



## Peran Miscible Gas Flooding dalam Meningkatkan Akumulasi Produktivitas Sumur Minyak

Edy Soesanto<sup>1</sup>, Muhammad Rifda Hasandra<sup>2</sup>, Anis Riski Yulianti<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara

Jakarta Raya, Indonesia

Email : [edy.soesanto@dsn.ubharajaya.ac.id](mailto:edy.soesanto@dsn.ubharajaya.ac.id), [202210255013@mhs.ubharajaya.ac.id](mailto:202210255013@mhs.ubharajaya.ac.id)  
[202210255010@mhs.ubharajaya.ac.id](mailto:202210255010@mhs.ubharajaya.ac.id)

**Abstract** Oil production from a reservoir will naturally decrease or even not be able to produce at all. This condition does not necessarily indicate that the oil reserves in the reservoir have run out. If we only rely on primary production methods (primary recovery), it is likely that there is still a lot of oil left in the reservoir, so advanced production methods are needed to be able to drain the oil that is still left in the reservoir. Advanced oil recovery technology or Enhanced Oil Recovery (EOR) continues to develop to overcome the challenges in increasing oil production from reservoirs that have entered the secondary or tertiary production stage. One method that has attracted attention is Miscible Gas Flooding (MGF), which involves injecting certain gases into the reservoir. This method allows the creation of perfect mixing conditions (miscible) between the injected gas and the oil in the reservoir, thereby increasing the efficiency of oil transfer and maximizing recovery results. This technology is a solution to maximize the potential of oil wells that have experienced decreased productivity. The main principle of Miscible Gas Flooding is to reduce the interfacial tension between oil and gas, and reduce the viscosity of the oil, so that the oil can flow more easily to the production well. Commonly used gases include carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>), or light hydrocarbons such as methane and ethane. With the right pressure and temperature, these gases can mix homogeneously with oil, resulting in higher displacement efficiency compared to water or immiscible gas injection methods. These advantages make MGF one of the most effective approaches to increase oil well productivity in complex reservoirs. Although promising, the implementation of Miscible Gas Flooding requires careful planning and a comprehensive evaluation of reservoir conditions. Factors such as the minimum pressure to achieve miscibility, the type of gas used, and potential disturbances such as fingering or channeling must be carefully considered. In addition, operational costs and the infrastructure required are also aspects that need to be taken into account.

**Keywords:** Enhanced Oil Recovery (EOR), Recovery Factor, Chemical Injection, Gas Injection, Thermal Injection

**Abstrak** Produksi minyak dari reservoir secara alami akan menurun seiring waktu, bahkan bisa berhenti sepenuhnya. Penurunan ini tidak selalu menunjukkan bahwa cadangan minyak sudah habis, melainkan minyak yang tersisa sulit diekstraksi dengan metode primer (primary recovery). Oleh karena itu, diperlukan metode lanjutan seperti Enhanced Oil Recovery (EOR) untuk memaksimalkan perolehan minyak dari reservoir. Salah satu metode EOR yang efektif adalah Miscible Gas Flooding (MGF), yaitu teknik injeksi gas tertentu ke dalam reservoir. Metode ini memungkinkan terciptanya pencampuran sempurna (miscible) antara gas dan minyak, sehingga meningkatkan efisiensi perpindahan dan perolehan minyak, terutama dari reservoir yang produktivitasnya menurun. Miscible Gas Flooding bekerja dengan mengurangi tegangan antar muka (interfacial tension) antara gas dan minyak serta menurunkan viskositas minyak, sehingga minyak lebih mudah mengalir menuju sumur produksi. Gas yang umum digunakan dalam metode ini adalah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>), dan hidrokarbon ringan seperti metana atau etana. Pada tekanan dan suhu tertentu, gas-gas ini mampu bercampur secara homogen dengan minyak, memberikan efisiensi perpindahan yang lebih tinggi dibandingkan metode injeksi air atau gas immiscible. Hal ini menjadikan MGF sebagai salah satu pendekatan yang sangat potensial untuk meningkatkan produktivitas reservoir yang kompleks. Namun, implementasi MGF memerlukan perencanaan dan evaluasi yang matang. Faktor-faktor seperti tekanan minimum untuk mencapai miscibility, jenis gas yang digunakan, serta potensi masalah teknis seperti fingering atau channeling harus diperhitungkan. Selain itu, biaya operasional dan infrastruktur yang dibutuhkan juga menjadi tantangan yang harus diatasi untuk memastikan keberhasilan metode ini.

**Kata Kunci :** Enhanced Oil Recovery (EOR), Recovery Faktor, Injeksi Kimia, Injeksi Gas, Injeksi Termal

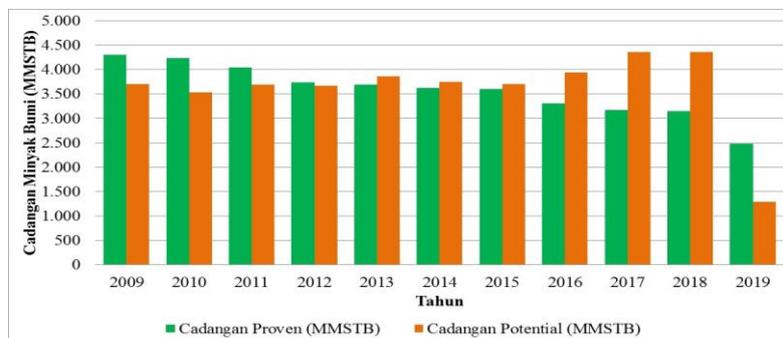
### 1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kekayaan energi dan sumber daya mineral yang melimpah. Selama lebih dari 100 tahun, minyak bumi menjadi salah satu pilar ekonomi utama. Berdasarkan

Received: December 11, 2024; Revised: December 26, 2024; Accepted: January 04, 2025; Online Available: January 06, 2025

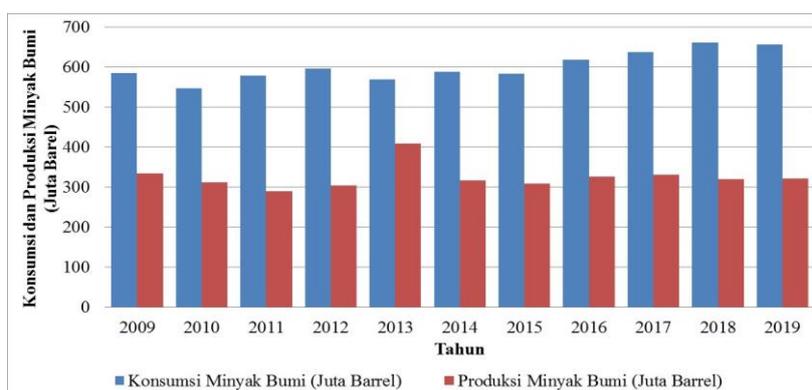
laporan Kinerja DEN 2019, minyak bumi menyumbang 28,82% dari total konsumsi energi nasional, meskipun tingkat konsumsi hampir dua kali lipat dari produksi (DEN, 2019). Selama 10 tahun terakhir, cadangan minyak bumi Indonesia terus menurun. Pada 2008, cadangan tercatat sebesar 8,21 miliar barel, namun pada 2019 turun menjadi sekitar 3,8 miliar barel. Cadangan minyak yang ada diperkirakan hanya cukup untuk 9 tahun mendatang jika produksi tetap stabil.

Hingga saat ini, eksplorasi dan produksi migas baru mencakup sekitar 42% dari total 128 cekungan yang teridentifikasi. Dari jumlah tersebut, 18 cekungan (19%) sudah berproduksi, 12 cekungan (9%) sudah dibor dan ditemukan minyak, sementara 24 cekungan (24%) sudah dibor namun belum ditemukan minyak. Masih ada 58% cekungan yang belum dibor untuk memastikan potensi cadangan migasnya.



**Gambar 1.** Grafik Cadangan Minyak Di Sumur Indonesia (Goog)

Pada 2019, produksi minyak dan kondensat nasional mencapai 745,1 ribu barel per hari (Mbopd), turun 26,96 Mbopd dari produksi tahun 2018 yang mencapai 772,1 Mbopd. Meski demikian, laju penurunan produksi alamiah dapat ditekan menjadi sekitar 3-5% per tahun.



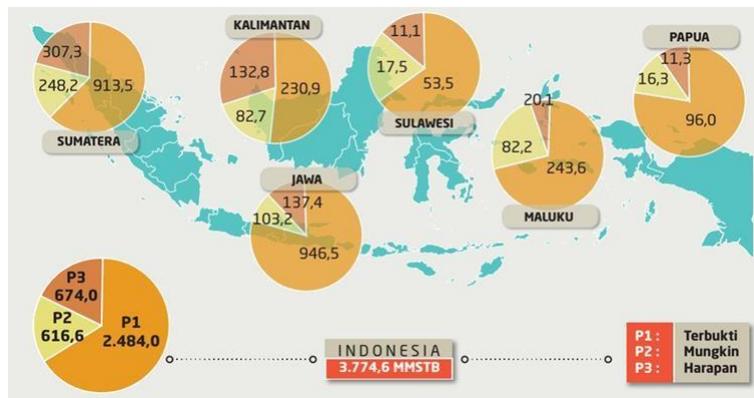
**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Tingkat Produksi Minyak (Goog)

Produksi minyak dari reservoir sering kali mengalami penurunan seiring waktu akibat penurunan tekanan dan berkurangnya mobilitas minyak yang tersisa di dalam batuan reservoir. Setelah metode produksi primer dan sekunder, banyak reservoir masih menyimpan cadangan minyak dalam jumlah besar yang sulit diekstraksi dengan metode konvensional. Dalam situasi

ini, teknologi Enhanced Oil Recovery (EOR) menjadi solusi penting untuk meningkatkan akumulasi produktivitas sumur minyak. Salah satu metode EOR yang telah terbukti efektif adalah Miscible Gas Flooding (MGF), yang memanfaatkan injeksi gas untuk meningkatkan perpindahan dan perolehan minyak dari reservoir.

Miscible Gas Flooding bekerja dengan cara menciptakan kondisi pencampuran sempurna (miscible) antara gas yang diinjeksikan dan minyak di dalam reservoir. Gas yang umum digunakan dalam metode ini meliputi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>), dan hidrokarbon ringan seperti metana dan etana. Pada tekanan tertentu, gas ini mampu bercampur secara homogen dengan minyak, menghasilkan satu fasa tunggal tanpa batas antarmuka. Proses ini mengurangi viskositas minyak, meningkatkan efisiensi perpindahan, dan mengoptimalkan produksi minyak yang sebelumnya sulit dicapai dengan metode konvensional.

Selain meningkatkan mobilitas minyak, MGF juga membantu mempertahankan tekanan reservoir, yang sangat penting untuk menjaga kelangsungan produksi. Penurunan tekanan reservoir sering menjadi salah satu penyebab utama menurunnya produktivitas sumur. Dengan injeksi gas, tekanan reservoir dapat dijaga pada level optimal sehingga memperlambat penurunan produksi. Hal ini menjadikan MGF sebagai metode yang sangat relevan, terutama untuk reservoir yang memiliki tekanan rendah atau viskositas minyak yang tinggi.



**Gambar 3.** Peta Cadangan Minyak Bumi ( KEDM)

Namun, penerapan Miscible Gas Flooding tidak terlepas dari tantangan. Salah satu tantangan utamanya adalah kebutuhan tekanan tinggi untuk mencapai kondisi miscibility, yang dapat meningkatkan biaya operasional. Selain itu, gas yang digunakan harus kompatibel dengan kondisi fisik dan kimia reservoir untuk menghindari masalah seperti channeling atau fingering, di mana gas mengalir dengan cepat melalui zona-zona permeabilitas tinggi tanpa memindahkan minyak secara efektif. Oleh karena itu, analisis reservoir yang komprehensif sangat diperlukan sebelum implementasi metode ini.

Dalam beberapa dekade terakhir, Miscible Gas Flooding telah menunjukkan hasil yang menjanjikan di berbagai lapangan minyak di seluruh dunia. Dengan penerapan yang tepat, metode ini tidak hanya meningkatkan akumulasi produktivitas sumur tetapi juga memperpanjang umur reservoir, mengurangi pemborosan sumber daya, dan memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan. Dalam era kebutuhan energi yang terus meningkat, Miscible Gas Flooding menawarkan solusi strategis untuk mengoptimalkan produksi minyak dan menjawab tantangan di industri perminyakan.

## **2. METODOLOGI PENELITIAN**

Metode penulisan penelitian ini menggunakan metode studi literatur dan analisa data. Dalam penelitian ini peneliti melakukan observasi dari berbagai studi kasus maupun sumber sumber yang menjadi landasan dasar mengenai aspek pengaruh injeksi metode eor terhadap peningkatan recovery faktor reservoir pada sumur minyak dan segala hal yang mempengaruhinya. Penggunaan studi literatur ini bertujuan untuk menjadi pembatas dan perbedaan antara jurnal penulis dengan jurnal lain sehingga tidak terjadi plagiarisme atau cetak copyright dari penulis jurnal lainnya.

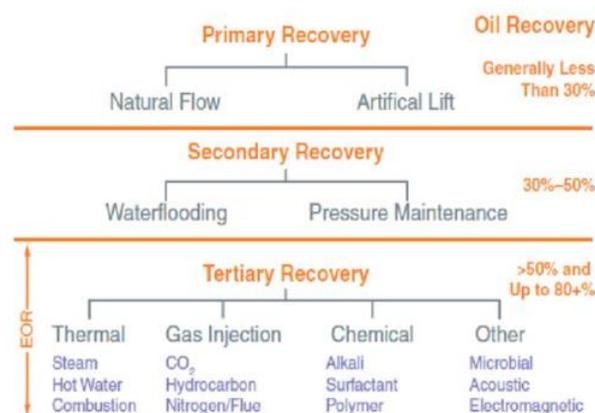
1. Mengumpulkan Sumber Pustaka : Langkah awal adalah mengumpulkan literatur yang relevan dengan topik penelitian, termasuk jurnal, artikel, buku, dan laporan terkait dengan pengaruh injeksi metode eor terhadap peningkatan recovery faktor reservoir pada sumur minyak secara rinci dan runtut.
2. Pemilihan Secara Literatur: Setelah mengumpulkan berbagai sumber, prioritaskan literatur yang paling relevan atau berhubungan dan terkait untuk dipertimbangkan dalam penelitian. Pastikan literatur tersebut mencakup berbagai perspektif keamanan dan implementasi yang relevan.
3. Analisa Secara Literatur: Lakukan analisis lebih rinci terhadap literatur yang diambil. Identifikasi pendekatan, metodologi, pengambilan sumber terinci, dan argumen yang digunakan dalam setiap literatur yang relevan.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Enhanced Oil Recovery (EOR) adalah teknik lanjutan yang digunakan untuk meningkatkan produksi minyak bumi dari reservoir yang tidak dapat dieksploitasi secara ekonomis melalui metode primer dan sekunder. Teknik ini melibatkan injeksi sumber energi eksternal atau material tertentu ke dalam reservoir untuk meningkatkan efisiensi perolehan minyak. Proses EOR bertujuan mengatasi keterbatasan metode konvensional dengan

memanfaatkan mekanisme tambahan, seperti peningkatan tekanan, pengurangan viskositas minyak, atau modifikasi sifat fisik dan kimia reservoir. Menurut SKK Migas (2015), metode ini sangat efektif untuk mengakses cadangan minyak yang sebelumnya sulit dijangkau.

Pelaksanaan EOR dapat menyebabkan perubahan signifikan pada karakteristik reservoir. Beberapa perubahan yang terjadi meliputi komposisi fluida dalam reservoir, rasio mobilitas antara minyak dan air, serta struktur batuan reservoir. Perubahan ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan fluida untuk bergerak ke arah sumur produksi, sehingga memperbesar volume minyak yang dapat diambil. Pemahaman tentang perubahan ini menjadi penting untuk menentukan metode EOR yang paling sesuai dengan kondisi reservoir yang ada.



**Gambar 4.**Fase Eksplorasi Minyak Bumi ( Soc.Google)

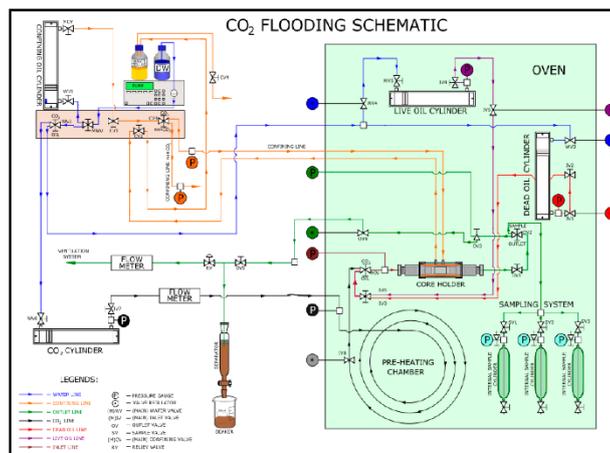
### Miscible Gas Flooding

Miscible Gas Flooding adalah metode peningkatan perolehan minyak (Enhanced Oil Recovery, EOR) yang digunakan untuk meningkatkan jumlah minyak yang dapat diproduksi dari reservoir minyak. Dalam metode ini, gas yang digunakan memiliki kemampuan untuk bercampur (miscible) dengan minyak di dalam reservoir, mengurangi viskositasnya dan meningkatkan pergerakan minyak sehingga lebih mudah dipompa ke permukaan.

Miscible Gas Flooding bekerja dengan memanfaatkan gas yang mampu bercampur secara sempurna dengan minyak di reservoir. Gas yang umum digunakan meliputi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>), atau hidrokarbon ringan seperti metana dan etana. Pada tekanan dan suhu tertentu, gas ini bercampur secara homogen dengan minyak, menghasilkan satu fasa tanpa batas antarmuka. Proses ini mengurangi tegangan antar muka (interfacial tension) antara minyak dan gas, menurunkan viskositas minyak, serta meningkatkan mobilitas minyak untuk mengalir ke sumur produksi.

CO<sub>2</sub> diinjeksikan ke dalam reservoir pada kondisi di atas suhu kritis, yaitu 31°C. Viskositas CO<sub>2</sub> dalam kondisi injeksi sangat rendah, antara 0,06 hingga 0,10 cp, tergantung

pada suhu dan tekanan reservoir (Harry dkk., 2006). Mobilitas CO<sub>2</sub> yang jauh lebih tinggi dibandingkan minyak dan air dapat menyebabkan fingering, yaitu pergerakan gas yang tidak merata, sehingga efisiensi pendesakan makroskopik menjadi rendah. Untuk mengatasi hal ini, digunakan metode injeksi CO<sub>2</sub> dan air secara bergantian, yang dikenal sebagai Water-Alternating-Gas (WAG). Tantangan lain dalam injeksi CO<sub>2</sub> adalah perbedaan densitas antara CO<sub>2</sub> dengan minyak dan air. Karena CO<sub>2</sub> lebih ringan, gas ini cenderung bergerak ke bagian atas reservoir, sehingga hanya mendesak minyak pada area tersebut. Oleh sebab itu, injeksi CO<sub>2</sub> sering dilakukan pada bagian atas reservoir untuk meningkatkan efisiensi produktivitas reservoir tersebut.



Gambar 5. Alur Miscible Gas Flooding

### Prinsip Miscible Gas Flooding

Miscible gas flooding adalah metode Enhanced Oil Recovery (EOR) yang menggunakan injeksi gas yang dapat bercampur sempurna (*miscible*) dengan minyak di reservoir. Proses ini dirancang untuk meningkatkan perolehan minyak dengan cara mengurangi tegangan antarmuka antara gas dan minyak, sehingga minyak lebih mudah bergerak menuju sumur produksi. Gas yang biasa digunakan meliputi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen, atau hidrokarbon ringan seperti metana dan etana. Kunci keberhasilan metode ini adalah mencapai tekanan tertentu yang disebut *Minimum Miscibility Pressure* (MMP), di mana gas dapat bercampur dengan minyak tanpa membentuk batasan fase.

Ketika gas diinjeksikan ke reservoir, ia larut dalam minyak dan mengurangi viskositas minyak. Proses ini meningkatkan mobilitas minyak yang sebelumnya terperangkap dalam pori-pori batuan reservoir. Selain itu, gas yang terlarut dapat menyebabkan ekspansi minyak, memberikan dorongan tambahan untuk membantu minyak bergerak lebih efektif ke sumur produksi. Dalam beberapa kasus, injeksi dilakukan dalam skema *water-alternating-gas*

(WAG), di mana air disuntikkan secara bergantian dengan gas untuk meningkatkan efisiensi penyapuan baik secara vertikal maupun lateral.

Proses miscible gas flooding juga membantu meningkatkan atau mempertahankan tekanan reservoir. Tekanan yang lebih tinggi tidak hanya mempermudah pencampuran gas dengan minyak, tetapi juga mencegah runtuhnya reservoir dan menjaga aliran fluida yang stabil. Dengan demikian, reservoir yang sebelumnya menunjukkan penurunan produksi dapat kembali produktif melalui metode ini. Efisiensi penyapuan lateral juga ditingkatkan, karena gas mampu menjangkau area yang sulit diakses oleh metode seperti airflooding.

### **Peran Miscible Gas Flooding**

Miscible gas flooding menonjol sebagai salah satu teknologi EOR yang paling inovatif dan efisien, menjadikannya prioritas utama dalam penelitian dan penerapan di industri minyak dan gas. Keunggulan metode ini terletak pada kemampuannya untuk meningkatkan faktor perolehan minyak secara signifikan, terutama di reservoir yang sudah matang atau mengalami penurunan tekanan. Gas yang digunakan, seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), memiliki sifat fisikokimia yang memungkinkan pencampuran sempurna dengan minyak di bawah tekanan tertentu. Hal ini tidak hanya meningkatkan mobilitas minyak tetapi juga memungkinkan produksi dari minyak residu yang tidak dapat dieksploitasi dengan metode konvensional.

Dalam konteks keberlanjutan energi, miscible gas flooding juga memiliki potensi yang relevan. Penggunaan CO<sub>2</sub> dalam proses ini dapat sekaligus berfungsi sebagai mekanisme mitigasi emisi karbon melalui penyimpanan permanen gas di reservoir bawah tanah, memberikan nilai tambah dari sisi lingkungan. Metode ini juga memiliki fleksibilitas dalam aplikasi, seperti pada reservoir karbonat dan pasir, menjadikannya pilihan strategis untuk meningkatkan produktivitas di berbagai kondisi geologi. Keunggulan teknis dan manfaat lingkungan menjadikan metode ini layak untuk diprioritaskan dalam penelitian dan implementasi.

Selain itu, miscible gas flooding memiliki keunggulan ekonomi yang menjadikannya topik yang menarik untuk dieksplorasi. Reservoir yang memanfaatkan metode ini cenderung memiliki peningkatan hasil yang signifikan dibandingkan dengan metode injeksi air atau polymer flooding, membuatnya sangat relevan untuk diaplikasikan di lapangan dengan cadangan minyak besar. Dengan semakin meningkatnya kebutuhan energi dan tekanan untuk mengoptimalkan sumber daya minyak yang ada, miscible gas flooding menawarkan solusi teknis dan ekonomis yang strategis. Fokus pada topik ini akan membuka peluang inovasi baru, baik dalam desain proses maupun optimalisasi operasional.

- **Mengurangi Viskositas Minyak:**  
Gas yang terlarut dalam minyak mengurangi viskositasnya, membuat minyak lebih mudah mengalir di dalam reservoir.
- **Meningkatkan Tekanan Reservoir:**  
Injeksi gas membantu mempertahankan atau meningkatkan tekanan reservoir, yang penting untuk menjaga aliran fluida ke sumur produksi.
- **Menghilangkan Tegangan Antarmuka:**  
Pada kondisi miscible, tegangan antarmuka antara gas dan minyak hilang, meningkatkan efisiensi penyapuan minyak.
- **Efisiensi Penyapuan:**  
Gas mampu menjangkau area yang sulit diakses metode lain, terutama di reservoir dengan heterogenitas tinggi.
- **Peningkatan *Recovery Factor*:**  
MGF menghasilkan peningkatan signifikan dalam perolehan minyak dibandingkan metode konvensional seperti waterflooding.

Kriteria	Miscible Gas Flooding	Thermal EOR	Chemical EOR
Tekanan Reservoir	Efektif pada tekanan tinggi	Kurang cocok untuk tekanan rendah	Cocok pada tekanan sedang
Konsumsi Energi	Relatif rendah	Tinggi (karena pembakaran)	Sedang
Pengaruh Suhu Reservoir	Tidak terpengaruh	Harus tinggi	Tidak terpengaruh
Masalah Lingkungan	Bisa menyimpan CO <sub>2</sub>	Emisi karbon tinggi	Risiko pencemaran bahan kimia
Kompleksitas Operasi	Sedang	Tinggi	Tinggi

**Gambar 6.** Tabel Perbandingan Metode EOR

Namun metode ini juga mengalami beberapa kendala yang signifikan dalam beberapa situasi tertentu seperti, Gas seperti CO<sub>2</sub> juga dapat menyebabkan korosi peralatan pengeboran akibat pembentukan asam karbonat. Selain itu, gas yang bocor ke sumur produksi (gas breakthrough) melalui jalur permeabilitas tinggi dapat mengurangi efisiensi operasi.

Manajemen distribusi gas di dalam reservoir menjadi rumit karena karakteristik reservoir yang beragam, seperti porositas dan permeabilitas. Hal ini diperparah dengan risiko keamanan, seperti kebocoran gas berbahaya, termasuk CO<sub>2</sub> atau H<sub>2</sub>S, yang dapat membahayakan pekerja. Ketidakstabilan lubang bor adalah tantangan lain, karena gas dapat mengurangi tekanan efektif di sekitar lubang, menyebabkan dinding lubang menjadi rapuh.

Fluida pengeboran juga sering hilang ke dalam formasi yang terisi gas, mengurangi efisiensi pengeboran.

Akhirnya, produksi campuran minyak, gas, dan air memerlukan fasilitas pemisahan yang canggih, sementara gas seperti CO<sub>2</sub> dapat mengubah karakteristik reservoir dalam jangka panjang. Semua tantangan ini memerlukan solusi teknis dan pengelolaan yang baik untuk memastikan keberhasilan metode gas flooding.

### Data Produksi

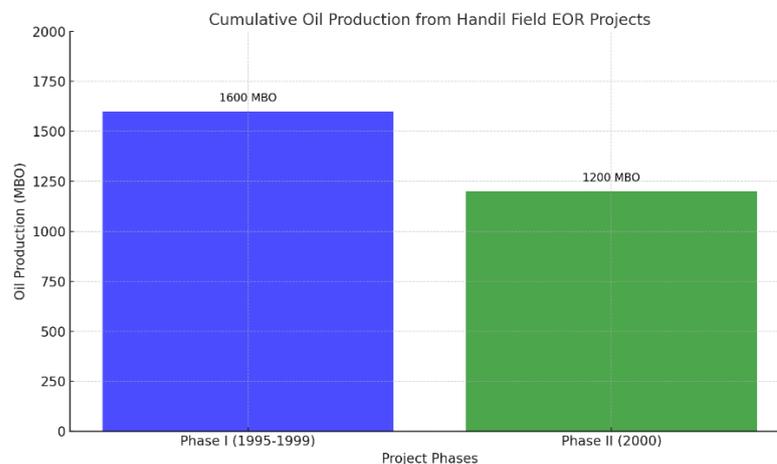
Studi kasus ini dimulai dari identifikasi tantangan di beberapa lapangan pengeboran, di mana rendahnya perolehan minyak disebabkan oleh tekanan reservoir yang menurun dan heterogenitas formasi. Untuk mengatasi masalah ini, miscible gas flooding diterapkan sebagai metode utama, dengan rancangan yang memperhatikan parameter teknis seperti MMP, viskositas minyak, dan distribusi permeabilitas. Pendekatan ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi penyapuan minyak sekaligus mempertahankan tekanan reservoir. Metode yang dimaksud ialah antara lain *pilot project* yang dilaksanakan, metode injeksi *gas lean hydrocarbon* diterapkan bersamaan dengan metode *water flooding*. Namun proyek ini tidak dilanjutkan kembali karena alasan kendala bagian ekonomi. Lapangan pertama yang berhasil mengimplementasikan penerapan metode injeksi gas adalah Lapangan Handil. Proyek Pengoperasian ini dimulai pada tahun 1995, pada 3 tahun pertama pada pengimplementasian operasi di Lapangan Handil menghasilkan produksi tambahan minyak sebanyak 1,6 juta barel (Gunawan, 1999). Memasuki tahun 2000, setelah injeksi tahap kedua dimulai, Lapangan Handil menghasilkan produksi tambahan minyak sebanyak 1,2 juta barel hanya dalam kurun waktu 1,5 tahun. (Widjayanto dkk, 2001)

**Tabel 1.** Tabel Produksi Sumur dengan Metode MGF

No.	Field Name	Status	EOR Type	Year	EOR Production	Remarks	References
1	Handil (Phase I)	Full Project	Lean Gas Injection	1995 – 1999	1.600 MBO (Cumulative)	Success	SPE 57289, Widjayanto et al. (2001), SPE 144914, Santoso and Tjiptowiyono (1997)

2	Handil (Phase II)	Full Project	Lean Gas Injection	2000	1.200 MBO (Cumulative)	Success	SPE 57289, Widjayanto et al. (2001), SPE 144914, Santoso and Tjiptowiyono (1997)
3	Jatibarang	Dalam Studi Kasus	CO2 Injection	2012	-	Laboratory dan stimulasi	SKK Migas (2012), SPE 97507 and Paryoto et al. (2006)
4	Gemah	Dalam Studi Kasus	CO2 Injection	2012	-	Laboratory dan stimulasi	SKK Migas (2012), SPE 97507

Dari Tabel diatas dapat diketahui pada Lapangan Handil Phase ( I & II ) menghasilkan produktivitas minyak yang berbeda dengan relatif perbandingan yang cukup tinggi, dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



**Gambar 7.** Lapangan Handil Phase I & II

Grafik menunjukkan dua fase penting dari penerapan metode Lean Gas Injection di lapangan Handil, yaitu fase pertama (1995-1999) dengan produksi kumulatif 1.600 MBO, dan fase kedua (2000) dengan 1.200 MBO. Kenaikan signifikan selama fase pertama mencerminkan keberhasilan metode ini dalam meningkatkan perolehan minyak dari reservoir. Hal ini menunjukkan bahwa Lean Gas Injection mampu mengurangi viskositas minyak dan meningkatkan dorongan tekanan di reservoir, sehingga produksi meningkat secara substansial.

Periode ini menjadi bukti efektifnya metode EOR untuk memanfaatkan sumber daya minyak yang tersisa.

Penurunan produksi pada fase kedua dapat dijelaskan oleh beberapa faktor yang memengaruhi keberlanjutan metode ini. Salah satunya adalah kemungkinan adanya penurunan tekanan reservoir secara alami setelah fase pertama, yang mengurangi efisiensi injeksi gas. Selain itu, reservoir mungkin mengalami saturasi minyak residu yang lebih tinggi setelah fase pertama, sehingga mengurangi volume minyak yang dapat diperoleh selama fase kedua. Meski terjadi penurunan, fase kedua tetap menghasilkan 1.200 MBO, yang menunjukkan keberlanjutan proyek dengan hasil yang masih signifikan.

Keberhasilan kedua fase ini juga dipengaruhi oleh kondisi reservoir lapangan Handil. Tekanan reservoir yang memadai dan sifat minyak yang sesuai dengan Lean Gas Injection menjadi faktor utama keberhasilan metode ini. Selain itu, ketersediaan gas injeksi yang stabil dan pemahaman teknis terhadap desain injeksi berkontribusi pada efektivitas implementasi metode ini. Penurunan pada fase kedua bisa juga disebabkan oleh perubahan dinamika reservoir atau keterbatasan optimasi operasional, yang dapat diperbaiki dengan teknologi baru atau strategi tambahan.

Dengan mempertimbangkan hasil grafik ini, pengelolaan reservoir yang tepat sangat penting untuk memaksimalkan hasil jangka panjang dari metode Lean Gas Injection. Evaluasi mendalam terhadap dinamika reservoir, pengawasan tekanan, dan penyempurnaan desain injeksi dapat membantu mempertahankan produksi pada tingkat yang optimal. Grafik ini memberikan wawasan berharga tentang pentingnya analisis data dan adaptasi teknologi dalam proyek EOR di lapangan minyak.

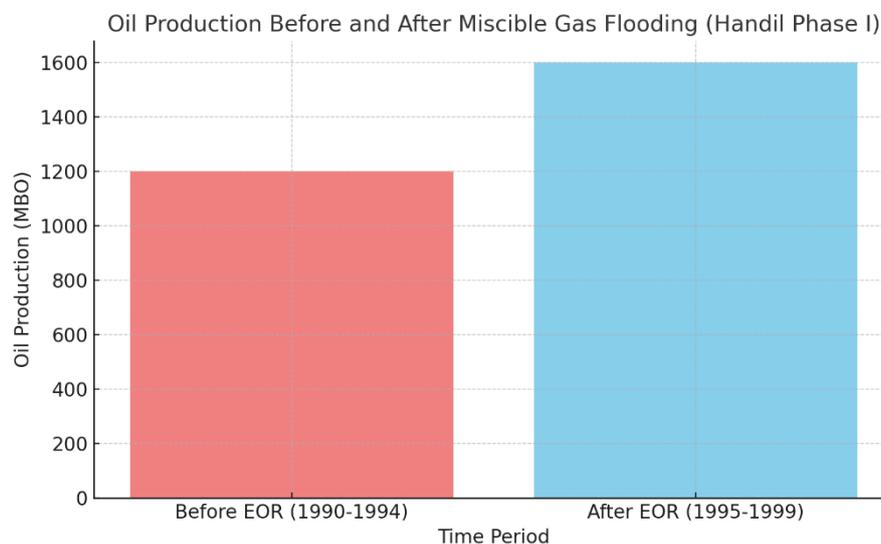
#### **4. KESIMPULAN**

Enhanced Oil Recovery (EOR) merupakan teknologi yang sangat efektif untuk meningkatkan recovery factor reservoir pada sumur minyak. Dengan memanfaatkan berbagai metode seperti thermal flooding, chemical flooding, miscible gas flooding, dan microbial EOR, EOR dapat mengatasi keterbatasan metode primer dan sekunder dalam mengeluarkan minyak dari reservoir. Teknologi ini memungkinkan peningkatan produksi minyak dari reservoir yang sebelumnya sulit atau tidak ekonomis untuk dieksploitasi, terutama di lapangan minyak tua atau reservoir dengan minyak berat.

Pengaruh metode EOR terhadap peningkatan recovery factor terlihat pada kemampuan teknik ini untuk memodifikasi kondisi fisik dan kimia reservoir. Misalnya, injeksi gas miscible dapat mengurangi tegangan antar muka minyak, sementara metode thermal EOR dapat

memanaskan minyak untuk mengurangi viskositasnya. Kombinasi berbagai mekanisme ini tidak hanya meningkatkan mobilitas fluida tetapi juga memperbaiki distribusi tekanan dan pola aliran dalam reservoir, sehingga minyak yang terperangkap di pori-pori batuan dapat diambil dengan lebih efisien.

Keberhasilan penerapan EOR sangat bergantung pada kondisi reservoir, seperti tekanan, suhu, salinitas, dan komposisi fluida serta batuan. Selain itu, pemilihan metode yang tepat dan desain operasi yang optimal sangat penting untuk memaksimalkan hasil. Meskipun biaya operasional EOR relatif lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional, teknologi ini dapat memberikan pengembalian investasi yang signifikan melalui peningkatan produksi minyak hingga 20–30% dari cadangan awal.



**Gambar 8.** Chart setelah penggunaan metode EOR

Secara keseluruhan, metode EOR memberikan solusi yang berkelanjutan untuk memperpanjang umur reservoir dan meningkatkan hasil ekonomi dari lapangan minyak. Dengan pengelolaan yang baik dan penerapan teknologi yang terus berkembang, EOR berpotensi menjadi alat utama dalam menjawab tantangan industri minyak dan gas, terutama dalam menghadapi kebutuhan energi global yang terus meningkat

## 5. DAFTAR PUSTAKA

Adolph, R. (2016). 済無 No Title No Title No Title, 1–23.

Bagir, M., Fathaddin, M. T., Pasarai, U., & Muharto, R. (2021). CO<sub>2</sub>-IWAG injection simulation experiment with several ratio and cycle time as an effort to increase oil recovery in field scale. *EasyChair Preprint*.

Abdillah, I. (2018). Optimization of oil production in CO<sub>2</sub> flooding-enhanced oil recovery.

- Kristanto, D., H., & Paradhita, W. (2019). Penentuan swelling factor dan tekanan tercampur minimum untuk penerapan injeksi gas karbondioksida di lapangan minyak. *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*, 53(3), 179–192. <https://doi.org/10.29017/lpmgb.53.3.435>
- Putra, B. P., & Kiono, B. F. T. (2021). Mengenal enhanced oil recovery (EOR) sebagai solusi meningkatkan produksi minyak Indonesia. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 2(2), 84–100. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11152>
- Samadhi, T. W., Siagian, U. W. R., & Budiono, A. P. (2018). Minimum miscibility pressure computation in EOR by flare gas flooding. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 10(2), 61. <https://doi.org/10.5614/jtki.2011.10.2.3>
- Syafitri, N., & Arta, Y. (2022). Fuzzy-based screening system for determination of enhanced oil recovery (EOR) method in reservoir. *IT Journal Research and Development*, 6(2), 122–129. <https://doi.org/10.25299/itjrd.2022.8640>
- Ummah, M. S. (2019). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 1–14.
- Wardhani Astri, R. (2021). Studi sensitivitas untuk CO2.
- Widarsono, B., Chaniago, E., Sos, S. M. A. P., Haris, A., Si, S., Si, M., Trivianty, J., Jonathan, I., & Hadimuljono, S. (2021). Editorial team: Chief editor, managing editor, associate editor, international editorial boards. Retrieved from <https://journal.lemigas.esdm.go.id/index.php/SCOG/about/editorialTeam>