, mulai dari kondisi geografis yang menantang hingga tingginya biaya operasional. Namun, wilayah ini diyakini menyimpan cadangan yang besar dan menjadi salah satu harapan masa depan industri migas nasional. Oleh karena itu, pemerintah mulai mendorong investasi dan penelitian lebih lanjut di wilayah ini untuk mendukung diversifikasi sumber energi. Kondisi ini menunjukkan pentingnya pengembangan secara merata di seluruh wilayah Indonesia agar tidak terjadi ketergantungan pada sumber daya migas dari wilayah barat saja. Pengembangan wilayah tengah dan timur juga memiliki nilai strategis dalam menjaga ketahanan energi nasional serta mendukung pertumbuhan ekonomi di kawasan-kawasan yang selama ini tertinggal secara infrastruktur dan investasi. Pemerintah melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) telah mengambil berbagai langkah untuk mendorong peningkatan eksplorasi dan eksploitasi migas. Langkah-langkah tersebut mencakup pemberian insentif fiskal bagi investor, penyederhanaan perizinan, dan pengembangan teknologi untuk eksplorasi migas di laut dalam maupun daerah terpencil.

Secara keseluruhan, penyebaran cadangan minyak dan kondensat di Indonesia menggambarkan potensi besar yang dimiliki negeri ini dalam sektor energi. Dengan pengelolaan yang baik dan dukungan teknologi serta investasi, Indonesia berpeluang untuk terus menjadi pemain penting dalam pasar energi global, sekaligus menjaga ketahanan energi dalam negeri untuk generasi mendatang. Dengan memperhatikan distribusi

geografis dan kondisi geologi di tiap wilayah, upaya untuk mengeksplorasi dan mengembangkan cadangan migas di seluruh nusantara menjadi sangat penting. Hal ini akan memberikan manfaat tidak hanya bagi sektor energi, tetapi juga untuk peningkatan kesejahteraan masyarakat di daerah-daerah penghasil migas.

Di sektor gas bumi, Indonesia memiliki beberapa ladang gas utama, seperti Blok Masela di Maluku yang memiliki cadangan gas alam cair (LNG) dalam jumlah besar dan Blok Tangguh di Papua Barat yang telah menjadi salah satu pusat produksi gas terbesar di Indonesia. Keberadaan sumber daya ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara eksportir LNG utama di dunia (BP Indonesia, 2022). Eksplorasi dan produksi migas di Indonesia menghadapi berbagai tantangan termasuk faktor teknis, regulasi, serta aspek lingkungan. Banyak cekungan sedimen yang berada di lokasi sulit dijangkau, seperti perairan laut dalam atau daerah terpencil, sehingga memerlukan teknologi tinggi dan investasi besar dalam eksplorasi dan ekstraksi (Widodo, 2010). Selain itu, perubahan regulasi dan kebijakan investasi dalam sektor migas juga berpengaruh terhadap minat investor dalam mengembangkan potensi migas di Indonesia.



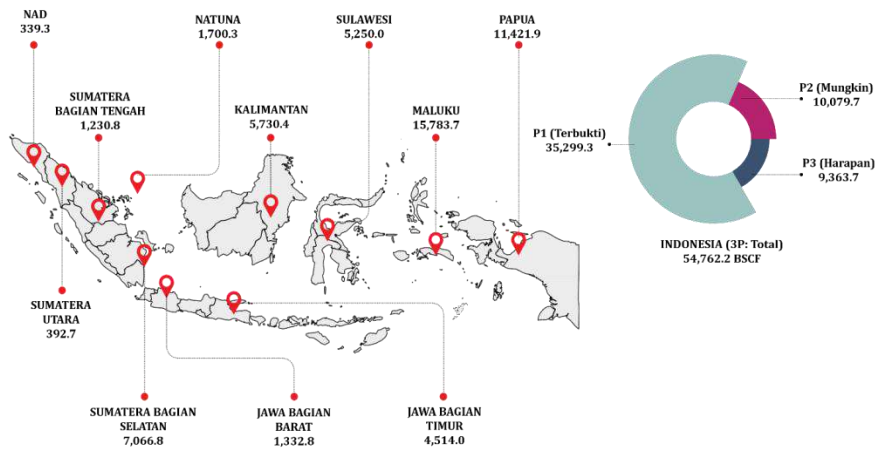
Gambar 1.3. Penyebaran Cadangan Minyak dan Kondensat Indonesia

Sebaran cadangan gas bumi di Indonesia menunjukkan distribusi yang relatif luas, mencakup berbagai wilayah dari barat hingga timur nusantara. Cadangan tersebut tersebar di daratan (*onshore*) maupun di wilayah perairan (*offshore*), dan merupakan hasil dari kondisi geologi yang kompleks serta jalur tektonik aktif yang mendukung pembentukan hidrokarbon. Wilayah Indonesia bagian barat, seperti Pulau Sumatera dan Kalimantan, tetap menjadi pusat utama aktivitas eksplorasi dan produksi gas bumi. Sumatera, dengan lokasi-lokasi seperti Aceh, Riau, dan Sumatera Selatan, telah lama dikenal sebagai lumbung energi, baik minyak maupun gas bumi. Kalimantan juga menjadi wilayah penting, khususnya Kalimantan Timur, yang menjadi lokasi dari berbagai proyek gas alam cair (LNG) yang telah beroperasi sejak dekade 1970-an.

Berdasarkan gambar 1.4 bahwa sekitar 68% cadangan gas bumi Indonesia terletak di wilayah bagian timur, mencerminkan besarnya potensi wilayah tersebut untuk pengembangan energi masa depan. Sementara itu, wilayah bagian tengah menyumbang 20%, dan hanya 12% yang berada di wilayah barat. Hal ini berbanding terbalik dengan sebaran cadangan minyak, yang lebih terkonsentrasi di bagian barat Indonesia. Sebaran cadangan gas bumi di bagian timur Indonesia menunjukkan potensi besar namun belum sepenuhnya dimanfaatkan. Beberapa titik penting berada di wilayah Papua, Maluku, dan Nusa Tenggara. Salah satu proyek besar yang menandai pentingnya wilayah timur adalah proyek LNG Tangguh di Papua Barat, yang menjadi salah satu eksportir gas terbesar di kawasan Asia Pasifik.

Selain Papua, wilayah Maluku dan Sulawesi juga menunjukkan prospek signifikan. Proyek seperti Masela di Laut Arafura merupakan salah satu temuan gas terbesar yang diharapkan dapat menjadi tulang punggung produksi gas nasional di masa depan. Keberadaan cadangan besar di wilayah ini menunjukkan bahwa masa depan energi gas Indonesia sangat bergantung pada pengembangan wilayah timur. Sementara itu, wilayah tengah Indonesia seperti Sulawesi dan Nusa Tenggara juga mulai memperlihatkan kontribusi terhadap

penyediaan gas bumi nasional. Beberapa lokasi di Sulawesi telah menunjukkan indikasi potensi gas, meskipun masih dalam tahap eksplorasi awal. Tantangan utama di wilayah tengah dan timur adalah minimnya infrastruktur penunjang dan medan geografis yang sulit diakses. Cekungan sedimen yang menjadi tempat akumulasi gas bumi tersebar merata di seluruh wilayah Indonesia. Beberapa cekungan utama meliputi Cekungan Kutai, Cekungan Tarakan, Cekungan Salawati, Cekungan Bintuni, dan Cekungan Seram. Karakteristik geologi yang unik di masing-masing cekungan tersebut mempengaruhi kualitas, kedalaman, dan komposisi gas bumi yang dihasilkan. Pemerintah melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) telah menetapkan strategi pengembangan gas bumi nasional yang berfokus pada eksplorasi cekungan baru serta pemanfaatan gas bumi sebagai energi transisi menuju energi bersih. Oleh karena itu, pengembangan wilayah timur menjadi krusial dalam upaya meningkatkan cadangan terbukti serta memperkuat pasokan domestik. Distribusi cadangan gas bumi yang lebih dominan di wilayah timur menuntut penguatan infrastruktur energi seperti pembangunan jaringan pipa gas, terminal LNG, serta fasilitas transportasi dan logistik. Investasi yang besar serta kolaborasi dengan investor internasional sangat diperlukan untuk membuka akses ke potensi besar tersebut secara berkelanjutan dan efisien.



Gambar 1.4. Penyebaran Cadangan Gas Bumi Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, P. A. dan Allen, J. R. 2013. *Basin Analysis: Principles and Application to Petroleum Play Assessment 3rd Edition*. John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex.
- Badan Geologi. 2009. *Peta Cekungan Sedimen Indonesia*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Republik Indonesia.
- BP Indonesia. 2022. *Laporan Statistik Energi BP 2022: Cadangan & Produksi Minyak Bumi Indonesia*. BP Indonesia.
- Daniel, Y. 2006. *Oil: Past, Present, Future*. Cambridge University Press.
- Dick, H. 2002. *The Indonesian Economy in the Nineteenth and Twentieth Century: A History of Missed Opportunities*. NUS Press.
- EIA. 2004. *Indonesia: Energy Overview*. U.S. Energy Information Administration.
- Fahim, M.A., Al-Sahhaf, T.A., dan Elkilani, A.S. 2009). *Fundamentals of Petroleum Refining*. Elsevier.
- Gary, J. H., dan Handwerk, G. E. 2001. *Petroleum Refining: Technology and Economics*. CRC Press.
- Heijden, H. 2018. *The History of Indonesian Oil Exploration*. Springer.
- Hunt, J. M. 1996. *Petroleum Geochemistry and Geology*, 2nd edition. NewYork: W.H. Freeman and Company
- Jahn, F. 2018. *Hydrocarbon Exploration and Production*. Elsevier.
- Levorsen, A.I. 1967. *Geology of Petroleum*. 2nd Edition, San Franciso: W. H. Freeman and Company.
- Lubis, F. 2008. *Sejarah Perkembangan Industri Minyak Bumi di Indonesia*. Jakarta: Gramedia.
- Manning, C. 1998. *Indonesian Economic History: The Oil Boom and Its Impact*. Oxford University Press.
- Mukhtasor. 2006. *Pencemaran Pesisir dan Laut*. Jakarta: PT. Paradnya Paramita.
- Nasution, A. 2015. *Peran Minyak dalam Sejarah Ekonomi Indonesia*. Jakarta: LP3ES.

- North, F. K. 1985. *Petroleum Geology*. Boston ; London : Allen & Unwin.
- Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC). 2023. *Annual Statistical Bulletin 2023*. OPEC.
- Setiawan, R. 2021. *Kebijakan Energi Indonesia dan Tantangan Masa Depan*. Jakarta: UI Press.
- Sheriff, R. E. 1992. *Encyclopedic Dictionary of Applied Geophysics (4th ed.)*. Society of Exploration Geophysicists.
- Siregar, M. 2016. *Diversifikasi Energi: Strategi Indonesia Menuju Ketahanan Energi*. Bandung: ITB Press.
- Speight, J.G. 2014. *The Chemistry and Technology of Petroleum 5th Edition*, CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL.
- Tissot, B. P., dan Welte, D. H. 1984. *Petroleum Formation and Occurrence (2nd ed.)*. Berlin:Springer-Verlag.
- Tissot, B.P., dan Welte, D.H. 2013. *Petroleum Formation and Occurrence*. Springer.
- Van Bemmelen, R.W. 1949. *Geology of Indonesia*. The Hague: Government Printing Office.
- van Dyke, K. 1997. *Fundamentals of Petroleum, Fourth Edition*, Austin, TX: Petroleum Extension Service (PETEX)
- Widodo, W. 2010. *Indonesia dan OPEC: Dinamika Keanggotaan dalam Organisasi Negara-negara Pengekspor Minyak*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Yergin, D. 2011. *The Quest: Energy, Security, and the Remaking of the Modern World*, New York: Penguin.

BAB 2

PEMBENTUKAN DAN AKUMULASI MINYAK BUMI

2.1 Pendahuluan

Minyakbumi disebut sebagai energi fosil sebab berasal dari sisa-sisa makhluk hidup jutaan tahun yang lalu. Pembentukan minyakbumi dimulai dari sisa-sisa organisme laut seperti plankton dan tumbuh-tumbuhan laut yang mati, lalu mengendap di dasar laut bersama sedimen lainnya. Dalam kondisi minim oksigen, sisa-sisa ini perlahan terurai dan membentuk material organik yang disebut kerogen.

Dengan berjalannya waktu, lapisan sedimen yang menumpuk akan menciptakan tekanan dan panas yang tinggi. Kondisi ini mengubah kerogen menjadi hidrokarbon, komponen utama minyakbumi. Setelah terbentuk, minyakbumi bermigrasi melalui pori-pori batuan sampai terperangkap dalam reservoir di bawah permukaan tanah. Ketika minyakbumi terperangkap di dalam reservoir, minyakbumi akan mengalami proses akumulasi.

Akumulasi minyakbumi ini merupakan proses di mana minyakbumi berkumpul di batuan reservoir dalam lapisan bumi. Proses akumulasi ini juga bergantung pada beberapa faktor geologi yang mendukung, yang memastikan minyakbumi dapat terperangkap dan tersimpan di lapisan bawah tanah.

Proses ini membutuhkan waktu yang sangat lama dan faktor geologi yang spesifik, sehingga minyakbumi dianggap sebagai sumber daya tidak terbarukan.

2.2 Asal Minyakbumi

Pembentukan minyakbumi adalah proses yang kompleks dan memerlukan waktu jutaan tahun. Minyakbumi terdiri dari berbagai komposisi kimia dari berbagai hidrokarbon, sebagian besar dari unsur atom Carbon (C) dan Hidrogen (H). Terdapat teori-teori yang menjelaskan tentang asal minyakbumi yang

dikemukakan oleh para ahli di antaranya adalah teori asal anorganik minyak bumi dan teori asal organik minyak bumi.

2.2.1 Teori anorganik

Teori anorganik minyak bumi adalah teori yang menyatakan minyak bumi tidak berasal dari sisa-sisa organisme yang hidup jutaan tahun lalu, melainkan dari reaksi kimia dalam batuan. Menurut Barthelot pada tahun 1866 (Sukandarrumidi, 2013), minyak bumi terdapat kandungan logam alkali yang jika bersentuhan dengan CO_2 dalam keadaan bebas dengan temperatur yang tinggi akan membentuk asitilena. Kemudian Mendeleyev pada tahun 1877 (Sukandarrumidi, 2013) mengemukakan bahwa minyak bumi terbentuk dari reaksi antara karbida logam dan uap air dalam kondisi tekanan dan suhu yang tinggi.

2.2.2 Teori organik

Pada abad ke-18, Macquir dan M.W Lamanosow (Sukandarrumidi, 2013) mengemukakan pendapat bahwa minyak bumi berasal dari sisa-sisa tumbuhan dan organisme lainnya. Para ahli ini mengatakan bahwa minyak bumi terbentuk dari bahan organik yang berasal dari organisme laut dan darat. Bahan organik ini kemudian terkubur dan mengalami proses diagenesis, sehingga berubah menjadi hidrokarbon.

Beberapa argumentasi yang membuktikan bahwa minyak bumi berasal dari zat organik didukung oleh beberapa penelitian laboratorium antara lain :

1. Hasil penelitian membuktikan bahwa minyak bumi dapat membentuk bidang polarisasi. Hal ini dikarenakan adanya kolesterol ($\text{C}_{26}\text{O}_{45}\text{OH}$) yaitu zat lemak, semacam zat yang terdapat dalam darah, yang mempunyai daya kemampuan seperti ini. Zat anorganik tidak menunjukkan mampu memutar bidang polarisasi.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa porfirin terdapat dalam minyak bumi. Porfirin merupakan suatu zat kompleks yang terdiri hidrokarbon dengan unsur vanadium dan nikel

- dan lain sebagainya. Porfirin dianggap sebagai zat *relic* dari sisa zat organik.
3. Hasil penelitian menunjukkan hidrokarbon memiliki komponen unsur atom H dan atom C yang sangat mirip dengan unsur atom yaitu unsur C, H, dan O yang dimiliki oleh zat organik walaupun unsur O dan N yang terdapat pada zat atom terdapat dalam jumlah yang banyak.
 4. Hasil penelitian mendapatkan bukti bahwa hidrokarbon terdapat dalam batuan sedimen. Hal ini berkaitan erat dengan suatu kenyataan di lapangan bahwa minyak bumi selalu berasosiasi dengan batuan sedimen. Selain itu zat organik sangat banyak dijumpai dilapisan batuan sedimen dan itu merupakan bagian yang tak terpisahkan selama proses berlangsungnya sedimentasi.
 5. Hasil penelitian menemukan minyak bumi terdapat pada batuan yang berumur setelah Kambrium (awal Paleozoikum) sampai Pleistosen (Kenozoikum). Pada kurun waktu itu, kehidupan baik bentuk jenis *flora* maupun jenis *fauna* sudah mulai ada dan berkembang cukup pesat.

Dari argumentasi diatas, para peneliti berkesimpulan zat organik merupakan sumber utama pembentukan minyak bumi dan telah diterima oleh sebagian besar ahli geologi. Zat organik tersebut kemudian akan mengalami proses diagenesis hingga menjadi hidrokarbon yang merupakan unsur utama dari pembentukan minyak bumi.

2.2.3 Pembentukan zat organik menjadi minyak bumi

Pada umumnya proses pembentukan minyak bumi dari bahan organik menjadi minyak bumi terdapat tiga stadium utama yang disampaikan oleh Cox (1954, dalam Koesoemadinata 1978) yang kemudian disempurnakan oleh Hedberg (1964, dalam Koesoemadinata 1978) dalam teori terminologi Pagar Cox, yaitu :

1. Proses pembentukan minyak bumi dimulai dengan pengumpulan zat-zat organik di dalam batuan sedimen. Zat-zat organik tersebut kemudian mengalami proses

pengawetan dan transformasi akibat peningkatan suhu dan tekanan, sehingga berubah menjadi minyakbumi.

2. Setelah terbentuk, minyakbumi akan bermigrasi melalui lapisan batuan sedimen dan akhirnya terkumpul dalam lapisan batuan perangkap, yang berfungsi sebagai tempat penampungan minyakbumi.
3. Tetes-tetes minyak yang tersebar dalam lapisan batuan induk akan terakumulasi dalam suatu lapisan perangkap dan menjadi akumulasi minyak yang bernilai komersial.

Teori Pagar Cox ini merupakan teori yang mendukung teori organik yang berhubungan dengan teori terbentuknya minyakbumi serta memperkuat teori yang menyatakan zat organik sebagai bahan sumber minyakbumi.

Zat organik dapat dibedakan menjadi beberapa golongan, yaitu protein, karbohidrat, dan lignin. Di dalam batuan sedimen, lignin sering kali berasosiasi dengan suatu kompleks protein dan karbohidrat. Degradasi lignin dalam batuan sedimen lebih dimungkinkan membentuk kerogen pembentuk minyakbumi.

Lignin atau asam lemak, tumbuhan terdiri dari minyak, lemak, dan lilin yang dapat larut dalam benzena atau kloroform. Berbagai penelitian menunjukkan asam lemak bukan saja merupakan sumber hidrokarbon alifatik, tetapi juga hidrokarbon siklik, berdasarkan suatu proses reaksi Diels Alders, yang merupakan proses hidrogenasi dan dihidrogenasi. Oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa lipid merupakan pembentuk utama minyakbumi. Hal ini juga dapat terlihat dari ratio unsur atom Hidrogen (H) dan Carbon (C) yang menunjukkan lipid memiliki unsur yang serupa kandungan minyakbumi.

Zat organik sebagai pembentuk minyakbumi adalah bahan organik yang berasal dari organisme laut dan organisme darat baik itu jenis *flora* maupun jenis *fauna* yang kemudian terkubur dan mengalami proses diagenesis sehingga berubah menjadi hidrokarbon.

Sebagian besar bahan organik yang berasal dari organisme laut yang terdiri dari tumbuh-tumbuhan (*flora*) laut

seperti ganggang, bakteri, dinoflagelata, diatomea, jamur, dan hewan (*fauna*) dalam laut yang terdiri dari ikan, sponsia, foraminifera, coralia, radiolaria, dan lain-lain.

Ganggang, diatomea, dan plankton yang kaya akan lipid, berpotensi menjadi sumber minyakbumi. Ketika sisa-sisa organisme ini terkubur dan mengalami proses geologi, lipid yang terkandung di dalamnya dapat berubah menjadi minyak bumi.

Selain bahan organik yang berasal dari organisme laut, zat organik pembentuk minyakbumi juga terdapat bahan organik yang berasal dari organisme darat. Zat organik di daratan yang utamanya menyusun jaringan tumbuhan yaitu lignin dan selulosa terdiri dari karbohidrat dan zat kayu, serta humus yang cukup banyak terdapat dalam tanah yang merupakan hasil pembusukan daun dan lain-lainnya.

2.3 Pembentukan Minyakbumi

Pembentukan minyakbumi terjadi mulai dari penimbunan zat organik di dasar laut dalam kondisi *reduksi* dan terawetkan. Hal ini terjadi dalam cekungan sedimentasi yang membentuk kondisi yang setengah *euxinic* dimana proses sedimentasi yang terjadi sangat cepat disertai oleh gerakan penurunan dasar cekungan sedimentasi. Dengan mekanisme yang demikian, dalam jangka waktu yang cukup lama akan didapatkan suatu seri urutan batuan serpih berwarna hitam dan kaya zat organik, yang disebut batuan induk. Pengaruh *gradien* suhu dan tekanan yang cukup tinggi, kumpulan zat-zat organik tersebut berubah menjadi minyakbumi. Proses perubahan zat-zat organik menjadi minyakbumi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti lingkungan pengendapan, batuan induk, waktu pembentukan dan faktor pematangan minyakbumi yang akan berpengaruh pada jenis minyakbumi yang dihasilkan pada suatu lapangan minyak.

2.3.1 Batuan Induk

Batuan induk (*source rock*) adalah batuan yang mengandung material organik yang dapat diubah menjadi

hidrokarbon, seperti minyak bumi dan gas alam. Beberapa penelitian terkait batuan induk menunjukkan batuan sedimen memiliki zat organik, dalam bentuk kerogen (Smith, 1954).

Beberapa formasi batuan tertentu dijumpai banyak mengandung kerogen sehingga minyak dapat diperoleh dengan melakukan dan didestilasi dari serpih, pada temperatur tertentu (secara *destruktif*). Formasi batuan ini dikenal sebagai "*Oil Shale*". Lapisan batuan ini memiliki potensi sebagai sumber bahan bakar. Selain kerogen, batuan induk (misalnya dalam Formasi Telisa, di Sumatera) mengandung 5 - 5000 ppm karbon pribumi (*indigenous*).

Beberapa jenis batuan, yang dikenal sebagai "*Oil Shale*", mengandung kerogen dalam jumlah besar, sehingga minyak dapat dihasilkan melalui proses destilasi pada suhu tertentu. Batuan ini memiliki potensi sebagai sumber energi alternatif untuk bahan bakar.

Suatu batuan induk harus mengandung suatu residu minyak bumi hidrokarbon aromatik, alifat ringan, hidrokarbon menengah (*intermediate*) dan hidrokarbon berat, serta zat-zat asfalt (Erdman, 1961). Penelitian lanjutan yang dilakukan pada tahun 1964, menyebutkan bahwa yang penting adalah *ratio* (perbandingan) antara minyak dan kerogen. Jika *rasio* terlalu rendah (lignit, batubara, serpih minyak), minyak bumi akan selalu menetap dan diabsorpsi. Bila *rasio* (perbandingan) terlalu tinggi dapat diartikan bahwa minyak yang terbentuk tidak dapat bermigrasi.

Batugamping memiliki kandungan bahan organik yang lebih rendah dibandingkan serpih, tetapi kandungan hidrokarbonnya lebih tinggi. Batuan induk yang baik tidak harus memiliki kandungan zat organik yang tinggi, karena sebagian besar zat organik telah berubah menjadi minyak bumi. Levorsen (Koesoemadinata, 1980) berpendapat bahwa batuan induk yang baik memiliki kandungan zat organik yang relatif sedikit karena telah berubah menjadi minyak bumi.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa belum ada persesuaian pendapat mengenai ciri atau sifat geokimia berkaitan dengan kualitas suatu batuan induk. Suatu alternatif,

metode yang paling baik untuk menunjukkan batuan induk adalah dengan preferensi geologi. Preferensi dengan suatu kenyataan, bahwa suatu akumulasi minyak bumi untuk berasosiasi dengan formasi tertentu, menunjukkan bahwa formasi tersebut telah bertindak sebagai batuan induk.

2.3.2 Waktu Pembentukan Minyak bumi

Waktu pembentukan minyak bumi sangat erat kaitannya dengan mekanisme transformasi dan mekanisme migrasi. Hal ini berkaitan dengan terjadinya akumulasi minyak, ada atau tidak adanya perangkap sewaktu minyak dikeluarkan. Terdapat 2 teori mengenai waktu pembentukan ini, yaitu pembentukan segera (*early formation*) dan pembentukan lambat (*late formation*).

1. Teori pembentukan segera (*early formation*): muncul dengan mendasarkan pada :
 - a. Terdapat hidrokarbon dalam sedimen *recent*.
 - b. Semakin lama endapan sedimen, lempung, dan serpih tertimbun, maka semakin padat, sehingga mempersulit cairan yang terbentuk di dalamnya untuk berpindah atau bermigrasi.
 - c. Pada tahap pengeluaran air secara besar-besaran, minyak bumi memiliki kesempatan untuk bermigrasi. Pada awalnya, minyak bumi atau zat organik keluar dalam bentuk koloid. Oleh karena itu, waktu pembentukan batuan reservoir dan perangkap sangat penting untuk terjadinya akumulasi minyak bumi.
 - d. Teori *early formation* menunjukkan bahwa pembentukan minyak bumi merupakan proses yang terjadi pada temperatur rendah. Transformasi zat organik berubah menjadi minyak bumi disebabkan oleh aktivitas bakteri atau tanpa aktivitas tertentu. Proses ini mirip dengan siklus hidup normal yang menghasilkan hidrokarbon serupa dengan minyak bumi. Akumulasi zat organik yang besar ini kemudian dikonsentrasikan dan diawetkan setelah proses sedimentasi. Menurut Levorsen (Sukandarrumidi, 2013), lingkungan oksidasi akan

menghasilkan pyrobitumina, sedangkan lingkungan reduksi akan menghasilkan minyak bumi.

2. Teori pembentukan lambat (*late formation*)

Teori pembentukan lambat masih banyak diikuti oleh ahli geologi. Secara populer pembentukan minyak bumi melalui stadium serpih yang kaya zat organik akan mengalami penimbunan dan oleh tekanan dan temperatur yang tinggi, dan berubah menjadi minyak bumi dan kemudian melakukan proses migrasi. Berbagai temuan di lapangan memperlihatkan bahwa minyak bumi dapat terbentuk segera setelah proses sedimentasi. Walaupun demikian, ada perbedaan prinsipil antara minyak bumi yang terdapat dalam sedimen yang berumur *recent* dan yang ada dilapisan kulit bumi. Yang terdapat dalam sedimen yang berumur *recent*, tidak ada hidrokarbon dalam senyawa dengan ukuran $C_2 - C_{14}$, tidak ada aromatik dari golongan molekul rendah, sedang yang lebih ringan dari nonane (C_9), sebagian besar tidak ditemukan di sedimen *recent*. Dalam sedimen *recent*, hidrokarbon yang terbentuk mempunyai berat lebih sedikit dibandingkan dengan hidrokarbon yang terbentuk di dalam sedimen yang berumur tua.

2.3.3 Pematangan

Pematangan minyak bumi disebut juga sebagai pendewasaan minyak bumi (*oil maturation*) berhubungan dengan masalah waktu pembentukan minyak bumi dan pemahaman tentang batuan induk. Dalam hal proses pematangan minyak bumi yang melibatkan beberapa parameter dan waktu, banyak hipotesis seperti teori perbandingan karbon, teori fraksinasi, dan teori hubungan antara berat jenis (Derajat API) terhadap umur dan kedalaman. Dimana dari hipotesis tersebut didapatkan kesimpulan bahwa hubungan antara keterdapatan minyak bumi dan umur batuan adalah *linier*. Perbandingan hidrokarbon dan karbonnya akan meningkat seiring dengan keterdapatan minyak bumi dan umur batuan sedimen tersebut.

Terdapat suatu konsep pendewasaan minyak bumi yang cukup terkenal yaitu Konsepsi Pematangan Phillipi (1965 dalam Koesoemadinata, 1978) menunjukkan bahwa pematangan (*maturation*) minyak bumi terkait dengan pembentukannya di dalam batuan induk. Proses ini terjadi melalui degradasi termal zat organik, yang dipengaruhi oleh *gradien geotermal*. Analisis hidrokarbon pada batuan sedimen Miosen menunjukkan peningkatan jumlah dan perubahan susunan kimia hidrokarbon seiring dengan kedalaman dan umur geologi batuan. Semakin dalam dan tua batuan, semakin mirip susunan kimianya dengan minyak bumi, yang menurut Philipi merupakan proses pematangan.

2.3.4 Migrasi

Minyak bumi yang terbentuk dari bahan organik dalam batuan induk awalnya berbentuk tetes-tetes kecil atau koloid. Agar dapat terkumpul dalam jumlah yang cukup untuk dieksploitasi secara komersial, minyak bumi tersebut harus mengalami proses pengkonsentrasian. Proses ini melibatkan pengeluaran tetes-tetes kecil dari batuan induk, kemudian masuk ke dalam reservoir, dan akhirnya terkumpul dan terperangkap. Proses ini disebut dengan migrasi.

Migrasi dalam *petroleum system* adalah proses berpindahnya minyak bumi dari batuan induk ke reservoir. Migrasi dikelompokkan menjadi :

1. Migrasi primer : keluarnya minyak bumi, berupa keluarnya hidrokarbon dari batuan induk (*source rock*) yang berbutir halus dan berpermeabilitas rendah menuju *carrier bed* yang memiliki permeabilitas lebih tinggi. Migrasi primer sangat dipengaruhi oleh kompaksi dan pengaliran (*dewatering*).
2. Migrasi sekunder : pergerakan fluida dalam lapisan penyalur untuk menuju ke tempat akumulasi.

Ada beberapa faktor yang mendukung proses migrasi pada minyak bumi menuju ke reservoir yaitu :

1. Syarat fisik untuk migrasi, agar terjadi migrasi minyak bumi, beberapa hal akan ikut berperan antara lain :

- a. Perbedaan antara tetes dan masa kontinu menyebabkan pergerakan fluida menjadi tidak lancar. Kapilaritas atau tegangan permukaan menjadi penghalang bagi pergerakan tetes, sehingga mempengaruhi gerak fluida dalam pori-pori batuan.
- b. Dalam pori-pori batuan, kapilaritas menyebabkan terjadinya keseimbangan tekanan pada setiap tonjolan butir, di mana tekanan di kedua sisi selaput pemisah fasa cair dan padat menjadi seimbang dalam keadaan statis.
2. Tekanan geser yang dibutuhkan untuk menggerakkan fluida dalam pori-pori batuan tergantung pada ukuran pori-pori dan tegangan antarpermukaan. Semakin kecil ukuran butir, semakin besar tekanan yang diperlukan. Oleh karena itu, agar minyak bumi dapat bermigrasi melalui pori-pori yang berisi air, harus terbentuk dahulu suatu fasa kontinu yang memungkinkan pergerakan minyak bumi tersebut.
3. Selain *gradien hidrodinamik* dan gaya pelampungan, terdapat beberapa sumber tenaga lain yang memungkinkan migrasi minyak bumi, antara lain *kompaksi*, tegangan permukaan, gravitasi, tekanan *hidrostatik*, tekanan gas, *gradien geotermal*, dan proses sedimentasi.
4. Mekanisme migrasi dengan bantuan air dan tanpa bantuan air.

2.4 Akumulasi Minyak bumi

Akumulasi minyak bumi adalah faktor kunci untuk membentuk reservoir komersial. Akumulasi terjadi ketika gaya pelampungan yang menggerakkan hidrokarbon terhambat atau dibelokkan. Batuan *impermeabel* dapat berfungsi sebagai penghalang yang mencegah migrasi hidrokarbon lebih lanjut, karena tekanan kapilaritas yang tinggi dapat mengalahkan gaya pelampungan hidrokarbon.

Berikut disampaikan beberapa teori tentang akumulasi minyak bumi (Koesoemadinata, 1978) :

1. Teori akumulasi Gussow.
Teori ini menerangkan dalam bahwa proses akumulasi minyak bumi terjadi dalam keadaan hidrostatik. Hal ini

disebabkan oleh gaya pelampungan . Begitu sampai disuatu lapisan perangkap, kolom gas akan bertambah dan mendorong minyak ke bawah, sehingga mendorong air ke lapisan paling bawah. Proses ini berlanjut hingga batas minyak-air mencapai "*spill point*". Akumulasi minyakbumi akan terus berlanjut, menyebabkan perlimpahan minyak ke struktur selanjutnya. Pada tahap selanjutnya, penambahan gas akan mendorong minyakbumi ke bawah, sehingga melimpah dan mengisi lapisan perangkap dengan gas.

2. Teori akumulasi King Hubbert.

Teori ini berdasarkan pada akumulasi minyak bumi dari sudut pandang energi potensial dan terkait erat dengan perangkap hidrodinamik. Minyakbumi dalam bentuk tetes-tetes atau fasa kontinu yang berada dalam lingkungan air akan selalu mencari bagian reservoir yang terisolasi dan memiliki potensial energi terendah secara lokal. Medan potensial dalam reservoir yang terisi air merupakan hasil interaksi antara dua gaya, yaitu gaya pelampungan (*bouyancy*) dan gaya yang disebabkan oleh *gradien hidrodinamik*.

Dengan konsep tersebut, akumulasi minyakbumi dapat terbentuk dan juga dapat hilang karena adanya *gradien hidrodinamik* yang dapat berubah arah dan besarnya seiring waktu geologi. Akumulasi minyakbumi dan gas alam merupakan suatu keseimbangan dinamis yang dapat berubah seiring waktu.

Waktu penjebakan merupakan faktor yang penting dalam akumulasi minyakbumi dan gas alam. Menentukan waktu geologi ketika minyakbumi dapat terjebak tidak hanya penting secara ilmiah, tetapi juga secara ekonomi. Ketersediaan perangkap dan waktu pembentukannya, serta waktu pembentukan minyak bumi itu sendiri, menentukan apakah perangkap dapat diisi atau kosong. Oleh karena itu, beberapa faktor perlu dipertimbangkan dalam menganalisis waktu penjebakan, seperti waktu pembentukan lapisan perangkap, *expansi* gas, kondisi minyak, metode energi, mineral diagenesis, dan sementasi organik.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pembentukan minyakbumi tidak terjadi pada waktu tertentu dalam evolusi minyakbumi. Setelah terakumulasi di suatu perangkap, minyakbumi dapat bermigrasi lagi ke perangkap lain yang terbentuk kemudian, sehingga proses akumulasi dan migrasi minyakbumi dapat terjadi berulang kali.

DAFTAR PUSTAKA

- Erdman, J.L., 1961., *The Oil and Gas Resources of the World*, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma.
- Gehman, H.M., 1962. *The Relationship Between Oil and Gas Accumulations and the Sedimentary Basins of North America*, Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, 46(7), Pg. 1115-1135.
tentang batugamping
- Koesoemadinata, R.P., 1978. *Geologi minyak dan gas bumi, Edisi pertama*. Penerbit ITB, Bandung.
- Koesoemadinata, R.P., 1980. *Geologi minyak dan gas bumi, Edisi kedua*. Jilid 1 dan 2, Penerbit ITB, Bandung.
- Koesoemadinata, R.P., 2002. *Petroleum Geology of West Indonesian Basins*, Penerbit ITB, Bandung.
- Makhrani, 2012. *Geologi minyak dan gas bumi*, LKPP Unhas, Makassar.
- Phillips, Thomas L., Ron A. dan Frank F., 1991. *Origin of Hydrocarbon, Kangean Block Northern Platform, Offshore N.E. Java Sea*. Proceeding, Indonesia Petroleum Association Twentyth Annual Convention & Exhibition, hlm. 638-661.
- Smith, W.W., 1954. *Petroleum Geology*, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma.
tentang kandungan kerogen dalam batuan induk
- Samuel, L., 1980. *Relation of Depth to Hydrocarbon Distribution in Bunyu Island, N. E. Kalimantan*. Proceedings, IPA 9th Annual Convention. Jakarta: Indonesia Petroleum Association.
- Sukandarrumidi, 2005. *Bahan Galian Industri*, Ed. 2. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sukandarrumidi, 2013. *Geologi Minyak dan Gas Bumi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

BAB 3

EKSPLORASI MINYAK BUMI

3.1 Pendahuluan

Eksplorasi merupakan suatu kegiatan yang kita kenal yakni mencari. Salah satu kegiatan Eksplorasi yakni Eksplorasi Minyak Bumi. Eksplorasi Minyak Bumi didefinisikan sebuah kegiatan pencarian Minyak Bumi. Keterdapatan Minyak Bumi dapat dicari dan atau ditemukan di bawah permukaan.

Kehidupan manusia sangat bergantung pada minyak dan gas bumi, yang berfungsi sebagai sumber energi dan memenuhi kebutuhan sehari-hari. Minyak dan gas bumi menyediakan energi untuk kebutuhan sebagai listrik, industri, rumah tangga, kendaraan, pesawat, kapal dan masih banyak lainnya. Selain itu, minyak dan gas bumi berkontribusi pada kebutuhan sehari-hari melalui produk-produk petrokimia.

Dalam beberapa tahun terakhir ini, Eksplorasi Minyak Bumi terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi dunia. Sehingga, Eksplorasi Minyak Bumi menjadi sangat penting bagi ketersediaan sumber daya yang cukup untuk dapat memenuhi kebutuhan energi.

Sesuai Undang-Undang Republik Indonesia No 22 Tahun 2001 mengenai Minyak dan Gas Bumi, kegiatan hulu terdiri dari kegiatan yang berfokus pada kegiatan usaha Eksplorasi dan Eksploitasi. Eksplorasi sendiri merupakan proses yang bertujuan untuk memperoleh data tentang kondisi geologi untuk menemukan dan memperoleh perkiraan cadangan Minyak Bumi di area kerja yang ditentukan (Pertambangan Migas, 2001). Disisi lain, menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 25 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Energi dan Sumber Daya Mineral, Eksplorasi mencakup serangkaian aktivitas penyelidikan geologi, geofisika, geokimia, pengujian pengeboran, dan pengeboran sumur eksplorasi. Tujuan dari Eksplorasi adalah untuk memperoleh data geologi

bawah permukaan dan menemukan serta memperkirakan cadangan (Penanaman Modal dan Investasi, 2021)

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No 2 Tahun 2022 mengenai Struktur dan Operasional Satuan Kerja dalam kegiatan usaha hulu minyak. Minyak Bumi merupakan produk alami yang terdiri dari hidrokarbon yang berada dalam keadaan cair atau padat pada tekanan dan suhu atmosfer. Ini mencakup material seperti aspal, mineral wax atau ozokerit, dan bitumen yang berasal dari proses penambangan. Namun, ini tidak termasuk batubara atau deposit hidrokarbon lainnya yang berwujud padat yang diperoleh dari kegiatan yang tidak ada hubungannya dengan usaha Minyak dan Gas Bumi. (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2022)

Dalam bab ini dibahas mengenai Eksplorasi Minyak Bumi yang meliputi sejarah eksplorasi minyak bumi, pengantar eksplorasi minyak bumi, tahapan eksplorasi minyak bumi seperti studi geologi geofisika, geokimia, survei seismik, pemboran eksplorasi hingga analisis data, dan perkembangan metode eksplorasi minyak bumi.

3.2 Sejarah Eksplorasi Minyak Bumi

Sejarah eksplorasi Minyak dan Gas Bumi di Dunia dimulai sejak zaman kuno (sebelum masehi, sesudah masehi dan pada abad ke-18.) sedangkan di Indonesia sudah dilakukan sejak akhir yakni abad ke-19. Sejarah Eksplorasi minyak bumi sebagaimana dijelaskan berdasarkan perkembangan umum industri migas dan perkembangan metode industri migas (Direktorat Pendidikan, 2013)

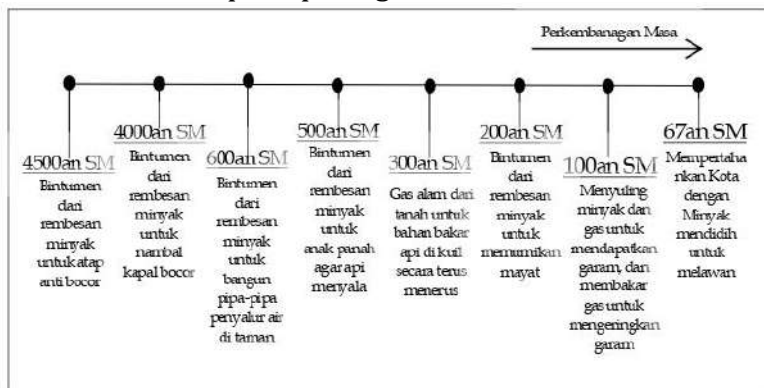
3.2.1 Perkembangan Industri Migas

Perkembangan Industri Migas terdiri dari 4 (empat) Masa yakni masa sebelum masehi, sesudah masehi (hingga abad 18), abad -19 dan abad-20.

1. Masa sebelum masehi,

Masa sebelum masehi dimulai sejak 4500an Sebelum Masehi sampai 67an Sebelum Masehi dengan perkembangan pemanfaatan Bitumen dari rembesan minyak digunakan

berbagai fungsi pada masa masing-masing. Perkembangan sebelum masehi seperti pada gambar 3.1:



Gambar 3.1. Perkembangan Industri Migas pada Masa Sebelum Masehi (Sukandarrumidi, 2013)

2. Masa sesudah masehi hingga abad 18,

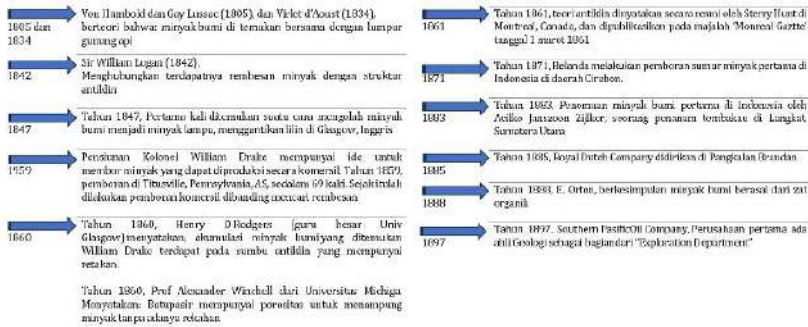
Masa sesudah masehi hingga abad 18 terhitung sejak 100an hingga 1780an perkembangan pemanfaatan dan penemuan minyak digunakan berbagai fungsi pada masa masing-masing. Perkembangan masa ini seperti pada gambar 3.2:



Gambar 3.2. Perkembangan Industri Migas Masa Sesudah Masehi hingga abad 18 (Sukandarrumidi, 2013)

3. Masa abad -19,

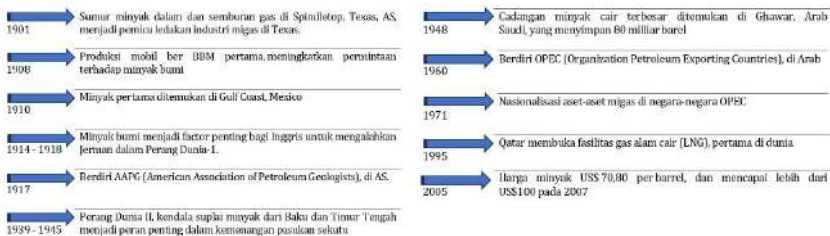
Masa abad 19 terhitung sejak 1805 hingga 1780an perkembangan industri minyak. Perkembangan masa ini seperti pada gambar 3.3



Gambar 3.3. Perkembangan Industri Migas pada Masa abad 19 (Sukandarrumidi, 2013)

4. Masa abad-20.

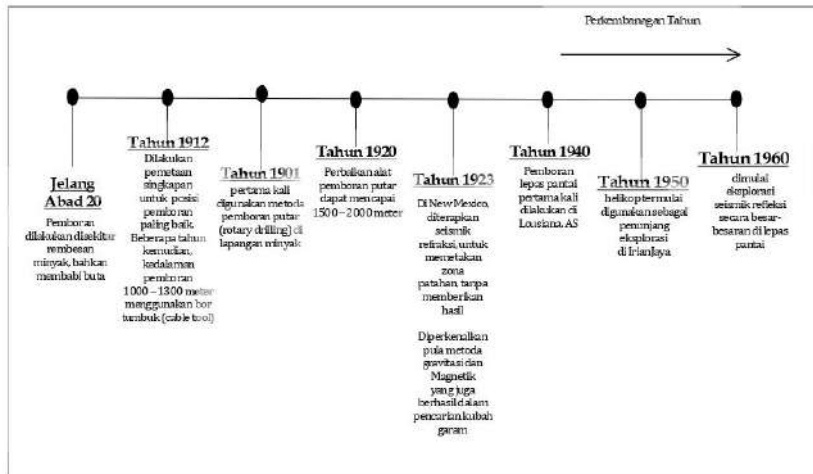
Masa Abad-20 sejak tahun 1901 sampai 2005, sejarah abad-20 sebagai gambar 3.4



Gambar 3.4. Perkembangan Industri Migas pada Masa abad 20 (Sukandarrumidi, 2013)

3.2.2 Perkembangan Metode Eksplorasi Migas

Perkembangan Metode Eksplorasi Minyak Bumi, seperti pada gambar 3.5



Gambar 3.5. Perkembangan Metode Eksplorasi Migas (Sukandarrumidi, 2013)

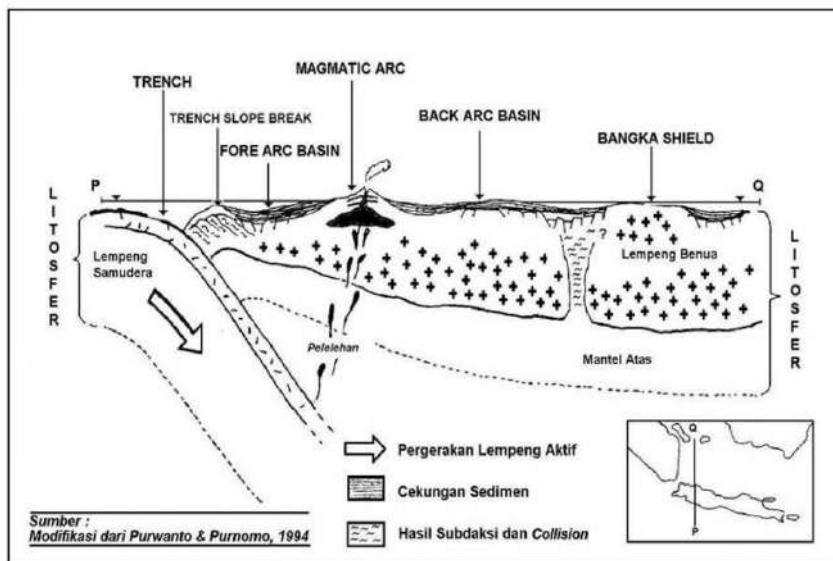
3.3 Pengantar Eksplorasi Minyak Bumi

Eksplorasi yang dikenal dengan sebuah kegiatan pencarian. Menurut Koesmadinata, 1980 Eksplorasi Migas adalah semua aktifitas/ kegiatan yang bertujuan mencari minyak dan gas bumi baik di lapangan baru maupun di lapisan baru.

3.3.1 Eksplorasi Migas pada tatanan tektonik

Eksplorasi Migas berdasarkan tatanan tektonik lempeng, eksplorasi minyak bumi di Indonesia memiliki tektonik yang kompleks. Pertemuan dua lempeng di Kepulauan Indonesia bagian timur dan barat, yakni bagian timur antar Lempeng Pasifik dan lempeng Indo-Australia, bagian barat antar Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo Australia. Batas-batas lempeng dapat diperkirakan melalui zona gempa aktif, zona gerakan tanah di wilayah pegunungan, zona vulkanisme, zona magmatisme, dan zona hidrokarbon. Perkiraan batas lempeng tektonik penting untuk mendukung penyelidikan sumber daya mineral dan sumber daya energi. Salah satu zonasi akibat gejala tumbukan

lempeng-lempeng dalam kerak bumi yakni zonasi endapan hidrokarbon, atau daerah tempat terakumulasi minyak bumi. Zona hidrokarbon juga dapat diperkirakan terutama keberadaan cekungan-cekungan sedimen seperti pada gambar penampang (Gambar 3.6) (Zakaria, 2007).

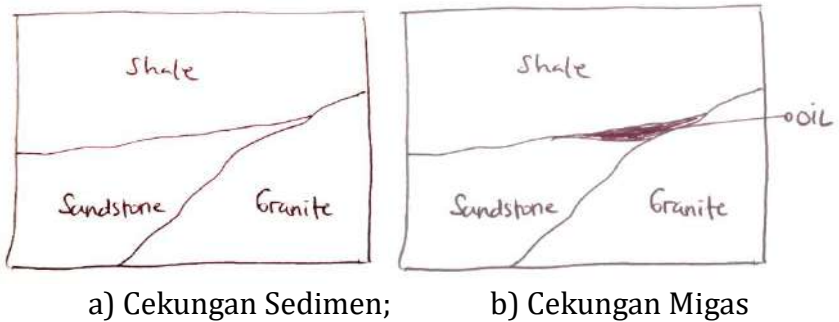


Gambar 3.6. Zona hidokarbon, lokasi keterdapatan migas, (Zakaria, 2007).

Berdasarkan gambar 3.6 diatas, lokasi eksplorasi migas pada tatanan tektonik lempeng pada penampang dari batas konvergen, migas terdapat pada wilayah yang terletak di antara palung samudra dan busur vulkanik atau yang kenal dengan *Fore Arc Basin* dan terdapat pada cekungan *submarine* berasosiasi dengan busur kepulauan dan zona subduksi yang dikenal dengan *Back Arc Basin*.

Cekungan *Fore Arc* dan *Back Arc* merupakan jenis cekungan pengendapan laut yang mengandung sedimen, sehingga pada kedua cekungan inilah tempat dimana terakumulasinya sedimen yang lebih dikenal sebagai cekungan sedimen, sedangkan cekungan sedimen yang menghasilkan minyak dan gas bumi dikenal sebagai Cekungan Migas. Cekungan Migas yang menjadi

tempat terakumulasinya sedimen dan minyak dan gas bumi atau hidrokarbon. Sehingga singkatnya: Semua Cekungan Migas berasal dari cekungan sedimen, akan tetapi tidak semua cekungan sedimen merupakan cekungan migas dikarenakan tidak semua terakumulasi hidrokarbon. Hal ini dikarenakan akan pentingnya Cekungan Migas sebagai cekungan target eksplorasi Minyak dan gas Bumi (Gambar 3.7).



Gambar 3.7. Ilustrasi Lapisan Sandstone membentuk Pinch out pada Cekungan Sedimen dan Cekungan Migas, a) Cekungan Sedimen; b) Cekungan Migas (Ilustrasi Eksplorasi Migas, Dokumen Pribadi, 2024)

3.3.2 Minyak dan Gas Bumi

Hidrokarbon ditemukan pada Cekungan Migas. Sekilas mengetahui, bagaimana dan dari mana asal Minyak dan Gas Bumi (Migas). Minyak dan gas ini terbentuk dari hewan dan tumbuhan yang telah mati jutaan tahun yang lalu. Oleh karena itu, bahan ini sering disebut sebagai bahan bakar fosil.

Migas berasal dari sisa-sisa organisme seperti fosil dari plankton maupun tumbuhan. Proses pembentukan terjadi melalui proses pematangan yang disebabkan oleh tekanan dan suhu tinggi selama waktu yang lama. Akibatnya, unsur karbon dan hydrogen terpisaj dan membentuk senyawa baru yang dikenal sebagai Hidrokarbon. Ada dua teori yang menjelaskan asal minyak dan gas, yaitu teori organik dan teori anorganik.

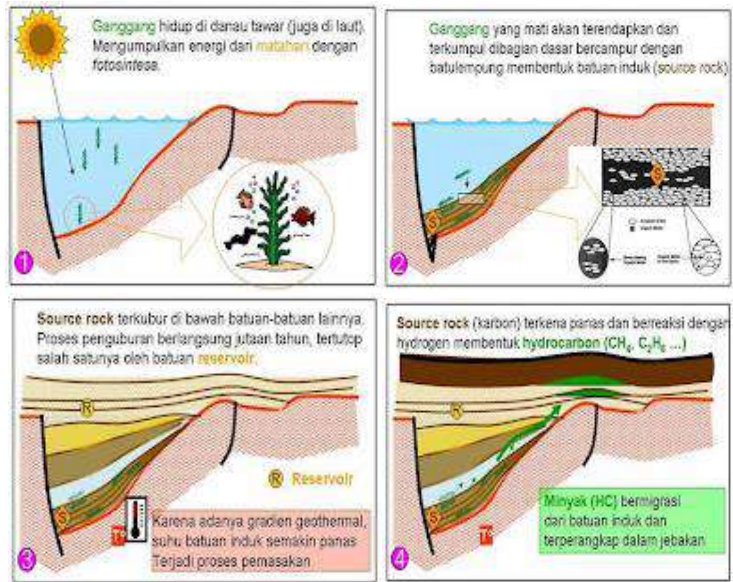
1. Teori Anorganik

Minyak berasal dari sisa-sisa organisme seperti fosil dari plankton maupun tumbuhan.

2. Teori Organik (Gambar 3.8)

- a. Minyak berasal dari sisa-sisa organisme seperti fosil dari plankton maupun tumbuhan
- b. Organisme (Plankton) dan tumbuhan (unsur organik) yang mati mengalami sedimentasi (pengendapan) bersamaan dengan berbagai jenis sedimen seperti lumpur yang dibawa oleh aliran sungai. Batuan sedimen yang mengandung unsur organik sebagai sumber terjadinya minyak dan gas bumi ini disebut batuan sumber (*source rocks*).
- c. Akibat pengendapan terus-menerus pada bagian atas (overburden), Organisme (Plankton) dan tumbuhan (unsur organik) yang mati, pada lapisan batuan sedimen mengalami proses tekanan dan suhu yang berlangsung jutaan tahun. Unsur ini kemudian berubah menjadi minyak, gas dan aspal bumi. Selanjutnya, minyak dan gas bumi tersebut bermigrasi mencari lapisan-lapisan yang berlubang atau yang mempunyai pori-pori. Lapisan-lapisan berpori ini dikenal sebagai *reservoir rock*. Pada lapisan seperti inilah minyak dan gas bumi berkumpul.
- d. Minyak dan gas bumi yang terbentuk di *source rock* oleh peningkatan suhu dan tekanan secara terus-menerus membuatnya mencari jalan untuk bergerak dan berpindah menuju tempat yang lebih rendah suhu dan tekanannya, dimana proses ini dikenal *migration*. Proses migrasi ini terus terjadi melewati batuan berpori dan terjebak pada satu tempat karena adanya batuan penutup yang membuat minyak dan gas bumi tidak dapat lagi bermigrasi atau batuan ini biasa dikenal *seal rock* dengan sifat impermeable (tidak dapat meloloskan fluida).

Dan akhirnya minyak dan gas bumi terakumulasi pada suatu tempat yang bukan dimana ia terbentuk pertama kali. Ilustrasi proses ini berlaku pada pembentukan minyak dan gas bumi secara konvensional.

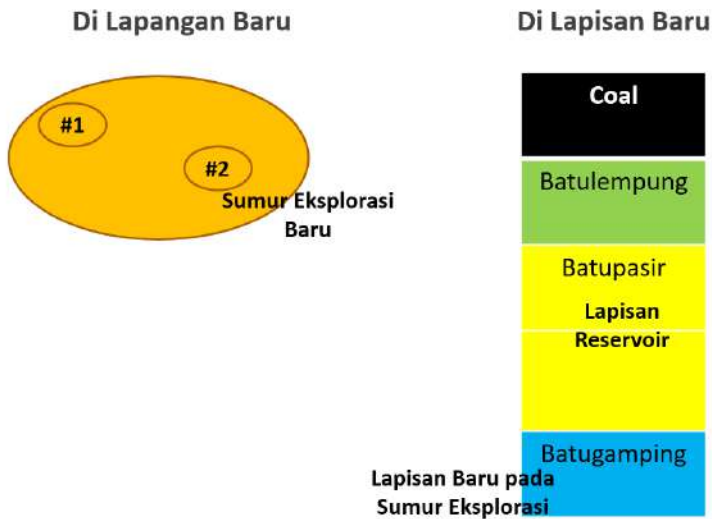


Gambar 3.8. Ilustrasi Proses Pembentukan Minyak Bumi (Afifah & Jumardi, 2019)

Sebagaimana pada gambar 3.8 pada gambar 1 menjelaskan Organisme (Plankton) dan tumbuhan (unsur organik) mati, sebelum mulai tersedimentasi, gambar 2 menjelaskan Unsur Organik Mati tersedimentasi dan membentuk Batuan Induk (source rock), gambar 3 menjelaskan Batuan Induk (Source Rock) Tertimbun oleh Batuan Berpori (reservoir rock) dan gambar 4 menjelaskan minyak dan gas Bumi bermigrasi dari source rock lalu terjebak dan terakumulasi di jebakan (trap).

3.3.3 Lapangan dan Lapisan Baru

Terakumulasi hidrokarbon pada cekungan migas dapat ditemukan dengan metode pencarian pada lapangan baru dan atau lapisan baru, kedua hal tersebut merupakan bagian pencarian migas pada kondisi bawah permukaan. Lapangan Baru Migas merupakan adanya cekungan sedimen ditemukan berpotensi adanya migas baru setelah dibor. sedangkan Lapisan Baru merupakan adanya keterdapatan lapisan sebagai reservoir pada kedalaman lainnya dari lapisan reservoir sebelumnya yang telah berproduksi (Gambar 3.9).



Gambar 3.9. Ilustrasi eksplorasi Migas di lapangan baru dan atau di lapisan baru (Rohima, 2019) dimodifikasi (Ilustrasi Eksplorasi Migas, Dokumen Pribadi, 2024)

Lapangan Baru Migas di Indonesia berdasarkan data Badan Geologi, 2009 terdapat 128 cekungan, terdiri dari eksplorasi dan produksi migas masih terkonsentrasi di sebagian kecil cekungan-cekungan. Indonesia memiliki 128 cekungan sedimen, seoperti pada tabel 3.1, berikut:

Tabel 3.1. Cekungan-Cekungan di Indonesia

No	Persen	Cekungan Sedimen (jmlh)	Keterangan
1	47%	61	Sumur dieksplorasi
1.a	16 %	20	Sumur Produksi
1.b	20%	27	Sumur penemuan hidrokarbon
1.c	6%	8	Sumur dengan keterdapatan rembesan hidrokarbon, data seismik tersedia, tidak ada data.
1.d	5%	6	Sumur dengan keterdapatan rembesan hidrokarbon, data seismik tersedia, tidak ada data.

No	Persen	Cekungan Sedimen (jmlh)	Keterangan
2	53%	67	Sumur belum dieksplorasi dan sebagian besar berada di Kawasan Timur Indonesia baik <i>onshore</i> maupun <i>offshore</i>
2.a	20%	26	Sumur belum dieksplorasi, data seismik, non-seismik, dan data geologi tersedia
2.b	32%	41	Sumur belum dieksplorasi, data seismik, non-seismik, dan data geologi tersedia

Sumber: (Koesoemadinata, 1980)

Perkembangan Lapangan Baru Migas di Indonesia berdasarkan data Badan Geologi, 2022 adanya pembaharuan status cekungan pada 67 Cekungan yang belum dieksplorasi menjadi status cekungan tereksplorasi sekitar 36 Cekungan sedimen direkomendasi sebagai cekungan berpotensi akumulasi migas.

3.4 Tahapan Eksplorasi Minyak Bumi

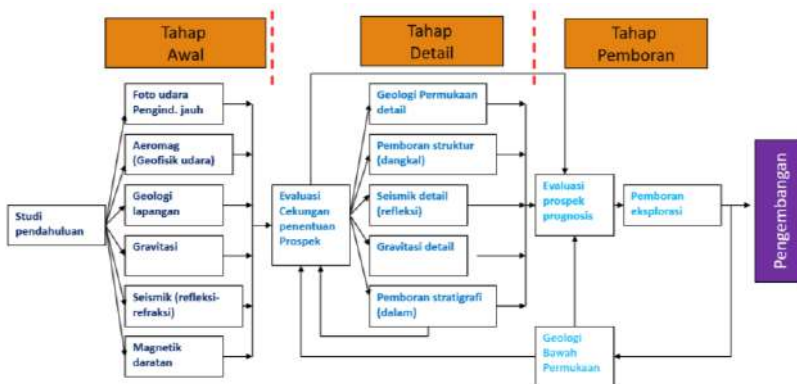
Salah satu bagian dari kegiatan studi dan survei geologi, dalam tahapan eksplorasi migas memiliki tahapan dasar yang dilakukan dengan metode yang sesuai dan terstruktur agar mendapatkan hasil yang optimal. Ada 4 (empat) tahapan dasar eksplorasi migas, terdiri dari pencarian cekungan, penyelidikan sistem migas, penyelidikan *Petroleum play* dan pembuktian daerah prospek (Burhannudinnur, et al., 2023), sebagai berikut:

1. Pencarian Cekungan bertujuan untuk identifikasi proses tektonik yang pernah dan sedang terjadi untuk mengetahui keberadaan sebuah cekungan atau bukan cekungan.
2. Penyelidikan sistem migas bertujuan untuk penyelidikan geologi pada kerak bumi dan peran pembentukan minyak dan gas bumi

3. Penyelidikan Sistem *Petroleum* bertujuan untuk mengetahui dinamika Migas dari tempat awal terbentuk, migrasi, perangkap, hingga tersimpan pada lapisan batuan.
4. Pembuktian daerah Prospek merupakan hasil akhir dinamika migas sebagai bentuk pembuktian adanya akumulasi migas.

Selain pada tahapan dasar diatas, kegiatan Eksplorasi migas yang bertujuan untuk mencari lokasi yang mengandung cadangan minyak bumi. Adanya tahapan operasi survei yang dibagi menjadi 3 (tiga) tahapan yakni Tahap Awal, Tahap Detail dan Tahap Pemboran, seperti pada gambar 3.10 sebagai pelengkap proses kegiatan dari tahapan dasar yang telah dijelaskan. Ketiga Tahapan operasi survei yakni:

1. Tahap awal merupakan studi pendahuluan dan perencanaan. Tahap ini melakukan kajian awal seperti geologi lapangan, foto udara dan kajian log dari studi geofisika.
2. Tahap detail merupakan kegiatan evaluasi cekungan dan penentuan prospek. Tahap ini melakukan kajian detail pada kondisi Geologi bawah permukaan detail, pemboran stratigrafi dan struktur serta geofisika detail.
3. Tahap akhir yakni tahap pemboran merupakan kegiatan pemboran eksplorasi. Tahapan akhir dilakukan sebagai data pengembangan kegiatan berikutnya.



Gambar 3.10. Bagan Tahapan operasi survei eksplorasi Migas

Pelaksanaan kegiatan tahapan eksplorasi dilakukan dengan pendekatan studi, seperti: studi geologi, studi geofisika, studi geokimia, studi seismik, Pemboran eksplorasi.

3.4.1 Studi Geologi

Studi geologi dilakukan untuk memetakan formasi batuan di wilayah eksplorasi. Tahapan ini melibatkan pemetaan struktur geologi, identifikasi jenis batuan, dan analisis potensi reservoir hidrokarbon, pemodelan Cekungan, petrofisika dan korelasi Sumur. Data geologi menjadi dasar untuk menentukan prospek keberadaan minyak bumi. Selain itu juga pada survei geologi untuk mengetahui Geokimia, Geologi Permukaan dan Rembesan Minyak.

Survei geokimia bertujuan untuk menganalisis kandungan hidrokarbon di permukaan tanah dan sumur eksplorasi. Data ini digunakan untuk mendukung interpretasi hasil survei geologi dan geofisika.

3.4.2 Studi Geofisika

Studi geofisika menggunakan metode untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan dengan mengukur pantulan gelombang seismik, dapat diidentifikasi struktur bawah tanah yang berpotensi menjadi perangkap hidrokarbon. Selain itu juga pada survei geofisika Seismik 2D 3D, seismik pasif, gravitasi dan magnetik.

Beberapa Metode Geofisika untuk Eksplorasi Migas, Parameter dan sifat metode geofisika diantaranya seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Macam-macam metode Geofisika

No	Metode	Parameter yang diukur	Sifat-sifat fisika
1	Seismik Refraksi	Waktu gelombang seismik pantul dan/ atau bias, amplitudo dan frekuensi gelombang seismik	Densitas dan Modulus elastisitas sebagai penentu cepat rambat gelombang
2	Seismik Refleksi		

No	Metode	Parameter yang diukur	Sifat-sifat fisika
			seismik
3	Gravitasi	Variasi harga percepatan gravitasi bumi	Densitas
4	Magnetik	Variasi harga intensitas medan magnetik	Susesptibilitas

Sumber: (Hartman & Mutmansky, 1980) dimodifikasi

Survei seismik adalah suatu aktivitas eksplorasi yang bertujuan untuk memahami keadaan geologi di bawah permukaan bumi dengan menggunakan metode geofisika. Ini melibatkan penggunaan gelombang yang merambat di bawah permukaan, yang dihasilkan oleh sumber getar dan diambil oleh penerima getar yang diletakkan di tanah. Aktivitas ini seringkali berhubungan dengan pencarian minyak, gas, atau mineral, yang dapat membantu dalam mengukur seberapa dalam sumber minyak bumi berada (Rafferty, 2009).

Survei seismik dilakukan untuk mengetahui keadaan lapisan batuan di bawah permukaan tanah. Informasi tentang lapisan batuan didapat dengan merekam gelombang pantul dari getaran yang ada di dalam tanah pada kedalaman tertentu, yang kemudian dicatat oleh alat penerima getaran.

Pengumpulan data seismik eksplorasi dapat dilakukan melalui kegiatan akuisisi seismik. Dalam kegiatan akuisisi data seismik, terdapat beberapa elemen yang digunakan, seperti sumber gelombang, penerima gelombang frekuensi sumber, dan desain pengambilan data lapangan. Gelombang yang dihasilkan oleh sumber getar, yang biasanya berupa peledak atau dinamit, akan memantul kembali ke permukaan melalui lapisan batuan, dan gelombang tersebut akan diterima oleh perangkat yang dikenal dengan nama receiver.

Teknologi seismik ini bekerja dengan cara merekam pantulan gelombang dari dalam tanah pada kedalaman tertentu. Untuk melakukan ini, permukaan tanah biasanya akan ditanami

dinamit, atau menggunakan rig pengeboran jika diperlukan untuk membuat lubang yang lebih dalam agar dinamit bisa ditanam lebih jauh ke dalam tanah. Setelah dinamit dipersiapkan dan diletakkan pada posisi yang benar pada kedalaman yang ditentukan, selanjutnya dinamit akan diledakkan. Ledakan ini akan menghasilkan getaran yang merambat ke lapisan tanah. Gelombang yang memantul tersebut kemudian akan mencapai permukaan tanah dan diambil oleh alat pencatat atau receiver (Telford., et al., 1990)

Konsep Dasar Survei seismik adalah metode eksplorasi geofisika yang digunakan untuk memetakan struktur bawah permukaan bumi dengan memanfaatkan gelombang seismik. Gelombang ini dihasilkan dari sumber getar buatan, seperti ledakan kecil atau getaran mekanis, yang kemudian merambat melalui lapisan-lapisan batuan di bawah permukaan. Ketika gelombang tersebut bertemu dengan perbedaan sifat fisik antar lapisan, sebagian energi akan dipantulkan kembali ke permukaan dan ditangkap oleh sensor yang disebut geofon (untuk survei darat) atau hidrofon (untuk survei laut). Data yang diperoleh dari pantulan ini kemudian diolah untuk menghasilkan gambaran visual struktur geologi bawah permukaan.

Berbagai Jenis Survei Seismik dengan melakukan survei seismik, kita dapat mengetahui isi yang terdapat di dalam bumi, seperti minyak, gas alam, air, mineral, dan lain-lain. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa survei seismik ini mempermudah kita untuk memahami isi bumi tanpa perlu menggali tanahnya.

Ada beberapa jenis metode survei seismik yang dilakukan, yaitu:

1. Survei Refraksi Seismik

Cara ini dikenal sebagai metode bias karena mencakup pembiasan dari gelombang seismik ketika melewati berbagai lapisan di bawah permukaan tanah. Dengan mencatat berapa lama gelombang bergerak dari sumber hingga penerima, kita dapat memahami sifat dan kedalaman lapisan batuan. Metode survei refraksi ini sering dimanfaatkan untuk menentukan struktur geologi yang penting dalam perencanaan pengeboran.

2. Survei 2D dan 3D

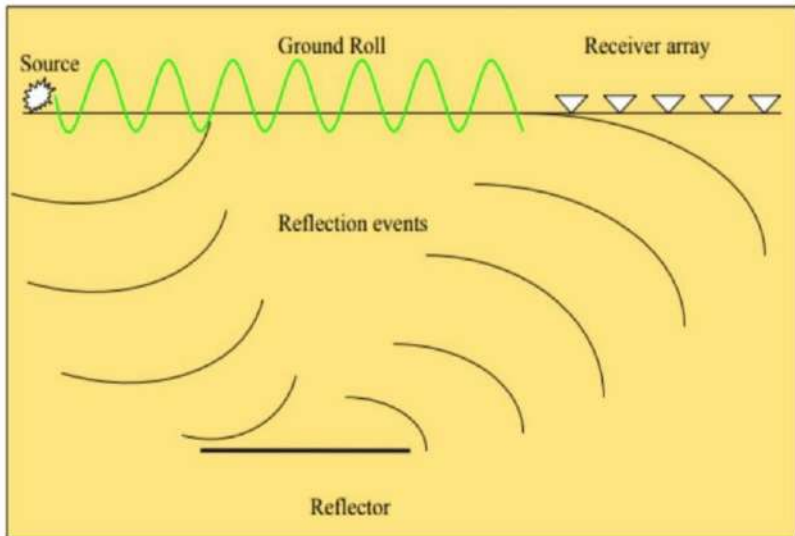
Metode survei seismik dua dimensi menggunakan satu barisan alat penerima sinyal yang diletakkan di sepanjang jalur survei yang ingin diteliti. Sumber energi seismik, seperti ledakan, ditempatkan di awal jalur survei. Gelombang seismik yang kembali dari lapisan bawah tanah ditangkap oleh alat penerima, dan kemudian informasi tersebut dianalisis untuk menggambarkan struktur geologi. Sebagai perbandingan, survei seismik 3D memanfaatkan kumpulan penerima dan sumber energi seismik yang tersebar di area survei. Data gelombang seismik yang ditangkap oleh penerima dari bawah tanah diproses menjadi model 3D. Metode seismik ini menawarkan informasi yang lebih mendalam tentang struktur dan sifat bawah permukaan.

Hasil dari pengumpulan data seismik terbagi menjadi dua jenis, yaitu seismik dua dimensi (2D) dan seismik tiga dimensi (3D), yang dilakukan di darat maupun di perairan. Seismik dua dimensi terdiri dari jalur yang berbentuk garis, panjang dari setiap jalur disesuaikan dengan target yang dituju. Di daratan, seismik dua dimensi (2D) menggunakan metode tertentu, di mana dalam satu jalur terdapat titik tembakan (shot point/SP) yang ditandai dengan warna merah dan jejak (trace/TR) yang terlihat dengan warna biru. Jalurnya tidak terlalu padat dan tidak selalu teratur.

Pentingnya Survei Seismik dalam Eksplorasi Migas. Survei seismik memainkan peran vital dalam industri minyak dan gas bumi dengan berbagai manfaat, antara lain :

1. Identifikasi Potensi Cadangan : Memungkinkan penentuan lokasi yang tepat untuk pengeboran dengan mengidentifikasi struktur geologi yang berpotensi mengandung hidrokarbon.
2. Pengurangan Risiko Eksplorasi : Menyediakan gambaran detail bawah permukaan, survei seismik membantu mengurangi ketidakpastian dan resiko yang terkait dengan kegiatan pengeboran.

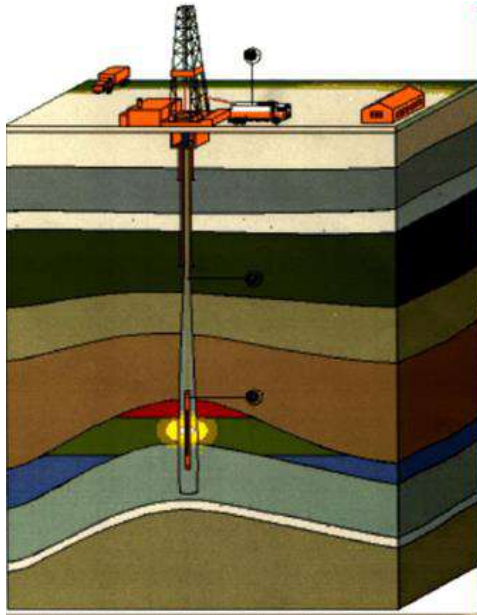
3. Efisiensi Biaya : Informasi yang akurat dari survei seismik dapat mengurangi jumlah pengeboran yang tidak produktif, sehingga menekan biaya operasional.
4. Pemantauan Reservoir : Survei seismik 4D memungkinkan pemantauan perubahan dalam reservoir seiring waktu, membantu dalam manajemen produksi dan perencanaan pengembangan lapangan lebih lanjut.



Gambar 3.11. Ilustrasi Operasi Survey Seismik (Alkan & Hardage, 2007)

3.4.3 Pemboran Eksplorasi

Penggalan dilakukan untuk membuktikan apakah suatu cekungan mengandung minyak dan gas bumi serta untuk mengumpulkan data bawah tanah sebanyak mungkin. Ini adalah bagian dari pekerjaan yang bertujuan untuk memastikan adanya minyak dan gas, seperti pada gambar 3.12



Gambar 3.12. Ilustrasi Operasi Survey Seismik (Alkan & Hardage, 2007)

3.5 Metode Eksplorasi Minyak Bumi

3.5.1 Identifikasi Langsung

Berdasarkan Gejala Permukaan, Rembesan Migas (*Oil Seepages*).

3.5.2 Metode Geologi

Metode Geologi bertujuan untuk membuat Peta Permukaan dan Bawah Permukaan. Metode Geologi meliputi beberapa Studi diantaranya Studi Petrologi, Stratigrafi, Sedimentologi dan Struktur Geologi. Studi-studi tersebut memiliki tujuan masing-masing. Tujuan dari studi tersebut seperti pada tabel 3.3, sebagai berikut:

Tabel 3.3. Studi dalam Geologi beserta fungsi

No	Studi	Fungsi dalam Eksplorasi migas
1	Studi Petrologi	Mempelajari jenis dan komposisi batuan untuk mengidentifikasi batuan sumber (<i>source rock</i>) dan reservoir potensial.
2	Studi Stratigrafi	Mempelajari susunan lapisan batuan dan urutan pengendapannya untuk memahami sejarah geologi wilayah dan potensi jebakan hidrokarbon.
3	Studi Sedimentologi	Mempelajari proses pengendapan sedimen dan lingkungan pengendapan untuk memahami potensi reservoir dan karakteristiknya.
4	Studi Struktur Geologi	Mempelajari struktur geologi seperti lipatan, patahan, dan sesar untuk mengidentifikasi jebakan hidrokarbon.

3.5.3 Metode Geofisika

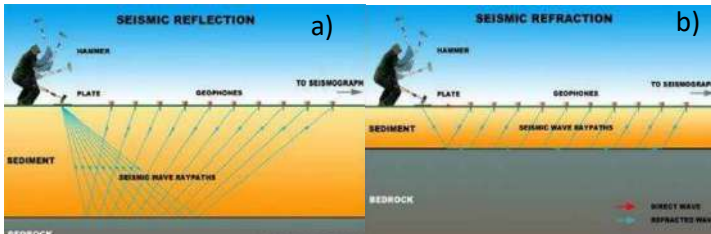
Metode Geofisika merupakan Ilmu yang mempelajari ciri Fisis Bumi dengan Metode Fisika Kuantitatif, khususnya Metode Seismik Refleksi, Refraksi, Magenetik, dan Gravitasi.

Metode Seismik

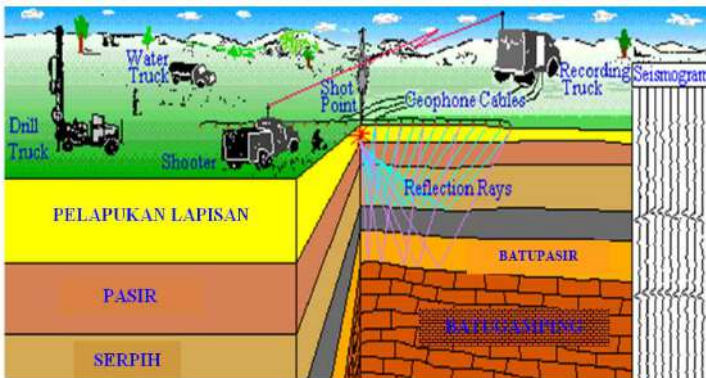
Survei seismik dapat dibedakan berdasarkan metode yang digunakan, antara lain:

1. Seismik Refleksi: Metode ini mengukur gelombang seismik yang dipantulkan kembali ke permukaan setelah mengenai batas antar lapisan batuan (Gambar 3.13a). Seismik refleksi sangat efektif untuk memetakan struktur geologi yang kompleks dan dalam (Gambar 3.14a).
2. Seismik Refraksi: Berbeda dengan refleksi, metode refraksi mengukur gelombang seismik yang dibelokkan (dibiaskan) saat melewati batas antar lapisan dengan kecepatan

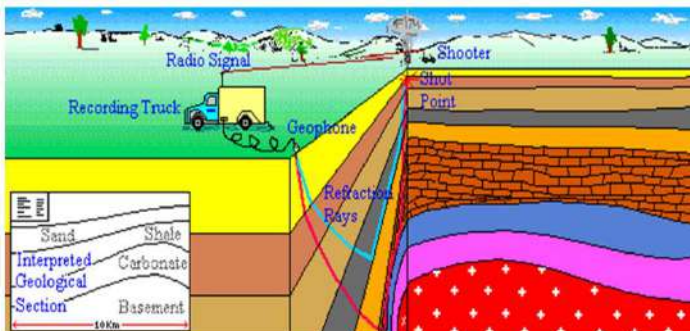
berbeda (Gambar 3.13b). Metode ini sering digunakan untuk mengidentifikasi kedalaman lapisan batuan dasar atau struktur dangkal lainnya (Gambar 3.14b).



Gambar 3.13. a) Seismik Refleksi; b) Seismik Refraksi



Gambar 3.14. a) Seismik Refleksi (Afifah, 2008)



Gambar 3.14. b) Seismik Refraksi (Afifah, 2008)

Proses survei seismik terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu perencanaan, akuisisi data, pengolahan data, dan interpretasi data. Setiap tahapan memerlukan pendekatan dan teknik khusus untuk memastikan hasil yang akurat dan andal.

1. Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan merupakan langkah awal yang krusial dalam survei seismik. Tujuan utama dari tahap ini adalah merancang survei yang efisien dan efektif, sesuai dengan tujuan eksplorasi yang telah ditetapkan. Beberapa aspek penting dalam tahap perencanaan meliputi:

- a. Studi Pendahuluan: Melakukan analisis awal terhadap area yang akan disurvei, termasuk pengumpulan data geologi dan geofisika yang sudah ada, serta informasi lingkungan dan infrastruktur setempat.
- b. Desain Survei: Menentukan parameter survei seperti konfigurasi sumber dan penerima gelombang seismik, jarak antar geofon atau hidrofons, serta pola pengambilan data (misalnya, survei 2D, 3D, atau 4D). Desain yang tepat akan mempengaruhi kualitas data yang diperoleh dan efisiensi operasional.
- c. Perizinan dan Keselamatan: Mengurus semua perizinan yang diperlukan, serta merancang protokol keselamatan untuk melindungi tim survei dan lingkungan sekitar selama pelaksanaan survei.

2. Tahap Akuisisi Data

Akuisisi data adalah proses pengumpulan data seismik di lapangan. Tahap ini melibatkan beberapa langkah penting, antara lain:

- a. Persiapan Lapangan: Penempatan peralatan seperti sumber gelombang seismik (misalnya, vibrator atau bahan peledak) dan sensor penerima (geofon untuk darat atau hidrofons untuk laut) sesuai dengan desain survei yang telah dibuat.
- b. Perekaman Data: Menghasilkan gelombang seismik yang akan merambat melalui lapisan bawah permukaan dan memantul kembali ke sensor penerima. Data yang

terekam mencerminkan respons bawah permukaan terhadap gelombang seismik tersebut.

- c. Pengendalian Kualitas (*Quality Control*): Memantau kualitas data secara *real-time* untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan memenuhi standar yang ditetapkan. Jika ditemukan anomali atau gangguan, penyesuaian segera dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut.

3. Tahap Pengolahan

Setelah data seismik berhasil dikumpulkan, langkah selanjutnya adalah pengolahan data untuk menghasilkan gambaran yang dapat diinterpretasikan.

Tahapan dalam pengolahan data meliputi:

- a. Pre-processing: Melakukan koreksi awal pada data mentah, seperti penghapusan noise, koreksi waktu, dan penyesuaian amplitudo.
- b. Prosesing Utama: Menerapkan teknik seperti dekonvolusi, stacking, dan migrasi untuk meningkatkan resolusi dan akurasi citra seismik. Proses ini bertujuan untuk memposisikan *reflector* seismik pada lokasi yang sebenarnya di bawah permukaan.
- b. Post-processing: Mengaplikasikan filter tambahan dan penyesuaian lainnya untuk memperjelas fitur-fitur geologis yang penting.

4. Tahap Interpretasi Data

Interpretasi data seismik merupakan tahap akhir yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan memetakan struktur geologi bawah permukaan. Langkah- langkah dalam interpretasi data meliputi:

- a. Analisis Penampang Seismik: Mengamati dan mengidentifikasi refleksi seismik yang menunjukkan keberadaan lapisan batuan, patahan, atau struktur geologi lainnya.

- b. Pemetaan Struktur Geologi: Membuat peta struktur berdasarkan interpretasi penampang seismik, yang menunjukkan distribusi dan orientasi formasi geologi.
- c. Penentuan Prospek Hidrokarbon: Menilai potensi keberadaan jebakan hidrokarbon dengan mengintegrasikan data seismik dengan informasi geologi lainnya, seperti data sumur dan analisis batuan.

Teknologi dan Inovasi dalam Survei Seismik. Dalam dekade terakhir, teknologi survei seismik telah mengalami perkembangan pesat, antara lain:

- a. Akuisisi Data dengan Resolusi Tinggi: Penggunaan peralatan modern memungkinkan pengumpulan data dengan resolusi yang lebih tinggi, sehingga detail struktur geologi dapat diamati dengan lebih jelas.
- b. Pemrosesan Data Canggih: Perkembangan perangkat lunak dan algoritma pemrosesan data telah memungkinkan interpretasi yang lebih cepat dan akurat, termasuk kemampuan untuk memodelkan sifat fisik batuan dan fluida dengan lebih detail.
- c. Survei Seismik di Wilayah Terbuka: Indonesia telah melaksanakan survei seismik 2D lepas pantai terbesar di Asia Pasifik dalam 10 tahun terakhir, dengan panjang lintasan mencapai 30.000 km. Survei ini diharapkan dapat mengidentifikasi potensi cadangan minyak dan gas baru di wilayah yang belum dieksplorasi.

Metode Magnetik

Magnet bumi adalah ukuran dari kekuatan magnet yang ada di bumi. Medan magnet terbentuk karena arus listrik yang mengalir di inti besi cair bumi. Medan magnet yang berasal dari bagian dalam bumi adalah yang paling besar, mencapai 90%. Oleh karena itu, medan ini sering kali disebut sebagai medan utama yang dihasilkan oleh aktivitas di dalam inti. Bagian luar inti bumi juga dikenal sebagai inti luar. Sedangkan sisanya berasal dari bagian luar kerak bumi.

Metode magnet merupakan salah satu cara dalam geofisika yang dipakai untuk menjelajahi keadaan permukaan bumi

dengan memanfaatkan sifat magnetik dari batuan yang ditentukan oleh kerentanan magnet sebelumnya.

Metode magnet digunakan untuk mengukur perubahan pada kekuatan magnet di permukaan bumi akibat perbedaan distribusi benda yang memiliki sifat kemagnetan di bawah permukaan bumi.

Anomali medan magnet yang ada di bumi ialah selisih nilai medan magnet yang diperoleh dari observasi dan medan magnet yang diperkirakan (IGRF). Mengacu pada karakteristik medan magnet bumi serta sifat kemagnetan dari material pembentuk batuan, bentuk anomali medan magnet yang dihasilkan oleh objek penyebabnya tergantung pada.:

1. Sudut medan magnet bumi di sekitar objek penyebab
2. Bentuk objek penyebab
3. Arah kecenderungan dipol – dipol magnet dalam objek penyebab
4. Arah orientasi dipole – dipole magnet objek penyebab terhadap arah medan bumi.

Daya tarik magnet dari sebuah batuan merujuk pada seberapa kuat batuan tersebut dipengaruhi oleh medan magnet. Hal ini biasanya terkait langsung dengan kadar mineral dan oksida besi di dalamnya. Setiap mineral atau logam memiliki karakteristik magnetik yang unik. Harga susceptibilitas batuan akan lebih tinggi jika kandungan magnetit di dalamnya semakin banyak.

Proses survei magnetik terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu persiapan alat dan pengumpulan data, akuisisi data, pengolahan data (koreksi terhadap pembacaan medan magnet bumi/ *processing*), dan interpretasi data.

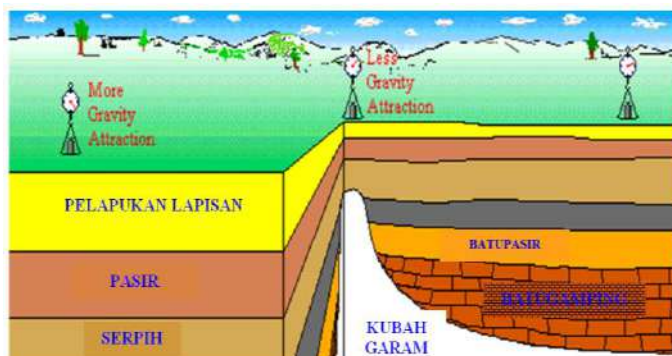
Interpretasi data, Analisis informasi, Data dari medan magnet ini, apabila disajikan dalam domain frekuensi akan terdiri dari beragam jenis frekuensi (*spectrum frekuensi*). Bagian frekuensi rendah adalah hasil sumbangan dari batuan yang terletak dalam, sedangkan bagian frekuensi tinggi berasal dari batuan yang berada di permukaan.

Metode Gravitasi

Metode Gravitasi merupakan salah satu pendekatan dalam survei geofisika yang tergolong sebagai metode pasif. Ini berarti bahwa tidak diperlukan input energi ke dalam tanah untuk mengumpulkan data, berbeda dengan metode pengukuran lainnya. Oleh karena itu, Metode Gravitasi sangat dianjurkan karena tidak menimbulkan polusi dan tidak merusak.

Metode ini bekerja dengan memanfaatkan perbedaan nilai medan gravitasi yang ada di permukaan bumi. Selanjutnya, perbedaan atau variasi nilai medan gravitasi tersebut akan dianalisis distribusinya. Di dunia nyata, medan gravitasi yang ada di permukaan bumi tidak bersifat homogen.

Gravitasi dipengaruhi oleh kepadatan massa dari objek, yang mencakup batuan yang membentuk kerak bumi. Berbagai jenis batuan dengan kepadatan yang berbeda akan berdampak pada medan gravitasi yang ada di permukaan. Selain itu, variasi dalam medan gravitasi pada permukaan juga dapat 受到 pengaruh oleh struktur geologi yang ada di bawah permukaan, termasuk ketidakrataan kondisi topografi atau relief permukaan bumi. Dengan demikian, lokasi pengamatan juga berperan penting dalam hasil pengukuran. Secara keseluruhan, setiap kondisi geologis yang ada di bawah maupun di permukaan dapat memengaruhi medan gravitasi yang terukur.



Gambar 3.16. Gravitasi (Afifah, 2008)

Proses survei gravitasi terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu persiapan alat dan pengumpulan data, pemrosesan dan akuisisi data, pengolahan data, dan interpretasi data.

1. Persiapan alat berupa penentuan jarak, meninjau titik amat dengan menggunakan Gravity meter
2. Pengumpulan data berupa hasil studi pemilihan wilayah dan Peta sebaran batuan, dan topografi
3. Pemrosesan dan Akuisisi data

Koreksi wilayah pengukuran gravitasi untuk menghitung beberapa factor yang mempengaruhi pembacaan data (*Reducing the Data*), koreksi gravitasi dilakukan Ketika nilai masih berbeda setelah koreksi awal. Hal ini yang disebut dengan anomali gravitasi. Hal-hal dalam proses koreksi data berupa, sebagai berikut:

- a) Alat Skala untuk Koreksi Baca adalah tindakan yang dilakukan jika ada kesalahan saat membaca alat gravitasi.
- b) Koreksi Surut ini bertujuan untuk menghapus dampak gaya gravitasi dari objek lain di luar bumi, seperti bulan dan matahari, yang bervariasi tergantung pada lintang dan waktu.
- c) Koreksi Apungan, ini terjadi karena adanya perbedaan dalam pembacaan gravitasi pada stasiun yang sama namun pada waktu yang berbeda.
- d) Koreksi Lintang, penyalaras dilakukan disebabkan oleh bentuk Bumi yang bulat di daerah ekuator dan rotasinya, yang menyebabkan perbedaan nilai gravitasi akibat pengaruh lintang di Bumi.
- e) Koreksi udara bebas, ini bertujuan untuk menyesuaikan ketinggian antara titik pengamatan dan datum yang diukur dari permukaan laut rata-rata.
- f) Koreksi Bouger, proses ini dilakukan untuk menyesuaikan efek dari massa batuan antara stasiun pengukuran dan permukaan laut rata-rata.
- g) Koreksi Medan, koreksi ini memperhitungkan ketidakaturan dalam topografi di sekitar titik pengukuran. Ketika pengukuran dilakukan, elevasi

topografi di sekitar titik tersebut, biasanya dalam radius dekat dan jauh, diukur.

3.5.4 Metode Pemboran Eksplorasi

Pemboran Eksplorasi sebagai kegiatan untuk membuktikan Hidrokarbon. Metode yang digunakan, sebagai berikut:

- 1. Pengeboran Wildcat:**

Pengeboran di daerah yang belum terbukti mengandung minyak dan gas, untuk mengevaluasi potensi hidrokarbon.

- 2. Pengeboran Sumur Eksplorasi**

Pengeboran di daerah yang menjanjikan berdasarkan data geologi dan geofisika, untuk mengkonfirmasi keberadaan dan kuantitas hidrokarbon.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, R. S., 2008. *Pengolahan Data Geolistrik dengan Metode Schlumberger*, Semarang: Tidak dipublikasikan.
- Afifah, R. S. & Jumardi, A., 2019. *Sistem Pemboran dan Kompleksi pada Sumur Coal Bed Methane (CBM)*. Cirebon: Nusa Litera Inspirasi.
- Alkan, E. & Hardage, B., 2007. Randomness in 3D Seismic Survey Design. *Journal for E&P Geoscientists*, 0(0), p. 40265.
- Burhannudinnur, M., S, Y., H, F. & K, W. T., 2023. *Teknik Eksplorasi Migas*. 0 penyunt. Banyumas, Jawa Tengah: CV. ZT Corpora.
- Direktorat Pendidikan, M. K., 2013. *Teknik Dasar Eksplorasi Minyak dan Gas Bumi*. 0 penyunt. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Hartman, H. H. & Mutmansky, J. M., 1980. *Introductory Mining Engineering*. 2 penyunt. Canada: Wiley.
- Ilustrasi Eksplorasi Migas, Dokumen Pribadi* (2024) Rohima Sera Afifah.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, R. I., 2022. *Organisasi dan Tata Kerja Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi*, Jakarta: Berita Negara RI.
- Koesoemadinata, R. P., 1980. *Geologi Minyak dan Gas Bumi*. 0 penyunt. Bandung: ITB.
- Penanaman Modal dan Investasi, P. M. M. d. E., 2021. *Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 25 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Energi dan Sumber Daya Mineral*, Jakarta: Sekretariat Website JDIH BPK.
- Pertambangan Migas, M. d. E., 2001. *Undang-undang (UU) Nomor 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi*, Jakarta: Sekretariat Website JDIH BPK.
- Sukandarrumidi, I. M. P. P., 2013. *Geologi Minyak dan Gas Bumi untuk Geologist Pemula*. 0 penyunt. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Telford, W., Gedart, L. & Sheriff, R., 1990. *Applied Geophysics*. 2 penyunt. New York: Cambridge University, 1990.
- Zakaria, Z., 2007. Aplikasi tektonik lempeng dalam sumber daya mineral, energi dan kewilayahan. *Bulletin of Scientific Contribution*, 5(0), pp. 123-131.

BAB 4

GEOLOGI RESERVOIR DAN KARAKTERISASI BATUAN

4.1 Pendahuluan

Geologi reservoir merupakan cabang ilmu geologi yang berfokus pada karakterisasi dan evaluasi batuan yang berperan sebagai penyimpan fluida hidrokarbon di dalam kerak bumi. Setiap reservoir memiliki karakteristik unik yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti asal-usulnya, lingkungan pengendapan, serta sejarah pasca-pengendapan. Ilmu ini mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu seperti sedimentologi, petrofisika, geokimia, dan geofisika untuk memahami sifat fisik dan kimiawi dari reservoir hidrokarbon.

Setiap reservoir minyak bumi memiliki asal-usul yang khas, sebagaimana ditentukan oleh proses pembentukannya, lingkungan pengendapan, dan sejarah pasca pengendapan. Faktor-faktor geologi seperti porositas, permeabilitas (spesifik, relatif, dan langsung), serta saturasi air yang tidak dapat direduksi mengendalikan sifat-sifat utama reservoir. Oleh karena itu, pemahaman geologi reservoir sangat penting untuk menentukan kapasitas penyimpanan dan kemampuan aliran fluida dalam batuan reservoir.

(Ardika Giri Gahana, Gani, & Firmansyah, 2019) mengkaji karakteristik reservoir di Lapangan Y, Formasi Talang Akar, Cekungan Sumatera Selatan melalui analisis petrofisika. Studi ini menyoroti peran penting analisis petrofisika dalam mengidentifikasi sifat fisik batuan reservoir, seperti porositas dan permeabilitas, yang mempengaruhi kapasitas penyimpanan serta pergerakan fluida di dalamnya. (Gogoi & Chatterjee, 2020) mengembangkan pemodelan multimineral dan estimasi indeks kerapuhan pada batupasir berlempung di wilayah Assam Atas dan Mizoram, India. Studi ini menunjukkan bagaimana karakterisasi mineralogi dan sifat mekanik batuan dapat

mempengaruhi evaluasi reservoir hidrokarbon. (Guo, Li, Liu, Feng, & Shen, 2013) mengusulkan model fisika batuan shale untuk analisis indeks kerapuhan, mineralogi, dan porositas pada Barnett Shale. Penelitian ini menekankan integrasi antara geokimia dan geofisika dalam memahami sifat fisik dan kimiawi dari reservoir hidrokarbon.

4.2 Peran Geologi dalam Eksplorasi dan Produksi Migas

Dalam industri minyak dan gas, geologi reservoir memiliki peran yang sangat vital, mulai dari tahap eksplorasi hingga produksi. Beberapa aspek penting dalam geologi reservoir meliputi:

- 1. Identifikasi dan Karakterisasi Reservoir** – Menentukan tipe batuan penyimpan, kualitas reservoir, dan keberadaan perangkap hidrokarbon (North, 1985).
 - a. Menentukan jenis batuan penyimpan (contoh: batupasir, karbonat) dan mengevaluasi kualitas reservoir berdasarkan parameter seperti porositas dan permeabilitas.
 - b. Menganalisis tipe perangkap hidrokarbon (struktural, stratigrafi, kombinasi) untuk memahami bagaimana minyak dan gas terjebak di dalam reservoir.
- 2. Analisis petrofisik** – Mengevaluasi karakteristik fisik batuan, termasuk porositas, permeabilitas, dan saturasi fluida, guna menilai kapasitas penyimpanan serta pergerakan fluida dalam reservoir (Tiab & Donaldson, 2024).
 - a. Mengukur parameter utama seperti porositas (kemampuan batuan menyimpan fluida), permeabilitas (kemampuan batuan mengalirkan fluida), dan saturasi air untuk menentukan kualitas reservoir.
 - b. Teknik yang digunakan termasuk log sumur, analisis inti (*core analysis*), dan pemodelan petrofisik.
- 3. Evaluasi Potensi Cadangan** – Menggunakan data geologi dan geofisika untuk menghitung volume hidrokarbon yang dapat diproduksi secara ekonomis (Selley, 1998)

- a. Menghitung volume hidrokarbon menggunakan data geologi, petrofisika, dan geofisika.
 - b. Metode seperti Volumetric Analysis dan Material Balance digunakan untuk memperkirakan jumlah hidrokarbon yang dapat diproduksi secara ekonomis.
- 4. Optimasi Produksi** – Mengembangkan strategi pemulihan hidrokarbon dengan memanfaatkan metode *Enhanced Oil Recovery* (EOR) dan teknologi pemodelan reservoir (Amaefule, Altunbay, Tiab, Kersey, & Keelan, 1993; Gunter, Finneran, Hartmann, & Miller, 1997).
- a. Menerapkan strategi pemulihan hidrokarbon, seperti water flooding, gas injection, dan *Enhanced Oil Recovery* (EOR), untuk meningkatkan perolehan minyak.
 - b. Menggunakan teknologi pemodelan reservoir untuk mensimulasikan aliran fluida dan menentukan metode produksi terbaik.
- 5. Hydraulic Flow Unit (HFU) Classification** – Mengelompokkan batuan reservoir berdasarkan kesamaan properti hidrodinamika untuk meningkatkan prediksi permeabilitas dan strategi produksi (Amaefule et al., 1993)
- a. Mengelompokkan zona reservoir berdasarkan kesamaan properti hidrodinamika guna meningkatkan prediksi permeabilitas dan strategi produksi.
 - b. Pendekatan ini membantu dalam pemodelan reservoir dan optimalisasi pengambilan hidrokarbon dari batuan penyimpan.

4.3 Konsep Dasar Geologi Reservoir

Geologi reservoir merupakan disiplin dalam ilmu geologi yang berfokus pada karakteristik batuan yang berfungsi sebagai penyimpan hidrokarbon di bawah permukaan. Pemahaman mengenai jenis reservoir, struktur geologi, serta sistem petroleum memiliki peran krusial dalam proses eksplorasi dan produksi minyak serta gas bumi (Boggs & Boggs Jr, 1995).

A. Reservoir hidrokarbon

Reservoir hidrokarbon diklasifikasikan menjadi dua kategori utama: **konvensional** dan **non-konvensional**,

berdasarkan cara fluida berada dalam pori-pori batuan dan bagaimana hidrokarbon diekstraksi (Ahmed & Meehan, 2016)

1. Reservoir Konvensional

Batuan reservoir memiliki porositas dan permeabilitas tinggi, memungkinkan hidrokarbon mengalir secara alami ke dalam sumur produksi. Contoh: batupasir dengan sementasi yang lemah dan batugamping berpori. Ekstraksi menggunakan metode standar seperti primary recovery dan secondary recovery (Tucker, 2001).

2. Reservoir Non-konvensional

Memiliki porositas rendah dan permeabilitas sangat rendah, sehingga membutuhkan teknologi khusus seperti hydraulic fracture atau stimulasi termal. Contoh: shale gas, tight sand gas, coalbed methane (CBM), dan oil sands. Produksi lebih kompleks karena hidrokarbon terjebak dalam matriks batuan pada mineral lempung (Ahmed & Meehan, 2016).

B. Struktur Geologi

Struktur geologi menentukan bagaimana minyak dan gas dapat terjebak dalam reservoir. Tiga jenis perangkap utama adalah antiklin, sesar, dan perangkap stratigrafi (Boggs & Boggs Jr, 1995).

1. Antiklin (*Anticline Trap*)

Struktur lipatan berbentuk cembung ke atas akibat gaya tektonik. Hidrokarbon bergerak ke atas dalam formasi dan terakumulasi di bagian puncak yang tertutup oleh batuan kedap air (*seal rock*).



Gambar 4.1. Kenampakan antiklin di wilayah Kabun (Adrianda & Sutriyono, 2022)

2. Sesar (*Fault Trap*)

Terbentuk akibat pergeseran kerak bumi yang menciptakan blok patahan. Jika batuan reservoir bertemu dengan seal rock di sepanjang patahan, hidrokarbon dapat terperangkap.

3. Perangkap Stratigrafi (*Stratigraphic Trap*)

Terbentuk akibat variasi litologi dalam satu lapisan batuan. Batuan reservoir dapat tertutup oleh pengendapan lapisan lempung atau evaporit, sehingga membentuk perangkap tanpa bantuan struktur tektonik. Contoh: Lapangan minyak Prudhoe Bay, Alaska (Tucker, 2001).



Gambar 4.2. Singkapan di tepian Sungai Kaligarang memperlihatkan keberadaan bidang sesar yang memotong perlapisan batupasir tufan, ditandai dengan garis kuning (Poedjoprajitno, Wahyudiono, & Cita, 2008)

C. Sistem Petroleum (*Petroleum System*)

Sistem petroleum menjelaskan bagaimana hidrokarbon terbentuk, bermigrasi, dan terakumulasi dalam reservoir yang ekonomis. Komponen utama dalam sistem petroleum adalah batuan sumber, migrasi hidrokarbon, reservoir, seal, dan perangkap (Hunt & Huc, 1997).

1. Batuan Sumber (*Source Rock*)

Mengandung **material organik kaya kerogen** yang mengalami **proses diagenesis, katagenesis, dan metagenesis** hingga menghasilkan minyak dan gas bumi.

2. Migrasi Hidrokarbon

Setelah terbentuk, hidrokarbon berpindah dari batuan sumber ke reservoir melalui **jalur migrasi primer dan sekunder** akibat tekanan dan diferensiasi densitas. Migrasi primer terjadi dari **batuan sumber ke batuan reservoir**, sedangkan migrasi sekunder terjadi dalam reservoir hingga menemukan perangkap (Tissot & Welte, 2013)

3. Reservoir

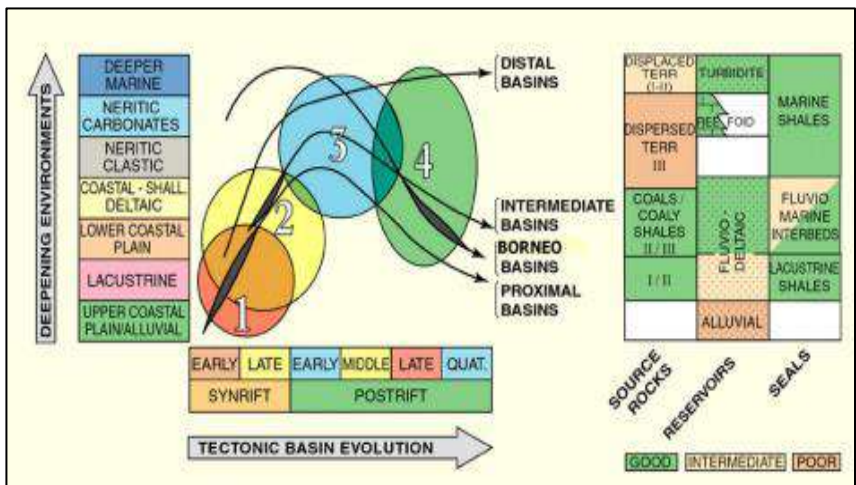
Batuan yang memiliki **porositas** dan **permeabilitas** memadai untuk menampung serta mengalirkan hidrokarbon, seperti batupasir, batugamping berpori, dan dolomit.

4. Seal (Cap Rock)

Lapisan batuan **kedap fluida** yang menutupi reservoir untuk mencegah hidrokarbon keluar ke permukaan. Contoh: **Lempung, serpih (shale), dan garam (evaporit)** (Tissot & Welte, 2013).

5. Perangkap

Struktur atau kondisi geologi yang mencegah hidrokarbon melanjutkan migrasi ke atas dan memungkinkan akumulasi dalam reservoir. Bisa berupa **struktur tektonik (lipatan, sesar) atau stratigrafi**.



Gambar 4.3. Tipe-tipe sistem petroleum di Indonesia (Doust & Noble, 2008)

4.4 Karakteristik Batuan Reservoir

Sifat fisik batuan reservoir berperan krusial dalam menentukan kapasitasnya untuk menampung dan mengalirkan fluida, seperti minyak, gas, dan air. Batuan reservoir adalah formasi bawah permukaan yang memiliki tingkat porositas dan

permeabilitas yang memadai guna menyimpan serta memungkinkan pergerakan hidrokarbon. Menurut (Halliburton, 2001), batuan reservoir adalah batuan dengan ruang pori yang saling terhubung sehingga dapat berfungsi sebagai tempat akumulasi dan jalur aliran fluida. Batuan yang umum berperan sebagai reservoir meliputi batupasir dan batugamping. Batuan reservoir merupakan komponen utama dalam sistem petroleum yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan dan jalur migrasi hidrokarbon. Batuan ini harus memiliki sifat fisik yang mendukung akumulasi fluida, terutama porositas dan permeabilitas yang baik (Gogoi & Chatterjee, 2020)

1. Tipe Batuan Reservoir

Berdasarkan komposisi dan proses pembentukannya, batuan reservoir umumnya diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama, yaitu:

- a. **Batuan klastik** (batupasir dan batulanau) yang terbentuk dari hasil transportasi dan deposisi partikel sedimen. Karakteristik reservoir batupasir sangat bergantung pada ukuran butir, sortasi, dan kandungan mineral lempung yang dapat mempengaruhi porositas dan permeabilitas (Ardika Giri Gahana et al., 2019).



Gambar 4.4. Singkapan Batuan Klastik di Zona Inthanon (Hara et al., 2012)

- b. Batuan karbonat** (batugamping dan dolomit) yang terbentuk dari presipitasi kimia atau akumulasi material organik. Proses diagenesis seperti dolomitisasi dan rekahan sekunder dapat meningkatkan kualitas reservoir karbonat (Ridho, Sendjaja, & Gani, 2018)



Gambar 4.5. Batuan Karbonat (Praptisih, Siregar, Kamtono, & Putra, 2012)

- c. Batuan vulkanik rekah alami**, yang berfungsi sebagai reservoir karena adanya rekahan sekunder yang meningkatkan kapasitas penyimpanan dan aliran fluida (Prayoga & Hartono, 2016)



Gambar 4.6. Batuan beku vulkanik ekstrusif (Hutabarat, 2016)

Dalam karakterisasi batuan reservoir, analisis petrofisika sangat penting untuk menentukan kualitas reservoir. Porositas dan permeabilitas merupakan parameter utama yang digunakan dalam evaluasi, yang dapat diukur menggunakan metode log sumur dan analisis laboratorium (Sari, Lepong, & Natalisanto, 2019).

2. Sifat Petrofisik

a. Porositas

Porositas merupakan rasio antara volume ruang pori dengan volume keseluruhan batuan, yang umumnya dinyatakan dalam satuan persen.

Jenis Porositas:

- 1) **Porositas Efektif:** Rasio antara volume pori-pori yang terhubung satu sama lain dengan volume keseluruhan batuan, yang memungkinkan pergerakan fluida.
- 2) **Porositas Absolut:** Perbandingan antara total volume pori-pori, termasuk yang terhubung maupun tidak, dengan volume total batuan.

b. Permeabilitas

Permeabilitas merujuk pada kapasitas batuan dalam menghantarkan fluida melalui pori-porinya, yang diukur dalam satuan darcy atau millidarcy. Permeabilitas tinggi menunjukkan kemampuan aliran fluida yang baik. Reservoir dengan permeabilitas tinggi memungkinkan laju produksi yang lebih tinggi dan efisien.

c. Saturasi Fluida

Saturasi fluida merupakan rasio antara volume pori yang terisi oleh suatu jenis fluida dengan total volume pori dalam batuan.

Jenis Saturasi:

- 1) Saturasi Air (S_w): Proporsi pori yang diisi oleh air.
- 2) Saturasi Minyak (S_o): Proporsi pori yang diisi oleh minyak.
- 3) Saturasi Gas (S_g): Proporsi pori yang diisi oleh gas.

4.5 Klasifikasi Batuan Reservoir

Klasifikasi batuan reservoir sangat penting dalam geologi perminyakan karena mempengaruhi kemampuan batuan untuk menyimpan dan mengalirkan fluida seperti minyak dan gas.

Klasifikasi Berdasarkan Komposisi Mineral

1. Klasifikasi Folk

Robert L. Folk mengembangkan sistem klasifikasi batuan sedimen yang menekankan pada komposisi butiran dan matriks. Dalam klasifikasi ini, batupasir dikategorikan berdasarkan dominasi komponen seperti kuarsa, feldspar, dan fragmen litik (Folk, 1980). Misalnya, batupasir dengan dominasi kuarsa disebut sebagai "**Quartzarenite**", sedangkan yang mengandung banyak feldspar disebut "**Arkose**".

2. Klasifikasi Pettijohn

F. J. Pettijohn mengusulkan klasifikasi batupasir berdasarkan kandungan mineralnya menjadi tiga kelompok utama (Pettijohn, 1975):

a. Orthoquartzites

Batupasir yang hampir seluruhnya terdiri dari butiran kuarsa.

b. Arkose

Batupasir yang mengandung feldspar dalam jumlah signifikan.

c. Greywacke

Batupasir yang mengandung matriks lempung dan fragmen batuan lainnya.

Klasifikasi Berdasarkan Lingkungan Pengendapan

1. Fluvial

Batuan yang diendapkan oleh aliran sungai, biasanya menunjukkan struktur silang-siur dan pemilahan yang baik.

2. Delta

Batuan yang terbentuk di daerah pertemuan sungai dengan laut atau danau, seringkali menunjukkan lapisan yang miring dan variasi fasies.

3. Laut Dalam

Batuan yang diendapkan di lingkungan laut dalam, biasanya berbutir halus seperti serpih dan menunjukkan laminasi halus.

4. Karbonat

Batuan yang terbentuk di lingkungan laut dangkal tropis, terdiri dari endapan kalsium karbonat seperti batugamping.

Lingkungan pengendapan ini mempengaruhi tekstur dan struktur batuan, yang pada gilirannya mempengaruhi kualitas reservoir (Abdillah, Nugroho, Fahrudin, & Priyantoro, 2014).

Diagenesis dan Pengaruhnya terhadap Kualitas Reservoir

Diagenesis adalah proses fisika-kimia yang terjadi setelah pengendapan sedimen, termasuk kompaksi, sementasi, rekristalisasi, dan pelarutan. Proses-proses ini dapat meningkatkan atau menurunkan kualitas reservoir:

1. Peningkatan Kualitas

Pelarutan mineral dapat menciptakan porositas sekunder, meningkatkan kapasitas penyimpanan fluida.

2. Penurunan Kualitas

Kompaksi dan sementasi dapat mengurangi porositas dan permeabilitas, sehingga menurunkan kemampuan batuan untuk menyimpan dan mengalirkan fluida.

4.6 Metode Analisis Karakteristik Batuan

Analisis karakteristik batuan reservoir merupakan langkah penting dalam eksplorasi dan produksi hidrokarbon. Berbagai metode analisis, baik di laboratorium maupun melalui data lapangan, digunakan untuk memahami sifat fisik dan kimia batuan. Berikut adalah beberapa metode utama yang sering digunakan:

Analisis Laboratorium

1. Petrografi (Mikroskopi Sayatan Tipis)

Metode ini melibatkan pengamatan mikroskopis terhadap sayatan tipis batuan untuk mengidentifikasi mineralogi, tekstur, dan struktur internalnya. Analisis petrografi memberikan penjelasan rinci mengenai sifat tekstur batuan dan sementasi yang tidak dapat diamati dengan mata telanjang atau mikroskop binokuler.

2. Difraksi Sinar-X (XRD) dan Mikroskop Elektron Pindai (SEM)

a. XRD

Digunakan untuk mengidentifikasi fase mineral dalam batuan dengan menganalisis pola difraksi sinar-X yang dipancarkan oleh kristal mineral. Metode ini membantu dalam menentukan komposisi mineralogi batuan secara kuantitatif.

b. SEM

Menyediakan citra resolusi tinggi dari permukaan batuan, memungkinkan pengamatan morfologi butiran, tekstur pori, dan hubungan antar mineral. SEM juga dapat dilengkapi dengan analisis komposisi kimia lokal melalui detektor EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

Analisis Log Sumur

Data log sumur digunakan untuk menentukan atau mengidentifikasi litologi batuan, kontinuitas lapisan, dan lingkungan pengendapan.

Beberapa jenis log yang umum digunakan meliputi:

1. Log Gamma Ray

Mengukur radiasi sinar gamma alami yang dipancarkan oleh batuan, terutama digunakan untuk mengidentifikasi kandungan lempung atau serpih dalam formasi. Lapisan dengan kandungan lempung tinggi akan menunjukkan nilai gamma ray yang tinggi.

2. Log Neutron

Mengukur respons formasi batuan terhadap paparan neutron berkecepatan tinggi, yang berkaitan dengan kandungan hidrogen dalam batuan. Porositas yang diperoleh dari log ini memiliki hubungan dengan indeks hidrogen batuan.

3. Log Densitas

Menentukan densitas total (bulk density) batuan, yang mencakup densitas matriks serta fluida yang dikandungnya. Log densitas bekerja dengan memancarkan sinar gamma dari sumber radioaktif pada alat pengukur, yang kemudian menembus formasi atau batuan dengan intensitas energi tertentu.

4. Log Resistivitas

Menentukan nilai resistivitas batuan serta fluida dalam pori-porinya, seperti minyak, air, dan gas, di sepanjang lubang bor. Nilai resistivitas batuan dinyatakan dalam satuan Ohm Meter.

Analisis Inti Batuan (*Core Analysis*)

Analisis ini melibatkan pengukuran langsung terhadap sampel inti batuan yang diambil dari sumur untuk menentukan parameter petrofisika seperti porositas dan permeabilitas. Porositas mengindikasikan kapasitas batuan untuk menyimpan fluida, sedangkan permeabilitas menunjukkan kemampuan batuan untuk mengalirkan fluida. Analisis ini memberikan data

yang akurat mengenai sifat fisik batuan reservoir, yang esensial untuk evaluasi potensi hidrokarbon.

4.7 Aplikasi Dalam Eksplorasi dan Produksi

Karakteristik batuan reservoir sangat mempengaruhi teknik eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi. Pemahaman yang baik terhadap sifat fisik dan petrofisik batuan memungkinkan optimasi perolehan hidrokarbon, mengurangi ketidakpastian dalam eksplorasi, serta meningkatkan efisiensi produksi.

Pengaruh Karakteristik Batuan terhadap Teknik Produksi

1. Porositas dan Permeabilitas

- a. **Porositas** menentukan jumlah hidrokarbon yang dapat disimpan dalam batuan reservoir, sedangkan **permeabilitas** mempengaruhi kemampuan fluida untuk mengalir di dalam batuan.
- b. Reservoir dengan porositas tinggi ($>15\%$) dan permeabilitas tinggi (>100 mD) biasanya lebih mudah diproduksi dibandingkan dengan reservoir dengan nilai yang lebih rendah (Tiab & Donaldson, 2024)
- c. **Reservoir ketat (tight reservoirs)**, seperti shale dan tight sandstone, memiliki permeabilitas sangat rendah (<0.1 mD), sehingga membutuhkan teknik produksi khusus seperti **fracturing** untuk meningkatkan aliran fluida (Jarvie, Hill, Ruble, & Pollastro, 2007)

2. Jenis Batuan Reservoir

- a. **Reservoir pasir** cenderung memiliki permeabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan **reservoir karbonat**, tetapi karbonat sering mengalami rekahan alami yang dapat meningkatkan aliran fluida (Lucia, 2014)
- b. **Reservoir serpih (shale)** umumnya memiliki permeabilitas yang sangat rendah sehingga memerlukan teknik rekahan hidraulik untuk meningkatkan produksi (Montgomery & Smith, 2010)

3. Saturasi Fluida

Keberadaan minyak, gas, dan air dalam pori-pori batuan mempengaruhi strategi produksi. Reservoir dengan saturasi

air tinggi (water-wet reservoirs) dapat menyebabkan **produksi awal air yang tinggi**, mengurangi efisiensi perolehan minyak.

4. Diagenesis dan Semen Batuan

Proses diagenesis seperti sementasi kuarsa atau kalsit dapat mengurangi porositas dan menghambat aliran fluida. **Dissolution porosity** akibat pelarutan mineral karbonat dapat meningkatkan kapasitas penyimpanan minyak (Choquette & Pray, 1970)

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, F., Nugroho, H., Fahrudin, F., & Priyantoro, A. (2014). Analisis Provenance, Diagenesis dan Lingkungan Pengendapan Serta Pengaruh terhadap Kualitas Reservoir Batupasir Formasi Talang Akar, Sumur Fa-21, Cekungan Jawa Barat Utara. *Geological Engineering E-Journal*, 6(2), 516-530.
- Adrianda, R. S., & Sutriyono, E. (2022). Kajian Struktur Geologi Daerah Muaro, Kabupaten Sijunjung, Sumatera Barat. *Jurnal Geomine*, 10(3), 209-219.
- Ahmed, U., & Meehan, D. N. (2016). *Unconventional oil and gas resources: exploitation and development*: CRC Press.
- Amaefule, J. O., Altunbay, M., Tiab, D., Kersey, D. G., & Keelan, D. K. (1993). *Enhanced reservoir description: using core and log data to identify hydraulic (flow) units and predict permeability in uncored intervals/wells*. Paper presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition?
- Ardika Giri Gahana, I. S., Gani, R. M. G., & Firmansyah, Y. (2019). Karakterisasi Reservoir Menggunakan Analisis Petrofisika Pada Lapangan Y Formasi Talang Akar Cekungan Sumatera Selatan. *Geoscience Journal*, 3(1), 29-37.
- Boggs, S., & Boggs Jr, S. (1995). *Principles of sedimentology and stratigraphy* (Vol. 774): Prentice Hall New Jersey.
- Choquette, P. W., & Pray, L. C. (1970). Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. *AAPG Bulletin*, 54(2), 207-250.
- Doust, H., & Noble, R. A. (2008). Petroleum systems of Indonesia. *Marine and Petroleum Geology*, 25(2), 103-129.
- Folk, R. L. (1980). *Petrology of sedimentary rocks*: Hemphill publishing company.
- Gogoi, T., & Chatterjee, R. (2020). Multimineral modeling and estimation of brittleness index of Shaly sandstone in Upper Assam and Mizoram areas, India. *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*, 23(02), 708-721.
- Gunter, G., Finneran, J., Hartmann, D., & Miller, J. (1997). *Early determination of reservoir flow units using an integrated*

- petrophysical method*. Paper presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition?
- Guo, Z., Li, X.-Y., Liu, C., Feng, X., & Shen, Y. (2013). A shale rock physics model for analysis of brittleness index, mineralogy and porosity in the Barnett Shale. *Journal of Geophysics and Engineering*, 10(2), 025006.
- Halliburton, A. (2001). Basic petroleum geology and log analysis. *Halliburton Company*, 80.
- Hara, H., Kunii, M., Hisada, K.-i., Ueno, K., Kamata, Y., Srichan, W., . . . Adachi, Y. (2012). Petrography and geochemistry of clastic rocks within the Inthanon zone, northern Thailand: implications for Paleo-Tethys subduction and convergence. *Journal of Asian Earth Sciences*, 61, 2-15.
- Hunt, J., & Huc, A. (1997). Petroleum geochemistry and geology. *Chemical Geology*, 137(3), 313-314.
- Hutabarat, J. (2016). Geokimia Batuan Vulkanik Formasi Cikotok di Segmen Utara Kubah Bayah, Banten. *Bulletin of Scientific Contribution*, 14(02), 195-204.
- Jarvie, D. M., Hill, R. J., Ruble, T. E., & Pollastro, R. M. (2007). Unconventional shale-gas systems: The Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment. *AAPG Bulletin*, 91(4), 475-499.
- Lucia, F. J. (2014). *Carbonate reservoir characterization: an integrated approach*: Springer Berlin.
- Montgomery, C. T., & Smith, M. B. (2010). Hydraulic fracturing: History of an enduring technology. *Journal of Petroleum Technology*, 62(12), 26-40.
- North, F. K. (1985). *Petroleum Geology*. Boston: Allen & Unwin.
- Pettijohn, F. J. (1975). *Sedimentary rocks* (Vol. 3): Harper & Row New York.
- Poedjoprajitno, S., Wahyudiono, J., & Cita, A. (2008). Reaktivitas Sesar Kaligarang, Semarang. *Indonesian Journal on Geoscience*, 3(3), 129-138.
- Praptisih, M., Siregar, S., Kamtono, H. M., & Putra, P. (2012). Fasies dan lingkungan pengendapan batuan karbonat formasi

- Parigi di daerah Palimanan, Cirebon. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 22(1), 33-43.
- Prayoga, O. A., & Hartono, H. G. (2016). Karakterisasi Reservoir Batuan Vulkanik Rekah Alami Berdasarkan Integrasi Data Sumur dan Atribut Seismik Pada Lapangan Java, Cekungan Jawa Barat Utara, Indonesia. *ReTII*.
- Ridho, M., Sendjaja, Y. A., & Gani, R. M. G. (2018). MIKROFASIES DAN DIAGENESIS BATUAN KARBONAT FORMASI BATURAJA, LAPANGAN MERAH, CEKUNGAN SUMATERA SELATAN. *Geoscience Journal*, 2(6), 480-486.
- Sari, C. D. P., Lepong, P., & Natalisanto, A. I. (2019). Analisis Penyebaran Sifat Fisis Batuan Reservoir Dengan Metode Geostatistik (Studi Kasus: Lapangan Boonsville, Texas, Amerika Serikat). *Geosains Kutai Basin*, 2(1).
- Selley, R. C. (1998). *Elements of petroleum geology*: Gulf Professional Publishing.
- Tiab, D., & Donaldson, E. C. (2024). *Petrophysics: theory and practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties*: Elsevier.
- Tissot, B. P., & Welte, D. H. (2013). *Petroleum formation and occurrence*: Springer Science & Business Media.
- Tucker, M. (2001). *Sedimentary Petrology—An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*.— Blackwell. *Scientific publication, London*.

BAB 5

TEKNIK PENGEBORAN DAN PRODUKSI MINYAK BUMI

5.1 Pendahuluan

Operasi pengeboran adalah kegiatan yang memerlukan biaya investasi tinggi, menggunakan teknologi canggih, dan mempunyai tingkat risiko yang tinggi. Pekerja yang terlibat dalam operasi ini perlu memiliki pemahaman yang cukup tentang keselamatan kerja, agar proses pengeboran dapat berlangsung dengan lancar dan kecelakaan kerja dapat dicegah dan dihindari. (Rubiandini R, 2018).

Pengeboran sumur minyak dan gas adalah pembuktian dari pemodelan geologi dan *reservoir* yang cukup panjang, menggabungkan interpretasi, analisis, dan pengalaman dari *geoscience* dengan mempertimbangkan aspek keteknikan secara teliti dan mendetail. (Ariadji T, 2023).

Kegiatan pengeboran adalah kegiatan membuat lubang sumur dengan menembus lapisan formasi yang diperkirakan mengandung hidrokarbon. Tujuan dari pengeboran adalah menghubungkan lapisan formasi atau bawah permukaan dengan permukaan, membuktikan adanya hidrokarbon pada lapisan yang ditembus, dan media alir untuk hidrokarbon dari *reservoir* ke permukaan.

Setelah proses pengeboran selesai, pipa selubung akan dipasang dan direkatkan untuk mencegah dinding lubang bor agar tidak runtuh. Langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah minyak yang ada di *reservoir* minyak. Terdapat dua kemungkinan yang dapat terjadi, yaitu: (1) proses produksi akan dilanjutkan jika *reservoir* mengandung jumlah minyak yang dianggap menguntungkan, atau (2) sumur akan ditutup dengan aman jika tidak terdapat prospek.

5.2 Jenis- Jenis Pengeboran

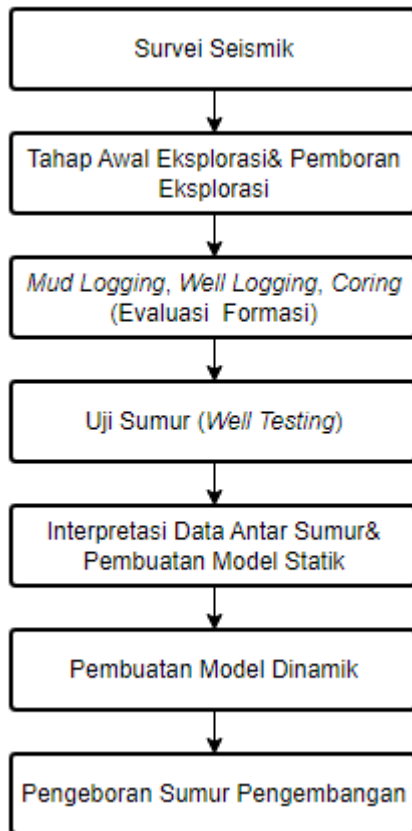
Berdasarkan data bawah permukaan, lokasi pengeboran dapat dipilih untuk mengonfirmasi adanya hidrokarbon dalam suatu lapisan. Setelah lokasi dan titik pengeboran dipetakan, langkah selanjutnya adalah melakukan pengeboran. Pengeboran minyak dan gas bumi dibedakan berdasarkan:

1. Tujuan pengeboran
2. Bentuk Lubang Sumur
3. Lokasi Pengeboran

5.2.1 Berdasarkan Tujuan

Berikut beberapa jenis pengeboran berdasarkan tujuannya, yaitu:

1. Pengeboran eksplorasi, merupakan pengeboran sumur dengan tujuan mencari atau menemukan hidrokarbon. Pada pengeboran ini, data bawah permukaan digunakan sebagai validasi hipotesis geofisika dan geologi.
2. Pengeboran deliniasi, merupakan pengeboran sumur dengan tujuan menentukan bentuk struktur, batas-batas *reservoir*, dan batas kontak fluida (*Water Oil Contact* atau *Gas Oil Contact*).
3. Pengeboran pengembangan, merupakan pengeboran yang dilakukan pada lapangan yang sudah terbukti dan berproduksi. Tujuan pengeboran pengembangan adalah untuk mengoptimalkan produksi minyak dan gas pada lapangan tersebut.



Gambar 5.1. Alur Pengeboran dalam Pengembangan Lapangan
(Sumber: Ariadji T, 2023)

5.2.2 Berdasarkan Lokasi

Jenis pengeboran ini tergantung pada lokasi tempat pengeboran dilakukan. Berdasarkan posisi titik lokasi, pengeboran dibedakan menjadi:

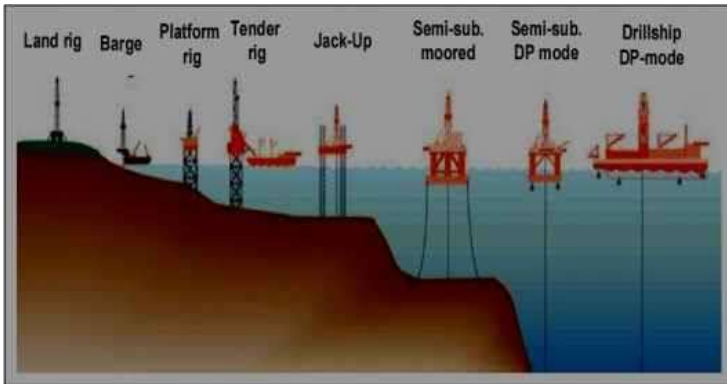
1. Pengeboran Darat (*Onshore*)

Pengeboran darat merujuk pada segala aktivitas pengeboran yang dilakukan di area daratan. Sebutan lain untuk ini adalah *Onshore Drilling*.

2. Pengeboran Lepas Pantai (*Offshore*)

Pengeboran lepas pantai merupakan kegiatan pengeboran yang dilakukan di laut, mulai dari area pantai hingga perairan yang lebih dalam. Namun, pengeboran di

lingkungan berair seperti sungai, rawa, danau, dengan kedalaman tertentu, juga dapat dianggap sebagai pengeboran lepas pantai. Sebutan lain untuk pengeboran lepas pantai adalah *Offshore Drilling*.

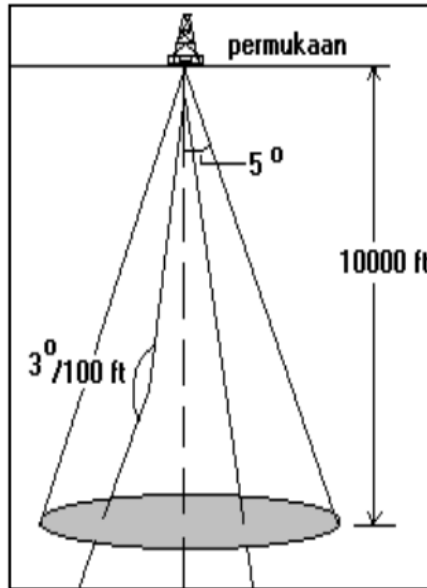


Gambar 5.2. Jenis- Jenis *Rig* Berdasarkan Lokasi Pengeboran
(Sumber: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013)

5.2.3 Bentuk Lubang Sumur

Pengeboran ini dikategorikan berdasarkan bentuk lubang yang terbentuk selama proses pengeboran. Pengeboran dibedakan berdasarkan bentuk lubangnya menjadi:

1. Pengeboran tegak (*straight hole drilling/vertical drilling*)
Pengeboran ini dimulai dari titik di permukaan, dengan lubang yang dijaga tetap vertikal hingga mencapai target. Pengeboran yang tergolong dalam kategori pengeboran lurus adalah yang memenuhi kriteria, yaitu berada dalam kerucut dengan sudut 5° dan kedalaman mencapai 10.000 kaki. Lubang dapat mengalami pembelokan dengan dogleg maksimal 3° per 100 kaki. Gambaran terkait syarat dari pengeboran vertikal ditunjukkan pada gambar 5.3.



Gambar 5.3. Pengeboran Vertikal (*straight hole drilling*)
(Sumber: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013)

2. Pengeboran berarah (*directional dan horizontal drilling*)
Pemboran berarah (*directional drilling*) adalah teknik pengeboran yang mengubah arah lintasan lubang bor pada koordinat tertentu untuk mencapai target koordinat di bawah permukaan yang tidak terletak langsung secara vertikal di bawah titik pengeboran. Pengeboran berarah umumnya dilakukan karena alasan lokasi yang sulit dijangkau.

5.3 Persiapan Pengeboran

Dalam operasi pengeboran, langkah awal yang dilakukan mencakup proses perencanaan dan persiapan pengeboran. Perencanaan dimulai dengan penentuan lokasi pengeboran, identifikasi potensi hambatan lingkungan yang mungkin terjadi, serta memastikan keabsahan kontrak, status, dan hak terkait pengelolaan lahan. Setelah perencanaan yang matang, tahap selanjutnya adalah persiapan pengeboran. Persiapan ini meliputi persiapan tempat, pengiriman peralatan ke lokasi,

penunjukan personel, persiapan *rig* dan pendiriannya, pemasangan peralatan pendukung, serta persiapan akhir. (Rubiandini R, 2018).

5.3.1 Persiapan Tempat

Untuk melaksanakan operasi pengeboran di darat, hal yang paling penting adalah mempersiapkan lokasi operasi dengan baik. Sementara itu, di laut, perlu mempertimbangkan luas anjungan yang digunakan dan memaksimalkan penggunaan ruang seefisien mungkin karena keterbatasan luasnya. Berikut beberapa tahapan persiapan tempat pada pengeboran darat.

1. Pembuatan Sarana Transportasi

Pada tahap ini, persiapan tempat/ jalan menuju lokasi pengeboran perlu diperhatikan. Dalam tahap ini, pertimbangan utama adalah kondisi geografis lokasi untuk memastikan kelancaran logistik selama proses pengeboran.

2. Pembuatan Kolam Cadangan

Kolam cadangan ini dikenal dengan istilah *mud pit* atau *reserve pit*. *Mud pit* adalah kolam persegi yang tidak jauh dari lokasi pengeboran. *Mud pit* berfungsi sebagai tempat penampungan kelebihan lumpur pengeboran yang mengalir keluar dari lubang sumur selama proses pengeboran.

3. Persiapan Lubang Sumur (*Cellar*)

Tahap selanjutnya adalah membuat kolam persegi yang disebut *cellar*, ukurannya lebih kecil dari *mud pit*. Diameter *cellar* disebut "conductor hole" dan akan berada tepat di bawah lantai *rig* setelah substruktur dipasang di atasnya.

4. Pemasangan *Conductor Pipe*

Setelah pembuatan kolam selesai, langkah selanjutnya adalah membuat lubang utama sumur di tengah kolam, yang disebut *conductor hole*. Setelah *conductor hole* mencapai kedalaman sekitar 20 hingga 100 ft, lubang tersebut kemudian dipasang dengan "*conductor pipe*". Pemasangan ini bertujuan untuk mencegah kerusakan, seperti gerowong atau kerusakan lainnya, pada lubang sumur selama proses pengeboran berlangsung.

5. Persediaan Sumber Air

Air digunakan untuk membuat lumpur pengeboran, campuran semen, serta keperluan sehari-hari. Oleh karena itu, penting untuk melakukan survei terlebih dahulu terhadap sumber air yang ada di lokasi atau sekitarnya. Sumber air bisa berasal dari danau, rawa atau Sungai. Jika pasokan air permukaan tidak mencukupi, maka dilakukan pengeboran air tanah. Apabila tidak ditemukan sumber air di lokasi, air akan diangkut menggunakan mobil tangki. Setelah sumber air tersedia, langkah berikutnya adalah memasang saluran air dan pompa, dengan air biasanya disimpan dalam tangki besar di sekitar area pengeboran.

5.3.2 Pengiriman Peralatan ke Lokasi

Setelah lokasi pengeboran siap, langkah selanjutnya adalah mengirimkan peralatan, yaitu komponen *rig*, ke lokasi pengeboran. Pengiriman ini bisa dilakukan melalui air, darat, atau udara, tergantung pada lokasi pengeboran. Setelah komponen *rig* sampai di lokasi, pemasangan *rig* dapat segera dimulai. Proses pemasangan *rig* sangat dipengaruhi oleh ukuran dan tipe *rig* serta kondisi cuaca di lokasi pengeboran.

5.3.3 Penunjukan Personnel

Dalam pelaksanaan operasi pengeboran, keberadaan personel berpengalaman adalah suatu kebutuhan yang tidak dapat ditawar. Personel-personel ini terdiri dari tim kontraktor pengeboran dan tim perusahaan jasa (*service company*). Orang-orang yang terlibat dalam operasi pengeboran antara lain *company man*, *tool pusher*, *driller*, *rotary helper*, *derrickman*, *motor man*, *rig electrician*, *rig mechanic*, *mud logger*, *mud engineer*, serta *casing & cementing crew*.

5.3.4 Persiapan *Rig* Dan Pendiannya

Pengiriman unit *rig* ke lokasi pengeboran umumnya dilakukan dalam bentuk bagian-bagian (modul-modul). Kontraktor pengeboran beserta timnya, dengan bantuan mesin derek, proses

pemasangan dan pendirian menara bor atau rig (rigging up) segera dimulai.

5.3.5 Pemasangan Peralatan Pendukung

Setelah *rig* didirikan, langkah selanjutnya adalah mulai memasang berbagai peralatan pendukung. Peralatan pendukung ini umumnya dikirim menggunakan truk, namun untuk komponen besar seperti pompa lumpur (mud pump) umumnya diangkut menggunakan truk yang dilengkapi dengan mesin katrol atau truk flatbed.

Setelah peralatan pendukung siap, tim pengeboran dengan tugas masing-masing mulai menghubungkan bagian-bagian dari peralatan yang ada untuk membentuk sistem pengeboran rotari yang siap digunakan. Material pengeboran, seperti lumpur dan peralatan lainnya seperti drill collar, drill pipe, dan tool joint, juga ditempatkan di lokasi yang telah disediakan.

Secara umum, tahap "*rigging up*" ini dapat dianggap sebagai tahap kesiapan untuk melaksanakan operasi pengeboran, sehingga lokasi pengeboran telah menjadi suatu kompleks rotary drilling yang terdiri dari komponen peralatan pengangkat (hoisting), seperti *rig*, drilling line, drawworks, dan lainnya; komponen peralatan sirkulasi pengeboran (seperti shale shaker); serta komponen peralatan pengeboran (seperti drill pipe, bit, rotary table, dan lain-lain).

5.3.6 Persiapan Akhir

Persiapan terakhir ini mencakup dua hal utama, yaitu:

1. Persiapan Lumpur Pengeboran

Tim pengeboran mulai menyiapkan lumpur pengeboran untuk sistem sirkulasi. Umumnya, pada awal proses pengeboran, tekanan formasi relatif rendah, sehingga air tawar sudah cukup untuk digunakan.

2. Pengecekan Komponen-Komponen Sistem Pengeboran

Persiapan terakhir sebelum memulai pengeboran termasuk pengecekan ulang terhadap setiap bagian dalam sistem pengeboran yang digunakan pada sistem putar.

5.4 Sistem dalam Operasi Pengeboran

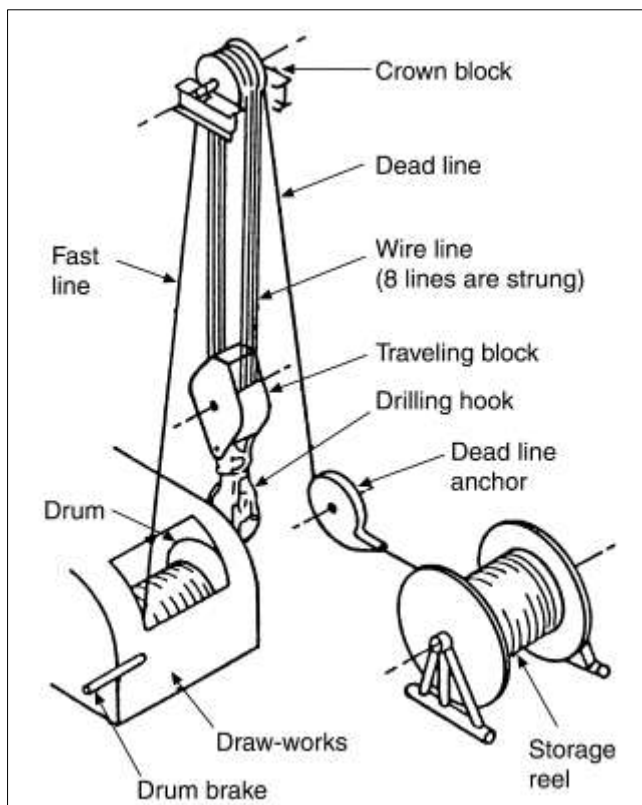
Sistem operasi pengeboran pada dasarnya adalah kegiatan yang melibatkan sistem sirkulasi lumpur pengeboran sebagai media utama untuk mengangkat cutting (serpih bor) yang dihasilkan dari penetrasi pahat pengeboran (*drilling bit*). Operasi pengeboran dapat dilakukan baik di darat ataupun di lepas pantai. Peralatan yang digunakan pada dasarnya sama, dengan perbedaan terletak pada tempat penempatan menara (*rig*) dan perlengkapannya.

Dalam operasi pengeboran, peralatan yang digunakan dapat dibagi menjadi lima sistem, yaitu sistem pengangkatan (*hoisting system*), sistem sirkulasi (*circulating system*), sistem tenaga (*power system*), sistem putar (*rotating system*), dan sistem pencegah semburan liar (BOP system). Kelima sistem ini saling terkait erat dan bekerja bersamaan.

5.4.1 Sistem Angkat (*Hoisting system*)

Fungsi dari sistem pengangkatan (*hoisting system*) adalah untuk menyediakan fasilitas yang dapat menurunkan dan menahan casing string, drillstring, serta peralatan bawah permukaan lainnya ke dalam atau keluar sumur. Komponen utama dari *hoisting system* (lihat Gambar 5.4) meliputi:

1. *Block dan tackle*
2. *Drawwork*
3. *Derrick dan substructure*



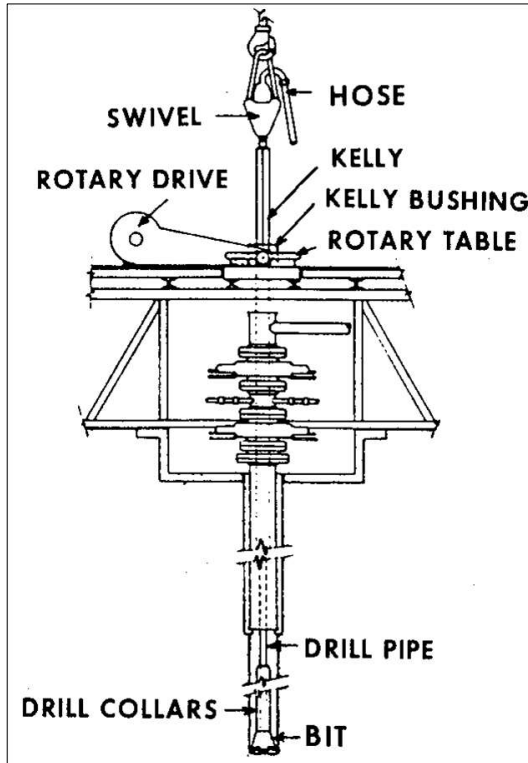
Gambar 5.4. Komponen *Hoisting Sysytem*
(Sumber: Rubiandini, R, 2018)

Kegiatan rutin yang memanfaatkan peralatan hoisting system selama operasi pengeboran adalah:

1. Menyambung rangkaian string: Proses ini menambahkan sambungan pada drillpipe untuk memperdalam pengeboran.
2. Menurunkan dan mencabut rangkaian (*tripping in dan tripping out*): Kegiatan ini mencakup pencabutan drillstring dari lubang bor untuk mengganti peralatan bawah permukaan (*Bottom Hole Assembly*), lalu menurunkannya kembali ke dalam sumur. Kegiatan ini umumnya dilakukan untuk mengganti bit.

5.4.2 Sistem Putar (*rotating system*)

Sistem penggerak putar ini mentransmisikan gaya putar dari permukaan ke dalam lubang bor menggunakan peralatan utama seperti *kelly bushing* dan *rotary table*. *Kelly bushing* berfungsi sebagaiudukan pipa berbentuk persegi, yang digunakan untuk memutar *rotary table*.

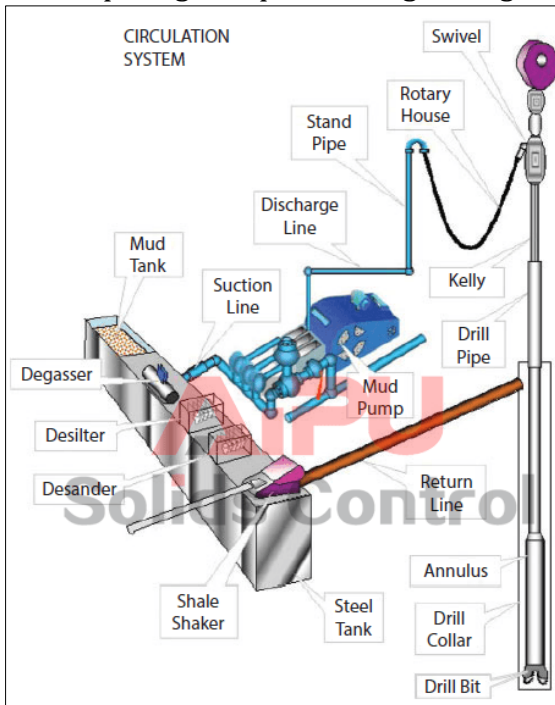


Gambar 5.5. Komponen *Rotating System*
(Sumber: Rubiandini, R, 2018)

5.4.3 Sistem Sirkulasi (*circulating system*)

Sistem ini berfungsi untuk menyirkulasikan fluida pengeboran (lumpur bor) ke seluruh sistem pengeboran, sehingga lumpur bor dapat berfungsi secara optimal melalui sirkulasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.6. Sistem peralatan ini mengalirkan lumpur pengeboran dari pit ke stand pit, Kelly nose, swivel, Kelly pipe, drill pipe, drill collar, bit, kemudian naik melalui annulus casing-tubing, mud line return,

shale shaker (termasuk desander, de-silter, dan de-gasser jika ada), dan kembali lagi ke pit. Selain itu, terdapat juga chemical tank untuk mencampurkan bahan kimia tambahan guna mengatur sifat lumpur agar dapat berfungsi dengan baik.



Gambar 5.6. *Komponen Circulating System*
(Sumber: Rubiandini, R, 2018)

5.4.4 Sistem Tenaga (*power system*)

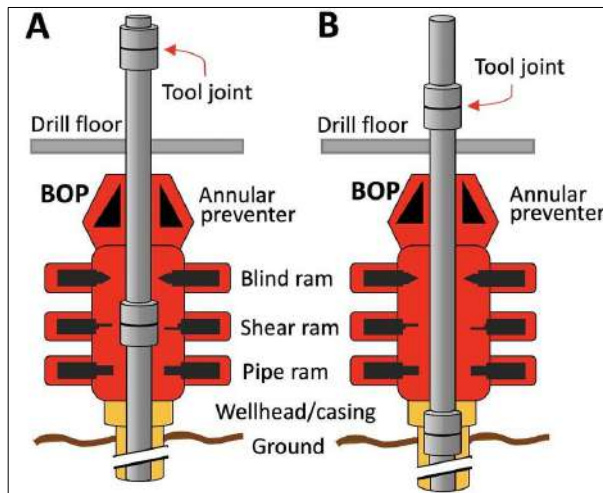
Sistem ini adalah peralatan yang menyediakan daya untuk mendukung sistem-sistem lain dalam melaksanakan operasi pengeboran, seperti generator-generator yang menghasilkan listrik untuk pompa dan peralatan lainnya.

5.4.5 Sistem Pencegah Semburan Liar (*BOP system*)

BOP atau Blowout preventer adalah perangkat yang dipasang di atas permukaan sumur untuk memberikan daya dalam menutup sumur jika terjadi lonjakan tekanan yang mendadak dan berbahaya selama pengeboran. Ukuran, jumlah, dan kekuatan BOP yang digunakan disesuaikan dengan

kedalaman sumur yang akan dibor dan perkiraan tekanan reservoir yang mungkin terjadi.

Sistem BOP berfungsi untuk mencegah aliran fluida formasi yang tidak terkendali keluar dari lubang sumur. Ketika bit menembus zona permeabel dan porous dengan tekanan fluida lebih tinggi dari tekanan hidrostatik, fluida formasi akan menggantikan fluida pengeboran. Masuknya fluida formasi ke dalam lubang bor ini sering disebut sebagai kick.



Gambar 5.7. Komponen BOP System
(Sumber: Rubiandini, R, 2018)

5.5 Perencanaan *Well Completion* (Tahap Penyelesaian Sumur)

Well completion adalah proses transisi dari tahap pengeboran menuju tahap produksi minyak atau gas. Penting untuk diketahui bahwa suatu sumur minyak dan gas bisa memiliki satu atau lebih lapisan produktif. Setiap lapisan produktif ini mungkin memiliki tekanan, sifat fisik fluida, dan batuan yang berbeda-beda. Dalam satu sumur dengan beberapa lapisan produktif, minyak atau gas dapat diproduksi secara bersamaan, bergantian, atau menggunakan pipa tubing yang berbeda untuk setiap lapisan.

Untuk mendapatkan hasil yang optimal dan mengatasi dampak negatif dari masing-masing lapisan produktif, perlu dipilih metode dan ukuran peralatan yang tepat. *Well completion* baru bisa dimulai setelah beberapa langkah berikut ini selesai:

1. Pencapaian kedalaman total (*total depth*) sumur pengeboran;
2. Pemasangan *casing* produksi dan penyemenannya, atau pemasangan *screen liner* dengan penyemenan atau tanpa penyemenan;
3. Penyambungan *wellhead* (kepala sumur) dengan casing produksi.

5.6 Tahap Penimbaan (*Swabbing*)

Swabbing adalah proses mengalirkan fluida produksi dari formasi ke dalam sumur untuk diproduksi ke permukaan dengan cara menyedot fluida kompleks atau fluida sumur melalui pipa tubing sebagai langkah awal produksi minyak. Proses swabbing bertujuan untuk mengambil cairan secara bertahap dan perlahan guna mengurangi tekanan hidrostatik fluida pengeboran yang menahan tekanan *reservoir* di dasar sumur. Selama pengeboran, sumur harus selalu terisi fluida pengeboran untuk mencegah tekanan *reservoir* yang bisa tiba-tiba meningkat dan menyebabkan semburan liar yang membahayakan peralatan, pekerja, dan lingkungan.

Ketika fluida pengeboran masih ada, minyak dalam *reservoir* terhalang dan tidak bisa mengalir ke dalam sumur atau permukaan. Agar minyak dapat mengalir, tekanan hidrostatik fluida pengeboran dikurangi secara bertahap hingga tekanan *reservoir* cukup kuat untuk mendorong minyak ke permukaan. Metode swabbing terdiri dari dua jenis. Pertama, dengan menurunkan densitas cairan untuk mengurangi tekanan hidrostatik fluida sumur. Kedua, dengan menurunkan tinggi kolom fluida sumur melalui penghisapan atau penimbaan.

5.7 Metode Produksi Migas

Proses produksi minyak melibatkan pengangkatan minyak dari dalam *reservoir* menuju permukaan melalui pipa

tubing. Setelah minyak mencapai permukaan, proses pemisahan dilakukan untuk memisahkan cairan minyak dari fluida lain, seperti air, gas, atau kontaminan lainnya yang tidak diinginkan.

5.7.1 Primary Recovery

Primary recovery adalah metode produksi atau pengangkatan hidrokarbon secara alami, di mana hidrokarbon mengalir ke permukaan dengan memanfaatkan tekanan dari *reservoir* itu sendiri, baik secara alami maupun dengan bantuan pompa.

5.7.2 Secondary Recovery

Secondary recovery merupakan metode produksi minyak lanjutan setelah tahap *primary recovery*, yang memanfaatkan energi buatan seperti injeksi air atau gas ke *reservoir* untuk mendisplace minyak menuju lubang sumur.

5.7.3 Tertiary Recovery

Tertiary recovery adalah tahap ketiga dalam proses pemulihan minyak yang dilakukan setelah *primary* dan *secondary recovery*. Pada tahap ini, digunakan teknik pemulihan lanjutan yang lebih canggih, seperti injeksi bahan kimia, panas, atau karbon dioksida (CO_2) ke dalam *reservoir*. Tujuannya adalah untuk meningkatkan pemulihan minyak yang masih tersisa di dalam *reservoir* setelah metode *primary* dan *secondary recovery* tidak lagi efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariadji, T. (2023) *Fundamental Teknik Perminyakan*. Bandung, Indonesia: Itb Press.
- Hossain, M.E. (2017) *Fundamentals of Drilling Engineering: Problems and Solutions For Engineers And Students*. Beverly, Massachusetts, Usa: Scrivener Publishing
- Dr.-Ing. Ir. Rudi Rubiandini R. S. (2018) *Teknik Operasi Pemboran (Volume 1)*, Bandung: Suka Printing
- Kementrian Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia (2013) 'Dasar-Dasar Teknik Pengeboran', *Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia*
- Yudanto, D. (2023) *Dasar-Dasar Teknik Perminyakan*

BIODATA PENULIS



Dr.rer.nat.Jamaluddin, S.Si.,M.Eng.

Dosen Program Studi Geologi
STT Migas Balikpapan

Penulis lahir di Sulawesi Selatan pada 26 Januari 1994. Ia menyelesaikan pendidikan sarjana di Departemen Geofisika, Universitas Hasanuddin, kemudian melanjutkan studi magister di Jurusan Teknik Geologi, China University of Petroleum (East China). Selanjutnya, ia meraih gelar doktor di bidang geologi dari University of Vienna, Austria.

Saat ini, penulis merupakan dosen tetap di Program Studi Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan (STT Migas Balikpapan). Ia aktif mengajar dan melakukan penelitian dalam bidang geologi migas, geokimia hidrokarbon, dan sedimentologi. Fokus penelitiannya mencakup eksplorasi sumber daya energi serta karakterisasi reservoir hidrokarbon. Selain mengajar dan meneliti, penulis juga terlibat dalam berbagai seminar dan lokakarya yang berkaitan dengan eksplorasi migas dan geologi terapan. Hasil-hasil penelitiannya telah dipublikasikan dalam jurnal ilmiah dan konferensi nasional maupun internasional, memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu geologi.

BIODATA PENULIS

Nijusiho Manik, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Perminyakan
Sekolah Tinggi Teknologi Migas

Penulis lahir di Tarakan tanggal 07 Desember 1985. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Perminyakan, Sekolah Tinggi Teknologi Migas. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Pertambangan di Universitas Mulawarman dan melanjutkan S2 pada Jurusan Rekayasa Pertambangan di Institut Teknologi Bandung.

BIODATA PENULIS



Rohima Sera Afifah, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Rekayasa Geologi
Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan

Penulis lahir di Balikpapan tanggal 17 September 1986. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Rekayasa Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Geologi dan melanjutkan S2 pada Program Studi Teknik Geologi. Penulis menekuni bidang Geologi. Aktifitas keseharian seperti mengajar, melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat menjadi tugas utamanya sebagai Dosen Tetap yang dijalani dengan penuh kesungguhan sejak tahun 2009 sampai dengan sekarang di Sekolah Tinggi Teknologi Migas di Balikpapan. Selain itu juga tergabung dalam Tim beberapa kegiatan, seperti pengukuran mutu di Internal Kampus, pendamping mahasiswa, keanggotaan profesi dan atau organisasi

BIODATA PENULIS



Aisyah Indah Irmaya, S.T., M.T

Dosen Program Studi Teknik Perminyakan
Fakultas Teknik Universitas Proklamasi 45

Penulis lahir di Jayapura tanggal 16 Mei 1981. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Perminyakan Fakultas Teknik, Universitas Proklamasi 45. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Perminyakan, S2 pada Jurusan Teknik Geologi dan melanjutkan S3 pada jurusan Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Bidang penelitian: Geologi, Reservoir.

BIODATA PENULIS



Baiq Maulinda Ulfah, S.T., M.T.

Dosen Program Studi S1 Teknik Perminyakan
Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan

Penulis lahir di Marangkayu pada 18 Januari 1998. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Perminyakan di STT Migas Balikpapan pada tahun 2020, kemudian melanjutkan pendidikan S2 di bidang yang sama di Universitas Trisakti pada tahun 2021 dan lulus pada awal tahun 2023. Sejak 2023, penulis mengabdikan diri sebagai dosen di STT Migas Balikpapan, dan pada tahun 2024, penulis dipercaya untuk menjabat sebagai Kepala Laboratorium di institusi yang sama. Saat ini penulis memiliki kompetensi di bidang lumpur pemboran dan analisis crude oil.