

ANALISIS PENGARUH INJEKSI KARBON DIOKSIDA TERHADAP NILAI VISKOSITAS MINYAK LAPANGAN XR

Raditya Reyhan Fery Katama¹, Diyah Rosiani^{1*}, Yogi Aditya²

¹Teknik Produksi Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu 58315, Indonesia

²Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi LEMIGAS, Jalan Ciledug Raya, Kavling 109 Cipulir, Kebayoran Lama, 12230, Indonesia

*E-mail: diyah.rosiani@esdm.go.id

ABSTRAK

Injeksi gas karbon dioksida merupakan salah satu metode *Enhance Oil Recovery* dalam peningkatan produksi minyak yang banyak digunakan karena telah terbukti efektif bahkan sejak tahun 1970. Salah satu dampak perubahan akibat injeksi karbon dioksida ini adalah nilai kekentalan atau viskositas dari minyak yang menurun. Nilai viskositas ini tentunya akan mempengaruhi mobilitas dari minyak dimana semakin baik mobilitasnya maka akan semakin mudah untuk diproduksi. Hal ini tentunya akan menambah nilai produksi dari suatu lapangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh karbon dioksida terhadap nilai viskositas minyak. Tiga sampel digunakan dengan kadar injeksi karbon dioksida yang berbeda-beda dengan alat viskometer *Rolling ball* dan Ostwald. Hasil yang diperoleh adalah penurunan viskositas pada tiap injeksinya, dimana semakin banyak injeksi karbon dioksida maka nilai viskositasnya akan semakin rendah.

Kata kunci: Viskositas, Karbon dioksida, *Enhance Oil Recovery*

1. PENDAHULUAN

Produksi minyak Indonesia telah mengalami penurunan menjadi sekitar 830 ribu BOPD. Tingkat produksi tersebut hanya sekitar 0,9% dari total produksi minyak dunia. Penyebab utama permasalahan ini adalah umur lapangan yang sudah tua (*mature*). Sebab lainnya termasuk upaya yang belum optimal pada perolehan minyak tahap primer dan sekunder [1]. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan injeksi gas CO₂ yang merupakan metode peningkatan perolehan tahap lanjut. Injeksi gas CO₂ telah menjadi salah satu cara umum di dunia sejak tahun 1970-an [2].

Injeksi CO₂ telah terbukti tidak hanya sebagai salah satu metode peningkatan perolehan minyak yang paling efektif namun juga memberikan nilai positif terhadap aspek lingkungan. Peningkatan perolehan minyak menggunakan injeksi CO₂ berkisar pada harga 5% hingga 20%. Di Amerika, terdapat lebih dari 100 proyek injeksi CO₂ yang mampu memproduksi minyak lebih dari 250.000 BOPD [3]. Injeksi CO₂ dalam kondisi misibel biasanya diterapkan pada minyak mentah ringan hingga sedang, sedangkan CO₂ tak larut lebih sering digunakan pada reservoir minyak berat. Mekanisme utama yang memungkinkan injeksi CO₂ secara larut meningkatkan perolehan minyak adalah melalui pembengkakan minyak (*oil swelling*) [4].

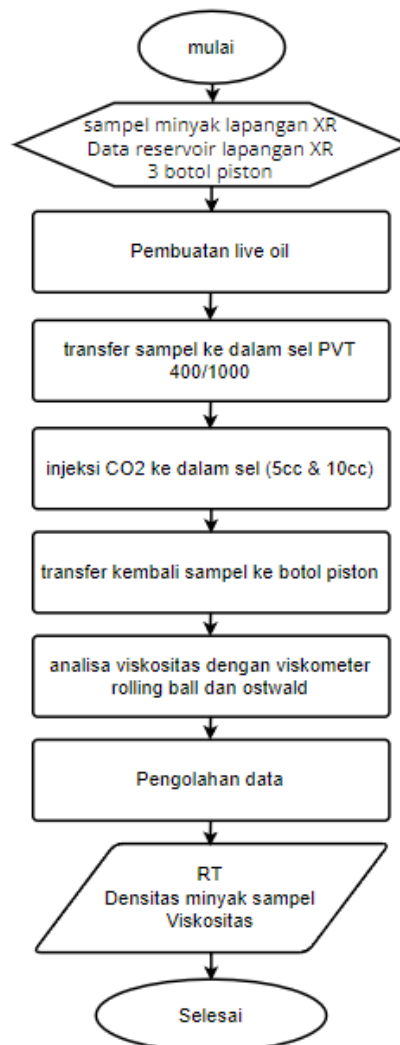
Salah satu mekanisme penting dalam injeksi CO₂ tak terlarut adalah pengurangan viskositas minyak mentah [5]. Saat CO₂ larut dalam minyak, volumenya meningkat, yang mengakibatkan penurunan viskositas minyak secara signifikan [6]. Potensi pengurangan viskositas ini meningkat dengan meningkatnya tekanan injeksi CO₂, tetapi menurun seiring peningkatan suhu [4]. Selain itu, semakin tinggi viskositas awal minyak mentah, semakin besar pengurangannya pada kondisi tekanan dan suhu yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa minyak dengan viskositas sangat tinggi akan mendapat manfaat besar dari pengurangan

viskositas ini [7]. Penurunan viskositas hingga 90% telah dilaporkan dalam beberapa kasus selama injeksi CO₂ tak misibel [8].

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh CO₂ terhadap nilai viskositas minyak dengan sampel yang berasal dari lapangan XR yang tergolong lapangan tua (*mature field*) dengan mekanisme pendorong gas terlarut (*solution gas drive*) yang terletak di Provinsi Jambi. Salah satu permasalahan lapangan ini adalah tenaga dorong reservoir yang telah menurun sehingga terjadi penurunan produksi. Sementara itu, lapangan ini berdekatan dengan sumber gas CO₂ dengan konsentrasi sekitar 30%- 80% yang berada di Cekungan Sumatera Selatan [9]. Hal ini dapat mendukung penerapan injeksi CO₂ di Lapangan XR dalam rangka meningkatkan perolehan minyak.

2. METODE

Alur penelitian diberikan detail pada Gambar 1 yang dilakukan di laboratorium. Dimulai dari persiapan sampel minyak, pembuatan *live oil* dan transfer sampel ke sel PVT 400/1000. Selanjutnya menginjeksikan CO₂ ke dalam sel dan mentransfer kembali ke botol piston. Langkah terakhir adalah menganalisa viskositas dan pengolahan dari hasil data yang diperoleh.



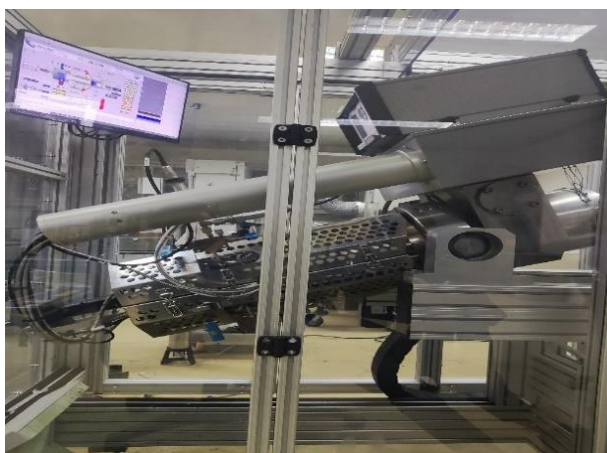
Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

A. Pembuatan *live oil*

Live oil merupakan sampel minyak yang telah disesuaikan nilai *Gas Oil Ratio* nya dengan kondisi asli pada reservoir dalam bentuk satu fasa fluida. Penelitian ini dilakukan pada Laboraturium PVT LEMIGAS, dimana sampel yang digunakan merupakan hasil sampling permukaan pada separator lapangan XR, sehingga diperoleh sampel minyak dan gas yang terpisah. Oleh karena itu perlu dilakukan recombine sampel dengan cara menekan botol piston berisi sampel gas ke dalam botol piston berisi sampel minyak. Pada percobaan ini kedua botol akan diberikan tekanan yang sama pada 5000 Psi dengan kondisi fluida *undersaturated* atau masih dalam bentuk satu fasa liquid. Setelah kedua botol sampel ditekan selanjutnya adalah dengan mengurangi tekanan pada botol piston berisi sampel gas dengan membuang air yang berada pada bagian bawah botol sehingga minyak akan terdorong masuk ke dalam botol gas. Banyaknya minyak dan gas yang digunakan akan disesuaikan dengan GOR (*Gas-Oil Ratio*) agar mendapat sampel yang valid atau sesuai dengan kondisi lapangan XR.

B. Injeksi CO₂

Sampel *live oil* yang telah dibuat selanjutnya akan dianalisa menggunakan alat PVT 400/1000 pada Gambar 2. Alat ini umumnya digunakan untuk menganalisa beberapa parameter pada fluida reservoir salah satunya adalah pencampuran gas CO₂ ke dalam sampel minyak dimana sampel *live oil* akan di dorong masuk ke dalam sel atau tempat sampel dengan pompa air pada tekanan 5000 psi, setelah sampel masuk ke dalam sel selanjutnya adalah dengan menginjeksi gas CO₂ dari botol piston ke dalam sel dengan tekanan yang sama yaitu pada 5000 psi. Pada penelitian ini digunakan 3 sampel dengan 0cc injeksi CO₂, 5cc injeksi CO₂ dan 10 cc injeksi CO₂.



Gambar 2. Alat PVT 400/1000

C. Analisa Viskositas Minyak

Pada penelitian kali ini, viskositas sampel akan diukur dengan dua alat yaitu Viskometer *Rolling Ball* dan juga Viskometer Ostwald. Pada *Rolling ball* sampel diukur dengan penurunan tekanan hingga tekanan saturasi sampel dan pada Ostwald sampel akan diukur dengan kondisi atau pada tekanan atmosfer.

1. Viskometer *Rolling Ball*

Alat ini seperti pada Gambar 3 digunakan dalam analisa viskositas sampel minyak dengan menghitung waktu bola jatuh pada kondisi tekanan dan temperatur tertentu. Sampel *live oil* yang telah dibuat pada botol piston akan ditransfer menuju sel atau barell pada viskometer. Sampel ditransfer dengan bantuan pompa air yang akan mendorong piston naik dengan tekanan 5000 psi. Setelah proses transfer maka selanjutnya sampel dipanaskan hingga temperatur reservoir tercapai, lalu bagian atas alat atau katup top dinyalakan (*hold*) sehingga daya magnet akan menyedot bola ke bagian atas, kemudian bola dilepaskan dengan mengubah katup top menjadi (*fall*) lalu catat waktu sampai bola besi tersebut sampai ke permukaan barrel (alarm akan berbunyi). Percobaan ini dilakukan berulang hingga hasil yang didapat konstan. Dari analisa ini akan di dapat nilai RT atau waktu rata-rata bola jatuh melewati sampel.

Viskositas dihitung dengan rumus sebagai berikut.

- Untuk tekanan diatas Pb :

$$\mu = 0.018236 \times RT \times \left(\text{Density Steel} - \frac{\rho_o Pb}{\rho_o P} \right) - 0.10815 \dots \dots \dots (1)$$
- Untuk tekanan pada Pb :

$$\mu = 0.018236 \times RT \times (\text{Density Steel} - \text{Density oil}) - 0.10815 \dots \dots \dots (2)$$



Gambar 3. Viskometer Rolling Ball

2. Viskometer Ostwald

Sedangkan pengukuran viskositas minyak pada tekanan atmosfer 14,07 psi atau pada tekanan 0 psig yaitu dengan menggunakan viskometer Ostwald pada Gambar 4. Alat ini dengan mengukur waktu yang diperlukan sampel minyak mencapai ketinggian tertentu. Sampel *live oil* dikeluarkan dari botol piston dan ditampung dengan beaker glass, sejumlah x ml sampel akan dimasukkan ke dalam pipa berbentuk U dan di tekan sampai ke dasar pipa, lalu lepaskan sampel dan catat waktu yang dibutuhkan sampel mencapai titik kedua (TC) dan catat Kembali waktu yang dibutuhkan sampel dari titik kedua sampai ke titik ketiga (TD). Nilai RT atau waktu yang sudah di dapat akan di konversikan ke dalam satuan *Rolling Ball* agar nilai viskositas yang didapat memiliki kesamaan satuan dengan pengukuran viskositas menggunakan viskometer *Rolling Ball*. Viskositas sampel dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\mu C = C \times Constanta \times Density 60^{\circ}F \times VRF$$

$$\mu D = D \times Constanta \times Density 60^{\circ}F \times VRF$$

$$\mu_o = \frac{(\mu C + \mu D)}{2} \dots\dots\dots(3)$$



Gambar 4. Viskometer Ostwald

3. PEMBAHASAN

A. Penentuan Nilai Viskositas

Untuk mengetahui pengaruh CO₂ dalam minyak maka akan dilakukan analisa viskositas pada tiga sampel uji dengan konsentrasi injeksi yang berbeda-beda yaitu sampel tanpa injeksi CO₂, sampel dengan injeksi 5cc CO₂ dan sampel dengan injeksi 10cc CO₂. Sampel yang telah dibuat dengan alat PVT 400/1000 selanjutnya akan dilakukan pengukuran nilai viskositasnya dengan viskometer *Rolling Ball* dan juga Ostwald.

Dari analisa sampel original lapangan XR pada Laboraturium PVT LEMIGAS dengan viskometer *Rolling ball* dan Ostwald diperoleh hasil analisa berupa nilai waktu (sec) dan juga densitas minyak pada setiap tekanannya melalui pengukuran densitas. Selanjutnya adalah perhitungan nilai viskositas dengan persamaan (1), (2) dan juga (3) didapatkan hasil pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Viskositas Sampel Tanpa Injeksi CO₂

Tekanan (psi)	RT (sec)	Densitas Minyak (gr/cc)	Viskositas (cp)
5007	4,73	0,9682	0,4824
4504	4,66	0,9713	0,4739
4006	4,6	0,9742	0,4666
3510	4,53	0,9779	0,4581
2487	4,4	0,9846	0,4423
2005	4,34	0,9886	0,4351
1513	4,27	0,9932	0,4266
1212	4,23	0,9963	0,4218

1034	4,21	0,998	0,4194
952	4,2	0,9989	0,4182
914 (Pb)	4,2	0,7856	0,4182
700	4,3	0,7859	0,4308
500	4,37	0,786	0,4395
300	4,44	0,7858	0,4483
150	4,48	0,7856	0,4533
0	7,43	0,8033	0,8205

Tabel 2. Viskositas Sampel Injeksi 5cc CO₂

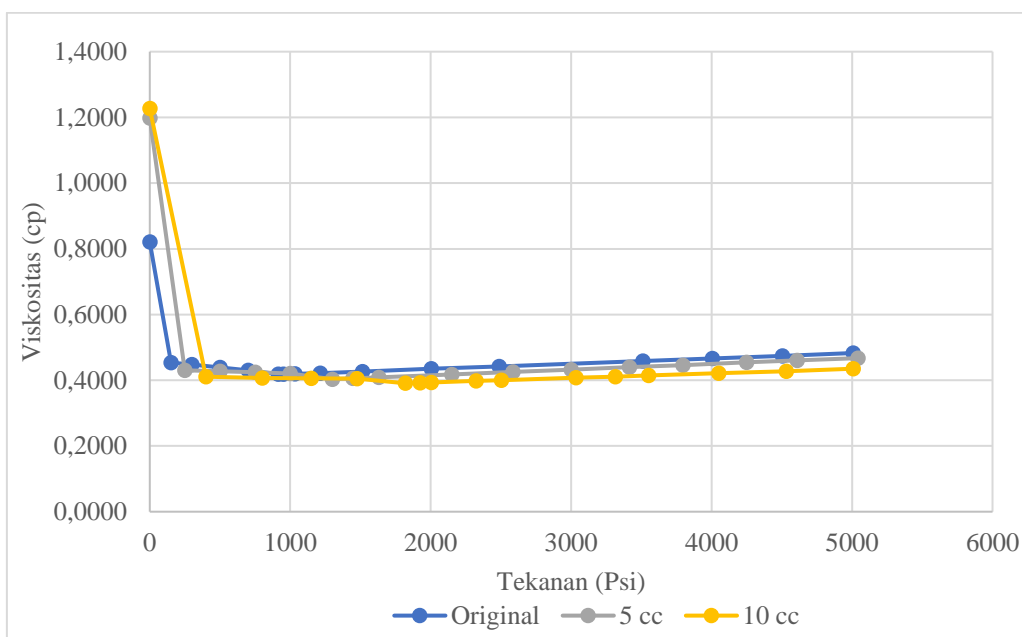
Tekanan (psi)	RT (sec)	Densitas Minyak (gr/cc)	Viskositas (cp)
5043	4,61	0,9676	0,4675
4609	4,55	0,9706	0,4602
4249	4,5	0,9733	0,4542
3796	4,43	0,9766	0,4456
3415	4,38	0,9795	0,4396
3000	4,32	0,9829	0,4323
2584	4,26	0,9865	0,425
2150	4,2	0,9899	0,4177
1630	4,13	0,9948	0,4093
1445	4,1	0,9976	0,4057
1300 (Pb)	4,08	0,7844	0,4033
1000	4,22	0,7845	0,4208
750	4,25	0,7838	0,4246
500	4,27	0,7829	0,4272
250	4,29	0,7818	0,4298
0	10,45	0,8043	1,1979

Tabel 3. Viskositas Sampel Injeksi 10cc CO₂

Tekanan (psi)	RT (sec)	Densitas Minyak (gr/cc)	Viskositas (cp)
5007	4,35	0,9647	0,4349
4532	4,29	0,9691	0,4277
4050	4,24	0,9739	0,4218
3552	4,18	0,979	0,4146
3314	4,15	0,9811	0,411
3033	4,12	0,9845	0,4075
2503	4,06	0,9906	0,4003
2322	4,04	0,993	0,3979
2005	4	0,997	0,3932

1925	3,99	0,9982	0,3920
1820 (Pb)	3,98	0,7834	0,3908
1475	4,09	0,7829	0,4047
1150	4,1	0,7817	0,4060
800	4,11	0,7802	0,4074
400	4,14	0,7785	0,4113
0	10,68	0,805	1,2271

B. Analisa perubahan Viskositas Sampel Lapangan XR:



Gambar 5. Grafik Perbandingan Nilai Viskositas Sampel Tanpa Injeksi CO₂ Dengan Sampel Injeksi CO₂ 5cc dan 10cc

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa tekanan mula mula berada diatas tekanan *bubble point*, dengan penurunan tekanan sampai dengan *bubble point* (900 Psi, 1300 Psi dan 1820 Psi), nilai viskositas akan turun ketika masih dalam kondisi undersaturated atau masih dalam 1 fasa yaitu fasa liquid dan akan naik kembali saat mencapai tekanan di bawah tekanan *bubble point* karena terjadi pembebasan gas dari minyak dimana kondisi fluida sudah terdiri dari 2 fasa yaitu fasa liquid dan gas. Dari ketiga sampel tersebut sampel dengan injeksi CO₂ paling banyak sebesar 10cc memiliki nilai viskositas terendah sebesar 0,3908 cp begitupun sebaliknya sampel tanpa injeksi CO₂ memiliki nilai viskositas paling tinggi sebesar 0,4182 cp. Hal ini menyatakan konsentrasi CO₂ dalam minyak akan mempengaruhi nilai viskositas minyak itu sendiri semakin banyak konsentrasi CO₂ yang terdapat pada minyak maka nilai viskositas minyak akan semakin menurun, dengan adanya penurunan viskositas minyak di reservoir, maka mobilitas minyak akan meningkat, karena mobilitas dapat didefinisikan sebagai permeabilitas fase minyak dibagi dengan viskositas minyak [10].

4. KESIMPULAN

Pada penelelitan ini dapat disimpulkan bahwa gas CO₂ yang bercampur dengan minyak dapat memberikan dampak terhadap penurunan nilai kekentalan atau viskositas dari minyak itu sendiri. Minyak tanpa injeksi CO₂ mempunyai nilai viskositas yang lebih tinggi sebesar 0,4182 cp dan terus menurun seiring dengan banyaknya penambahan gas CO₂ pada sampel injeksi 5cc CO₂ dan juga sampel injeksi 10cc CO₂. Dengan adanya penurunan viskositas ini juga akan memberikan dampak keuntungan pada mobilitas minyak yang semakin baik atau mudah untuk di produksi sehingga nilai produksi minyak pada lapangan XR ini akan semakin tinggi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muslim, dan Permadi, A. K. 2016. Pencampuran Gas CO₂ untuk Menurunkan Tekanan Tercampur Minimum: Studi Kasus pada Lapisan AB-4 dan AB-5 Formasi Air Benakat, Cekungan Sumatera Selatan CO₂. Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi IATMI, 10
- [2] Amanda, D., dan Marhaendrajana, T. 2013. Studi Teknik Peningkatan Perolehan Minyak Dengan Metode Injeksi CO₂ Menggunakan Uji Laboratorium dan Simulasi Reservoir. Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi IATMI, 4.
- [3] Zhou, D., Yan, M., dan Calvin, W. M. 2012. Optimization of a Mature CO₂ Flood — From Continuous Injection to WAG. SPE 154181 (April).
- [4] Fakher, S., Imqam, A., 2020. An experimental investigation of immiscible carbon dioxide interactions with crude oil: Oil swelling and asphaltene agitation. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117380>.
- [5] Fakher, S. 2019. Investigating Factors that May Impact the Success of Carbon Dioxide Enhanced Oil Recovery in Shale Reservoirs. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/199781-STU.
- [6] Gao, C. et al., 2013. Heavy Oil Production by Carbon Dioxide Injection. Greenhouse Gases Science and Technology Journal, Society of Chemical Industry and John Wiley & Sons. 185-195.
- [7] Klins, M.A. and Ali, S.M.F, 1982. Heavy Oil Production by Carbon Dioxide Injection. Society of Petroleum Engineers. Journal of Canadian Petroleum Technology 1982. doi:10.2118/82-05-06.
- [8] Kang, S., 2013. Scientific Research and Field Application of CO Immiscible Flooding in Heavy Oil Recovery. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/165210-MS.
- [9] Abdurrahman, M., Bae, W., dan Kim, S. 2015. CO₂ Sources and Future EOR Prospects In Sumatra Island-Indonesia. World Congress on Advances in Civil, Environmental, and Materials Research (ACEM15).
- [10] Fakher, S., Imqam, A., 2020. A simplified method for experimentally quantifying crude oil swelling during immiscible carbon dioxide injection. <https://doi.org/10.1007/s.13202-020-00867-8>.

Daftar Simbol

RT	= Waktu jatuh bola besi hingga dasar barrel
Density Steel	= Densitas bola besi (13,14549 gr/cc)
Density Oil (ρ_o)	= Berat jenis sampel
Pb	= Tekanan Buble Point sampel minyak
C dan D	= Waktu yang diperlukan untuk mencapai batas II dan III.
Constanta	= Konstanta Viskometer Ostwalt
Density	= Densitas minyak pada 60°F.
VRF	= Volume Reduction Factor.
μ_o	= Viskositas total