

Studi Awal Pemanfaatan Rumput Laut dan Daun Cincau Hijau Sebagai Kandidat Bahan Alternatif untuk Injeksi Polimer EOR

Miftah Huljannah, Fitra Ayu Lestari, Tomi Erfando *

Departemen Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau,
Jl. Kaharuddin Nasution No.113 P. Marpoyan Pekanbaru Riau, Indonesia 28284

Abstrak

Penurunan kapasitas produksi minyak mentah pada sumur tua yang disebabkan ketidakmampuan untuk mengangkat minyak ke permukaan dengan metode primer dan sekunder membutuhkan teknologi baru yang disebut tersier yaitu berupa injeksi polimer. Polimer yang biasa digunakan dalam injeksi polimer terbagi menjadi tiga yaitu polimer sintesis, biopolimer, dan polimer alam. Beberapa polimer alam yang sering dijumpai yaitu rumput laut dan daun cincau. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi polimer alternatif terbarukan sebagai material injeksi polimer dengan mengetahui karakteristik awal seperti viskositas, kompatibilitas dan pengaruh shear rate. Pengujian dilakukan dengan metode eksperimental yang memiliki beberapa tahapan yaitu pengeringan, penghancuran hingga menjadi bubuk, dan membuat larutan polimer pada salinitas yang berbeda. lalu polimer didiamkan selama lebih dari 24 jam hingga dilakukan pengujian. Polimer yang diuji berasal dari beberapa bahan yaitu rumput laut, daun cincau, dan xanthan gum sebagai pembandingan. Parameter yang digunakan yaitu konsentrasi polimer yang dilarutkan pada berbagai salinitas. Hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan bahwa karakteristik dari rumput laut dan daun cincau hijau terhadap kontrol memiliki kesamaan yaitu mengalami penurunan viskositas seiring meningkatnya salinitas. Larutan rumput laut dan daun cincau bersifat kompatibel dengan air formasi ditunjukkan dengan campuran larutan yang homogen dan tidak terdapat gumpalan serta uji shear rate menunjukkan bahwa polimer yang terbentuk bersifat pseudoplastik.

Kata kunci: kompatibilitas; injeksi polimer; shear rate; salinitas; viskositas

Abstract

[Title: Preliminary Study on The Utilization Of Seaweed and Green Grass Jelly Leaves as Candidate Alternatives for EOR Polymer] The declining in production can occur because wells that have been producing for a long time are no longer able to lift oil to the surface in primary and secondary ways. Therefore, tertiary methods such as chemical injection like polymer flooding were carried out. Polymers commonly used in flooding polymers are divided into three namely synthetic polymers, biopolymers, and natural polymers. Natural polymers have abundant sources such as seaweed and grass jelly. This study was aimed to identify alternative renewable polymers as flooding polymer materials by knowing initial characteristics such as viscosity, compatibility and the effect of shear rates. This test was carried out by an experimental method with several stages, namely drying, crushing to powder, and making polymers that were dissolved into brines that have different salinity. Then the polymer was allowed to stand for more than 24 hours until it was tested. The material tested was seaweed, grass jelly, and biopolymer xanthan gum as a comparison. The parameters used are polymer concentrations of 1000 ppm, 2000 ppm and 3000 ppm with each salinity of 3000 ppm, 9000 ppm and 15000 ppm. The test results showed that the characteristics of natural polymers were the same as biopolymers, the viscosity decreased as the brines salinity increased. The absence of sedimentation resulted from Seaweed and grass jelly solution and formation water indicated that the polymers had good compatibility and shear rate test has shown that the polymers are pseudoplastic.

*) Penulis Korespondensi.

E-mail: tomierfando@eng.uir.ac.id

Keywords: compatibility; polymer flooding; shear rate; salinity; viscosity

1. Pendahuluan

Permasalahan penurunan produksi minyak mentah sering terjadi karena bertambahnya waktu produksi sumur yang menjadikan *primary* dan *secondary recovery* tidak lagi mampu mendorong minyak ke permukaan (Erfando *dkk.*, 2019; Yasahardja *dkk.*, 2018). Untuk itu diperlukan usaha pengurusan tahap lanjut berupa *chemical injection* salah satunya adalah injeksi polimer. Denney (2015) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa terjadi peningkatan produksi dengan menginjeksikan polimer berkonsentrasi tinggi sebanyak 2500 mg/L pada sumur minyak di Lapangan Daqing China. Polimer yang larut dalam air diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu polimer sintesis, biopolimer dan polimer alam (Audibert-hayet *dkk.*, 1999). Sedangkan menurut Novriansyah (2014) polimer yang paling sering digunakan untuk EOR adalah *polyacrilamide* dan polisakarida. Akan tetapi, polimer yang biasa digunakan tersebut memiliki kekurangan seperti *hydrolyzed polyacrylamide* (HPAM) yang rentan terhadap kondisi *reservoir* yang keras termasuk salinitas, suhu, dan gaya geser yang tinggi (Abidin *dkk.*, 2012). Sedangkan biopolimer xanthan gum memiliki kekurangan seperti biaya yang cukup tinggi serta rentan terhadap biodegradasi di dalam *reservoir*. Polimer alam memiliki kelebihan yaitu sumbernya yang banyak terdapat di alam seperti polisakarida yang terdapat didalam beberapa tumbuhan seperti alga/rumput laut (Samudra & Chintama, 2018) dan daun cincau (Nurdin *dkk.*, 2012).

Mori (1998) dalam bukunya menjelaskan bahwa komponen utama rumput laut adalah karbohidrat alami yang sering digunakan pada berbagai industri terutama kandungan polisakarida seperti agar, alginat, dan keragenin. Kandungan polisakarida dalam rumput laut kering dapat mencapai 38-54% Lahaye, 1997 dalam (Lahaye & Robic, 2007). Nurdin *dkk.*, (2012) dalam penelitiannya menerangkan bahwa kekentalan dari gel daun cincau berasal dari polisakarida pektin sebesar 40%. HPAM (Wicaksono & Yuliansyah, 2015) dan Xanthan Gum (Kasmungin & Santoso, 2017) menunjukkan bahwa kedua polimer ini mengalami penurunan viskositas ketika *shear rate*, salinitas, dan suhu meningkat. Dari beberapa penelitian diatas, belum ada penelitian yang menjadikan rumput laut dan daun cincau untuk dijadikan polimer alternatif yang bisa digunakan untuk injeksi kimia. Rumput laut dan daun cincau dapat dijadikan sebagai bahan baku polimer karena mudah didapat dan juga sangat ekonomis.

Pada penelitian ini, polimer dari rumput laut dan daun cincau hijau akan dibandingkan dengan polimer komersil xanthan gum. Karakteristik seperti viskositas, kompatibilitas, dan pengaruh *shear rate* dari polimer rumput laut dan daun cincau hijau akan diteliti untuk

mengetahui kelayakan polimer pada industri perminyakan.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades, rumput laut hijau lokal yang didapat dari Pasar Pagi Pasir Putih. Daun cincau hijau, NaCl dengan berat molekul 58.443 g/mol dan kemurnian 99%, Xanthan Gum yang digunakan merupakan produk *multi chemical indotrading* yang didapat dari *e-commerce* indonesia. Air formasi sumur X lapangan Y.

2.2. Proses pembuatan polimer

Proses pembuatan biopolimer ini sama dengan proses yang dilakukan oleh Nurdin *dkk.*, (2012) yaitu sampel dikeringkan pada suhu 50°C selama 12 jam, lalu dihaluskan dengan blender dan disaring untuk mendapatkan bubuk polimer. Selanjutnya bubuk polimer dilarutkan kedalam *brine* dengan suhu 100°C, dan didiamkan selama lebih dari 24 jam. Parameter yang digunakan yaitu konsentrasi polimer 1000 ppm, 2000 ppm, dan 3000 ppm dengan masing-masing salinitas *brine* yaitu 3000 ppm, 9000 ppm, dan 15000 ppm.

2.3. Uji Viskositas

Pengujian ini menggunakan alat *Viscometer Ostwald* dengan memasukkan sampel polimer 10 mL kedalam alat dan memulai pengujian dengan cara membuka tutupnya (*ball valve*) dan mengukur waktu alir sampel dengan menggunakan *stopwatch* sampai batas yang ditentukan (Kasmungin & Santoso, 2017). Adapun menghitung viskositas dengan persamaan 1 dan 2.

$$\gamma = 1.704 \times RPM \quad (1)$$

$$\mu_a = \left(\frac{5077 \times C}{\gamma} \right) \times 100 \quad (2)$$

dimana γ adalah *shear rate* (sec^{-1}), μ_a adalah *apparent viscosity* (cP), C adalah konstanta sedangkan RPM merupakan *Rotate per minute*

2.4. Uji Kompatibilitas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemungkinan terjadinya endapan baru dari larutan polimer yang dibuat (Yasahardja *dkk.*, 2018). Pengujian ini dilakukan dengan memasukkan 3 mL sampel polimer kedalam 10 mL air formasi kedalam tabung reaksi. Lalu dipanaskan di dalam oven dengan suhu 50°C, 60°C, dan 70°C selama 3 jam.

2.5. Uji Shear rate

Pengujian ini dilakukan untuk melihat pengaruh dari *shear rate* terhadap *apparent viscosity* dari sampel polimer. Adapun alat yang digunakan adalah *Model 35 Viscometer*, cara penggunaannya yaitu memasukkan sampel polimer kedalam cawan kecil menyesuaikan *rotor* dan *bob* sampai terendam kedalam

fluida polimer hingga tanda batas. Atur rotor dengan kecepatan 300 RPM, catat skala (*dial*) pada saat seimbang. Setelah itu naikan kecepatan rotor menjadi 600 RPM, dan catat skala (*dial*) pada saat seimbang (Rita *dkk.*, 2019). Adapun persamaan digunakan adalah Persamaan 3 dan 4..

$$\gamma = 1.704 \times \text{RPM} \quad (3)$$

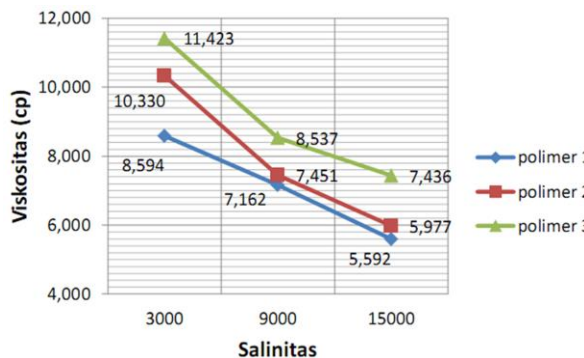
$$\mu_a = \left(\frac{5.077 \times C}{\gamma} \right) \times 100 \quad (4)$$

dimana γ adalah *shear rate* (sec-1), μ_a adalah apparent viscosity (cP), C merupakan konstanta, RPM adalah Rotate per Minute.

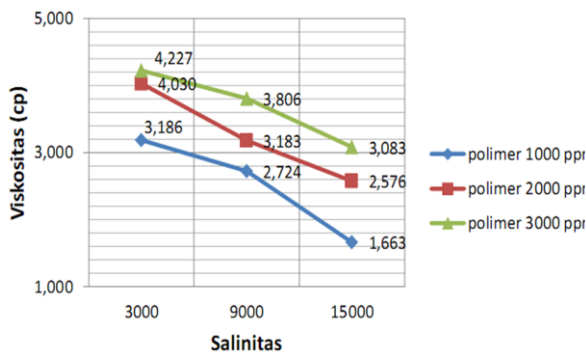
Sebagai contoh:

Kecepatan yang digunakan sebesar 300 RPM dengan konstanta 10.32, maka:

$$\begin{aligned} \gamma &= 1.704 \times \text{RPM} \\ \gamma &= 1.704 \times 300 = 511.2 \\ \mu_a &= \left(\frac{5.077 \times C}{\gamma} \right) \times 100 \\ \mu_a &= \left(\frac{5.077 \times 10.3}{511.2} \right) \times 100 = 10.25 \text{ cP} \end{aligned}$$



Gambar 1. Grafik hubungan viskositas terhadap salinitas polimer rumput laut



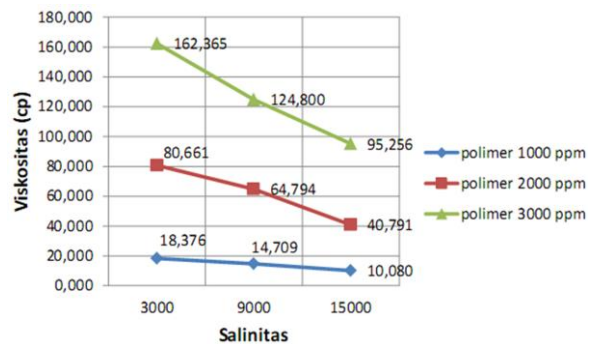
Gambar 2. Grafik hubungan viskositas terhadap salinitas polimer daun cincau

3. Hasil dan Pembahasan

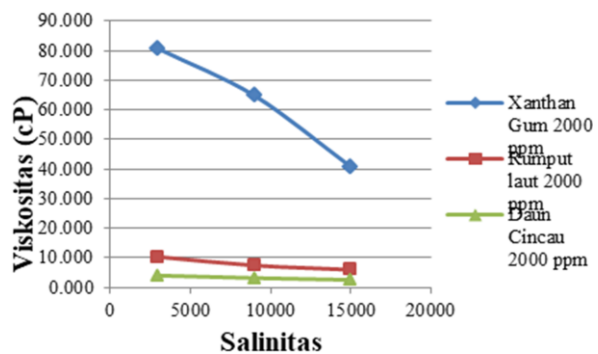
3.1. Uji Viskositas

Reologi larutan polimer rumput laut (Gambar 1), daun cincau hijau (Gambar 2), dan xanthan gum (Gambar 3) menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi polimer maka viskositas akan semakin tinggi. Hal ini juga dilaporkan oleh (Agi *dkk.*, 2020) yang mengamati bahwa semakin banyak interaksi antar molekul maka larutan akan semakin kental.

Tingginya tingkat salinitas sangat mempengaruhi tingkat dari viskositas suatu larutan (Khalid *dkk.*, 2020). Gambar 4 merupakan Gambar perbandingan rumput laut, daun cincau, dan xanthan gum (konsentrasi sama-sama 2000 ppm) pada salinitas yang berbeda (3.000, 9.000, dan 15.000 ppm). Hasil pengujian menunjukkan semakin tinggi salinitas maka viskositas akan semakin rendah. Hal itu dikarenakan adanya ion logam (Na+) yang menarik rantai polimer yang berasal dari garam (NaCl) sehingga menyebabkan rantai polimer menjadi lebih pendek (Wicaksono & Yuliansyah, 2015). Selain itu, kandungan garam juga dapat menyebabkan turunnya volume hidrodinamik dan tolakan elektrostatis partikel sehingga viskositas menurun (Agi *dkk.*, 2020).



Gambar 3. Grafik hubungan viskositas terhadap salinitas xanthan gum



Gambar 4. Grafik hubungan viskositas terhadap salinitas polimer pada konsentrasi polimer 2000 ppm

Gambar 4 juga menunjukkan bahwa viskositas polimer rumput laut dan daun cincau hijau berbeda jauh dengan viskositas xanthan gum. Hal ini bisa disebabkan oleh adanya degradasi yang terjadi saat proses ekstraksi hingga dapat menurunkan berat molekul dari rumput laut dan daun cincau yang berakibat pada penurunan viskositasnya (Vold & Kristiansen, 2006). Selain itu, proses ekstraksi yang lama membuat fragmentasi polimer terlalu lama terpapar suhu tinggi sehingga menurunkan viskositasnya (Herliany *dkk.*, 2013).

3.2. Uji Kompatibilitas

Kompatibilitas polimer menjelaskan pencampuran suatu polimer dengan suatu bahan aditif atau suatu larutan yang menyatakan hasilnya dapat bercampur atau tidak. Uji kompatibilitas harus dilakukan untuk kandidat injeksi kimia termasuk surfaktan (Erfando *dkk.*, 2020) dan polimer. Bila antara bahan aditif/pelarut tidak terjadi interaksi, maka akan terjadi campuran koloid ataupun suspensi yang tidak kompatibel. Pengujian dilakukan dengan mencampurkan polimer dan air formasi dan diletakkan didalam oven dengan variasi suhu yaitu 50°C, 60°C, dan 70°C.

Biasanya sumur produksi minyak mentah memiliki air formasi yang mengandung ion-ion calsium,

barium, carbonat, sulfat, magnesium, natrium, dan klorida (Ahmad & Said, 2016). Jika membuat larutan dengan air formasi, maka akan ada reaksi kimia antara anion terlarut dengan kation-kation air formasi sehingga terjadi endapan (Tobing & Eni, 2013).

Dari hasil pengamatan pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3 terlihat bahwa polimer rumput laut, daun cincau, dan xanthan gum kompatibel terhadap air formasi, tidak terdapat endapan maupun emulsi pada suhu 50°C, 60°C, dan 70°C. Menurut Muspidah & Hambali, (2017) larutan dikatakan kompatibel jika larutan tidak memiliki endapan ataupun gumpalan saat sebelum maupun sesudah pendiaman di dalam oven dengan suhu *reservoir*. Tidak adanya endapan mengidentifikasi tidak adanya ikatan anion-kation antara polimer dengan air formasi (Tobing & Eni, 2013). Hasil ini juga dilaporkan oleh (Yasahardja *dkk.*, 2018) yang menjelaskan tidak adanya endapan dikarenakan pengadukan yang sudah sesuai yaitu tidak sebentar dan juga tidak terlalu lama. Faktor lain yang menyebabkan tidak adanya endapan karena konsentrasi yang digunakan tidak terlalu besar. Besarnya konsentrasi yang digunakan dapat meningkatkan puing selular sehingga terbentuk endapan (Kourki & Famili, 2012; Obuebite *dkk.*, 2018)

Tabel 1. Hasil pengamatan kompatibilitas polimer rumput laut

Konsentrasi Polimer	Konsentrasi Salinitas	Suhu		
		50°C	60°C	70°C
1000 ppm	3000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	9000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	15000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
2000 ppm	3000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	9000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	15000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
3000 ppm	3000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	9000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	15000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan

Tabel 2. Hasil pengamatan kompatibilitas polimer daun cincau

Konsentrasi Polimer	Konsentrasi Salinitas	Suhu		
		50°C	60°C	70°C
1000 ppm	3000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	9000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	15000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
2000 ppm	3000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	9000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	15000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
3000 ppm	3000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	9000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	15000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan

3.3. Uji *Shear rate*

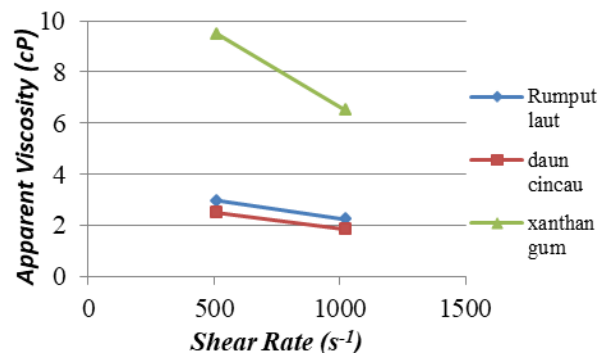
Larutan polimer termasuk kedalam fluida non-newtonian yang diklasifikasikan sebagai laju geser yang dapat merubah viskositas larutan (Zhang dkk., 2011). Ditandai dengan viskositas yang berkurang ketika *shear rate* nya meningkat (Wang dkk., 2003). pada penelitian ini, pengukuran *shear rate* dilakukan dari RPM 300 menuju 600 RPM. Hal ini dilakukan untuk melihat ketahanan polimer saat *shear rate* meningkat. Dari Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7 menunjukkan penurunan *Apparent viscosity* polimer rumput laut yang dipengaruhi oleh peningkatan *shear rate* dan terlihat penurunannya tidak lebih dari 1 cp. Begitu pula yang terjadi pada polimer daun cincau. Sedangkan pada hasil pengujian xanthan gum mengalami penurunan viskositas kurang dari 9 cp saat *shear rate* meningkat. Nilai viskositas berkurang seiring meningkatnya *shear rate* yang menandakan bahwa polimer alami berbahan

rumput laut dan daun cincau termasuk kedalam fluida non-newtonian dengan jenis *pseudoplastic*.

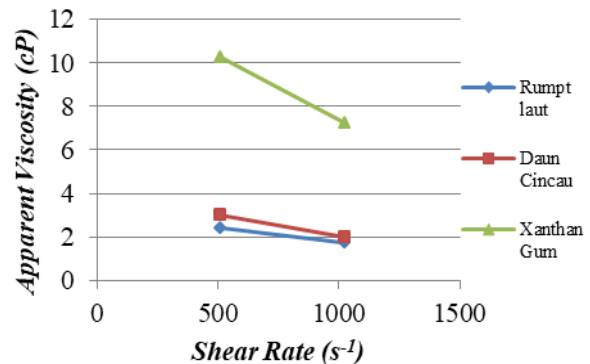
Apparent viscosity polimer menurun seiring kenaikan *shear rate*, hal ini disebabkan karena semakin tinggi *shear rate*, hal itu dapat merusak rantai polimer sehingga menurunkan viskositas polimer tersebut (Abrahamsen, 2012). Polimer rumput laut dan daun cincau mengalami penurunan yang relatif kecil karena polimer rumput laut dan daun cincau tidak membentuk gel sehingga gesekan yang terjadi saat *rotor* bergerak tidak besar. Hasil ini juga dilaporkan oleh (Xia dkk., 2018) kecilnya pengaruh *shear rate* terhadap penurunan viskositas disebabkan oleh gaya ineren dari gesekan internal antar molekul polimer menahan tegangan geser yang mengubah matrik molekul polimer. Sifat non-newtonian akan menguntungkan karena ketika diinjeksikan dengan *rate* tertentu akan mengurangi viskositasnya tapi viskositas ini akan meningkat lagi ketika di *reservoir* (Ayoola dkk., 2018).

Tabel 3. Hasil pengamatan kompatibilitas biopolymer xanthan gum

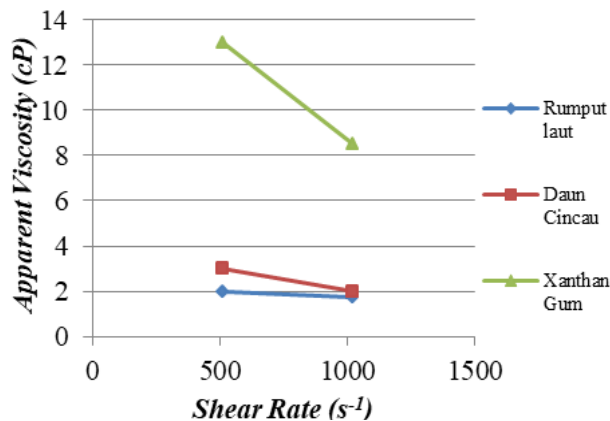
Konsentrasi Polimer	Konsentrasi Salinitas	Suhu		
		50°C	60°C	70°C
1000 ppm	3000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	9000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	15000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
2000 ppm	3000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	9000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	15000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
3000 ppm	3000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	9000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan
	15000 ppm	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan	jernih, tidak ada endapan



Gambar 5. Grafik *Apparent viscosity* terhadap *shear rate* polimer pada salinitas 3000 ppm



Gambar 6. *Apparent viscosity* terhadap *shear rate* polimer pada salinitas 9000 ppm



Gambar 7. Apparent viscosity terhadap shear rate polimer pada salinitas 15000 ppm.

4. Kesimpulan

Viskositas polimer rumput laut, daun cincou, dan xanthan gum sama-sama mengalami penurunan seiring meningkatnya salinitas *brine*. Formulasi polimer rumput laut, daun cincou, dan xanthan gum kompatibel terhadap air formasi yang menunjukkan tidak ada gumpalan dan endapan setelah dipanaskan pada suhu 50°C, 60°C, dan 70°C. Pengaruh yang ditimbulkan oleh pengujian *shear rate* pada polimer rumput laut, daun cincou, dan xanthan gum menunjukkan jika polimer merupakan fluida non-newtonian. Rendahnya viskositas pada polimer rumput laut dan daun cincou dibanding dengan xanthan gum disebabkan oleh tidak cocoknya metode ekstraksi. Tapi berdasarkan uji laboratorium, polimer rumput laut dan daun cincou hijau bisa dijadikan polimer alternatif. Hal itu dikarenakan kecilnya penurunan viskositas ketika dilarutkan dengan berbagai salinitas mengidentifikasi jika polimer tahan terhadap salinitas yang tinggi. tidak terdapatnya perubahan warna dan endapan pada larutan polimer serta polimer bersifat pseudoplastik.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Fakultas Teknik khususnya Program Studi Teknik Perminyakan yang telah menyediakan sarana dan prasarana guna mendukung keberhasilan penelitian ini dan URP PT. Chevron Pacific Indonesia yang mendukung publikasi artikel ini.

Daftar Pustaka

- Abidin, A. Z., Puspasari, T., & Nugroho, W. A. (2012). Polymers for Enhanced Oil Recovery Technology. *Procedia Chemistry*, 4, 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2012.06.002>
- Abrahamsen, A. (2012). Applying Chemical EOR on the Norne Field C-Segment. *Master of Science in Engineering and ICT Norwegian University of*

Science and Technology, June.

- Agi, A., Junin, R., Abdullah, M. O., Jaafar, M. Z., Arsad, A., Sulaiman, W. R. W., Norddin, M. N. A. M., Abdurrahman, M., Abbas, A., & Gbadamosi, A. (2020). Application of polymeric nanofluid in enhancing oil recovery at *reservoir* condition. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 107476.
- Ahmad, N. M., & Said, L. (2016). Analisa Air Formasi Dalam Menentukan Kecenderungan Pembentukan Scale pada Sumur X, Y dan Z. *Prosiding seminar nasional cendekiawan*.
- Audibert-hayet, A., Rousseau, L., Français, I., Mcgregor, W. M., & Nicora, L. F. (1999). Novel Hydrophobically Modified Natural Polymers for Non-Damaging Fluids. *Offshore Europe Oil and Gas Exhibition and Conference. Society of Petroleum Engineers*.
- Ayoola, A. A., Sanni, S. E., Ajayi, M. O., Ojo, T. O., Omonigbeyin, O., Ajayi, A. A., & Olawole, C. O. (2018). Production Of A Novel Bio-Polymer For Enhanced Oil Recovery And Modelling The Polymer Viscosity Using Artificial Neural Network (ANN). *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 9(12), 563–574.
- Denney, D. (2015). Effect of Elasticity on Displacement Efficiency: High-Concentration-Polymer Flooding. *Journal of Petroleum Technology*, 61(01), 50–51.
- Erfando, T., Putra, D. F., Oktavia, C., & Syukri, M. (2020). Initial Study Compatibility Testing Of AmphotericNonionic Surfactant Combination Towards Formation. *Solid State Technology*, 63(1s), 1343–1349.
- Erfando, T., Rita, N., & Ramadhan, R. (2019). The Key Parameter Effect Analysis Of Polymer Flooding On Oil Recovery Using *Reservoir* Simulation. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 4(1), 49–55.
- Herliany, N. E., Santoso, J., & Salamah, E. (2013). Karakteristik biofilm berbahan dasar karaginan. *Jurnal akuatika*, 4(1).
- Kasmungin, S., & Santoso, A. (2017). Kajian Awal Laboratorium Mengenai Viskositas Polimer Terhadap Pengaruh Salinitas, Temperatur dan Konsentrasi Polimer (Laboratorium Study). *Seminar Nasioanal Cendekiawan*, 1–6.
- Khalid, I., Lestari, F. A., Afdhol, M. K., & Hidayat, F. (2020). Potensi biopolimer dari ekstraksi nanoselulosa daun kapas sebagai agen peningkatan viskositas pada injeksi polimer. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 9(4), 146–153.
- Kourki, H., & Famili, M. H. N. (2012). Particle sedimentation: Effect of polymer concentration on

- particle–particle interaction. *Powder technology*, 221, 137–143.
<https://doi.org/doi:10.1016/j.powtec.2011.12.050>
- Lahaye, M., & Robic, A. (2007). Structure and functional properties of ulvan, a polysaccharide from green seaweeds. *Biomacromolecules*, 8(6), 1765–1774.
- Mori, T. (1998). Seaweed polysaccharides. *Advances in carbohydrate chemistry*, 8, 315–350.
- Muspidah, & Hambali, E. (2017). Palm oil anionic surfactants based emulsion breaker (Case study of emulsions breaker at Semanggi Field production wells) Palm oil anionic surfactants based emulsion breaker (Case study of emulsions breaker at Semanggi Field production wells). in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 65(1), 012033.
- Novriansyah, A. (2014). Pengaruh Penurunan Permeabilitas Terhadap Laju Injeksi Polimer Pada Lapangan Y. *Journal of Eart, Energy, Engineering.*, 3(1), 25–30.
- Nurdin, S. U., Suharyono, A. ., & Rizal, Sa. (2012). Karakteristik Fungsional Polisakarida Pembentuk Gel Daun Cincau Hijau (*Premna Oblongifolia Merr*). *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 13(1), 4–9.
- Obuebite, A. A., Onyekonwu, M. O., Akaranta, O., & Uzoho, C. U. (2018). Effect of Salinity and Divalent Ions on Local Bio Polymers. *SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition*.
- Rita, N., Mursyidah, Erfando, T., Herfansyah, H., & Ramadhan, R. (2019). Laboratory study of additional use nano silica composite and bagasse ash to improve the strength of cement drilling. *IOP Conf. Series Science and Engineering*, 536(1. p. 012043).
- Samudra, A. G., & Chintama. (2018). Uji Perbandingan Efektivitas Antidiabetes Ekstrak Polisakarida dan Senyawa Polifenol Alga Coklat (*Sargassum Sp.*) Pada Mencit yang Diinduksi Aloksan. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 4(1), 48–52.
- Tobing, E. M., & Eni, H. (2013). Peningkatan Perolehan *Reservoir* Minyak'R'dengan Injeksi Alkali-Surfaktan-Polimer pada Skala Laboratorium. *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*, 47(2), 87–93.
- Vold, I. M. ., & Kristiansen, B. . (2006). A Study of the Chain Stiffness and Extension of Alginates , in Vitro Epimerized Alginates , and Periodate-Oxidized Alginates Using Size-Exclusion Chromatography Combined with Light Scattering and Viscosity Detectors. *Biomacromolecules*, 7(7), 2136–2146.
- Wang, W., Liu, Y., & Gu, Y. (2003). Application of a Novel Polymer System in Chemical Enhanced Oil Recovery (EOR). *Colloid and Polymer Science*, 281(11), 1046–1054.
- Wicaksono, H., & Yuliansyah, A. T. (2015). Karakterisasi Larutan Polimer KYPAM HPAM untuk Bahan Injeksi dalam Enhanced Oil Recovery (EOR). *Jurnal Rekayasa Proses*, 9(1), 9–15.
- Xia, W., Dong, X., Zhang, Y., & Ma, T. (2018). Biopolymer from marine *Athelia* and its application on heavy oil recovery in heterogeneous *reservoir*. *Carbohydrate polymers*, 195, 53–62.
- Yasahardja, Y., Setiawan, A., & Prihantini, A. (2018). Studi awal pemilihan polimer untuk digunakan pada injectivity dengan skala laboratorium. *Jurnal Migasian Akamigas Balongan Indramayu*, 1(2), 19–22.
- Zhang, Z., Li, J., & Zhou, J. (2011). Microscopic Roles of “ Viscoelasticity ” in HPMA polymer flooding for EOR. *Transport in porous media*, 86(1), 199–214.