

# Karakterisasi Biopolimer untuk Aplikasi *Microbial Profile Modification* (MPM) yang Dihasilkan oleh Isolat Bakteri BLCC N-197

Oleh:

Zulkifliani

## I. PENDAHULUAN

Eksplorasi minyak bumi secara konvensional masih terbatas jumlah produksinya; diperkirakan 1/3 dari kandungan minyak awal (OOIP) dari cadangan minyak bumi yang ada dalam reservoir masih tersisa dalam pori-pori batuan. Untuk mengatasi permintaan minyak bumi yang semakin meningkat diperlukan suatu teknologi baru yang dapat mengeksplorasi sumur minyak secara maksimal. Minyak bumi yang masih terperangkap dalam pori-pori batuan dalam reservoir masih dapat diproduksi kembali dengan teknologi *Enhanced Oil Recovery* (EOR). Teknologi ini merupakan salah satu metode yang sangat berperan dalam usaha meningkatkan dan memperpanjang masa produksi minyak. Salah satu teknologi perolehan minyak secara EOR adalah *Microbial Enhanced Oil Recovery* (MEOR), yaitu pengurusan minyak bumi dengan memanfaatkan aktivitas atau bioproduk dari mikroba (*exogenous* dan *indigenous microbes*), seperti biopolimer, biosurfaktan, biofilm, biogas, dan bioasam.

Biopolimer merupakan salah satu bioproduk yang dapat digunakan untuk menurunkan permeabilitas pada daerah-daerah yang mempunyai permeabilitas tinggi atau pori-pori batuan yang terbentuk dari reservoir yang heterogen dengan proses penyumbatan yang selektif (*permeability modification*). Modifikasi permeabilitas adalah teknik yang umum digunakan untuk memperpanjang masa produksi lapangan minyak yang menggunakan metode *waterflood*. Saturasi minyak residu (ROS) yang merupakan minyak sisa setelah proses *waterflood* sebagai target untuk aplikasi proses penyumbatan selektif (*selective plugging*) dengan menggunakan biopolimer atau polimer jenis lain. Ada tiga tipe penyumbatan oleh mikroba yang telah diketahui, yaitu penyumbatan oleh sel-sel yang hidup (*viable bacterial cells*), sel-sel yang telah mati (*non viable bacterial cells*), dan bioproduknya (di antaranya biopolimer).

Sehubungan dengan pemanfaatan biopolimer tersebut untuk aplikasi teknologi MEOR, perlu dilakukan

penelitian skala laboratorium untuk mengetahui karakteristik biopolimer, di antaranya adalah resistensi biopolimer terhadap suhu tinggi (100°C), pengaruh biopolimer terhadap sudut kontak minyak dan batuan, serta analisis efek biopolimer terhadap permeabilitas. Diharapkan dengan uji karakteristik tersebut dapat diketahui unjuk kerja biopolimer (*biopolymer performance*) untuk diaplikasikan dalam meningkatkan pengurusan minyak, khususnya untuk reservoir yang mempunyai persoalan *thief zones* dan suhu tinggi.

## II. METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian skala laboratorium yang meliputi pengamatan morfologi biopolimer, pengujian resistensi biopolimer pada suhu tinggi, analisis pengaruh biopolimer terhadap sudut kontak minyak dan batuan (*contact angle measurement*), serta pengukuran permeabilitas batuan.

Biopolimer yang diuji karakteristiknya seperti tersebut di atas adalah polimer yang diproduksi oleh isolat bakteri BLCC N-197 dalam media yang mengandung bahan-bahan organik dan suplemen. Proses purifikasi biopolimer dilakukan dengan cara mengekstrak media dengan etanol absolut (1:1) dan disentrifugasi pada 10.000 rpm selama 30 menit. Kemudian biopolimer yang telah dimurnikan tersebut digunakan dalam penelitian ini.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengamatan morfologi secara mikroskopis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) terlihat bahwa biopolimer yang dihasilkan berbentuk bulat sampai oval dengan diameter antara 3-4 mm, seperti ditampilkan pada Gambar 1.

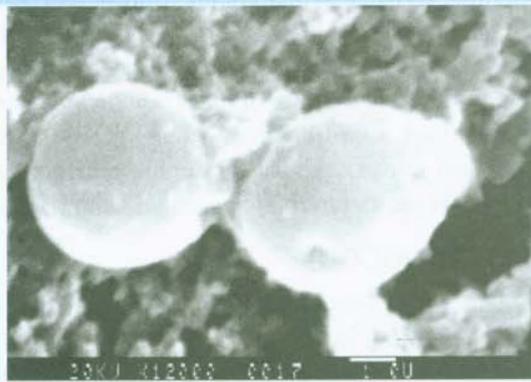
Biopolimer yang dihasilkan perlu dilihat resistensi sifat fisiknya terhadap suhu tinggi. Hal ini untuk mencegah terjadinya perubahan sifat fisik biopolimer yang dapat mempengaruhi unjuk kerjanya (*biopoly*

mer performance) dalam reservoir yang bersuhu tinggi. Pengamatan mengenai pengaruh suhu tinggi terhadap perubahan sifat fisik atau morfologi biopolimer dilakukan dengan peralatan SEM dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2.

Kondisi suhu tinggi dapat menyebabkan biopolimer pecah (*plasmolysis*), sehingga akan mengurangi efektivitasnya dalam menutup pori-pori batuan. Perlakuan suhu tinggi (100°C) yang diberikan terhadap biopolimer yang dihasilkan dalam penelitian ini tidak berakibat pada kerusakan/perubahan fisik, sehingga biopolimer tersebut mempunyai prospek untuk aplikasi

MEOR *ex situ* di lapangan minyak yang bersuhu tinggi, misalnya lapangan minyak Minas yang mempunyai suhu reservoir sekitar 97,2°C.

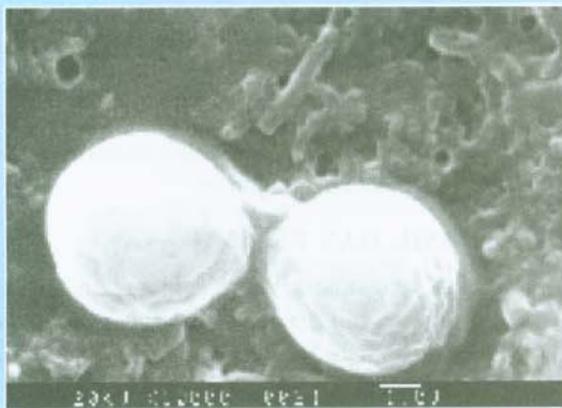
Karakterisasi biopolimer yang lain adalah dengan cara mengukur sudut kontak antara minyak dan batuan. Sebelum dilakukan pengujian sudut kontak, perlu diketahui sifat-sifat fisik dari fluida (air formasi dan medium + biopolimer) yang akan digunakan (lihat Tabel 1), dan kemudian dilakukan pengamatan perubahan sudut kontak antara batuan dan minyak dengan menggunakan medium yang mengandung biopolimer (lihat Tabel 2).



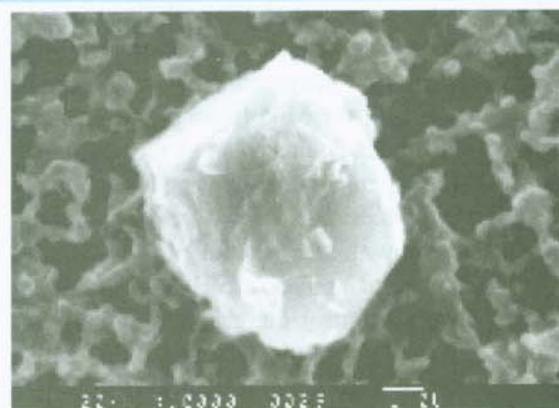
Gambar 1  
Pengamatan morfologi biopolimer menggunakan SEM dengan pembesaran 12.000x

Tabel 1  
Sifat fisik fluida air formasi dan medium + biopolimer

No.	Parameter	Hasil Pengukuran	
		Air Formasi	Medium + biopolimer
1	Berat Jenis	100,788	102,732
2	Viskositas (cP)	0,9530	0,1844
3	Salinitas (ppm)	2300	4100
4	Tingkat Keasaman	8,02	3,74
5	Turbiditas (NTU)	27	5
6	Konduktivitas	4,59	7,61



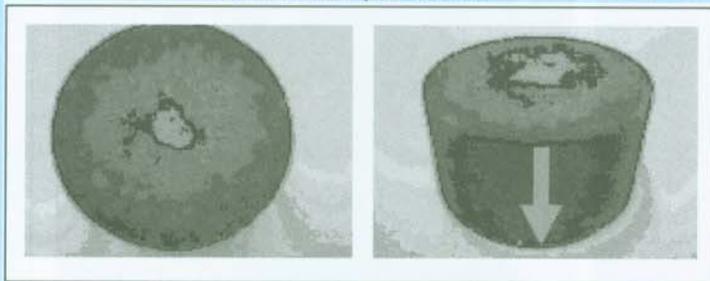
a. Tanpa Pemanasan (suhu kamar)



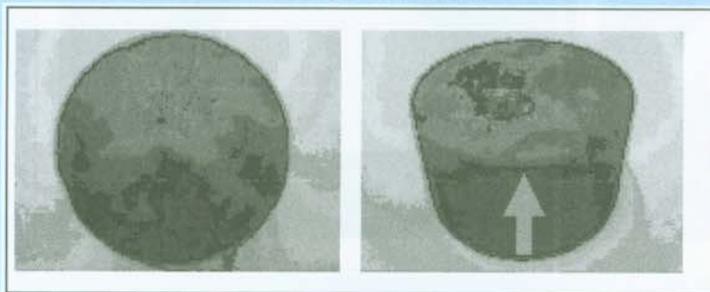
b. Dengan Pemanasan (suhu 100°C)

Gambar 2  
Pengaruh suhu tinggi terhadap sifat fisik biopolimer

Gambar 3  
Pola permukaan batuan (*inlet*) dan pola aliran fluida pada *outlet*



Gambar 4  
Pola permukaan batuan (*outlet*) dan pola aliran fluida pada *inlet*



Tabel 2  
Pengaruh biopolimer terhadap sudut kontak minyak pada batuan

No.	Perlakuan	Sudut Kontak (o)	Mekanisme pelepasan <i>oil droplet</i>
1	Tanpa Fluida	72,0	-
2	Air Formasi	76,0	Tidak terlepas
3	Media + Biopolimer	88,9	Emulsifikasi

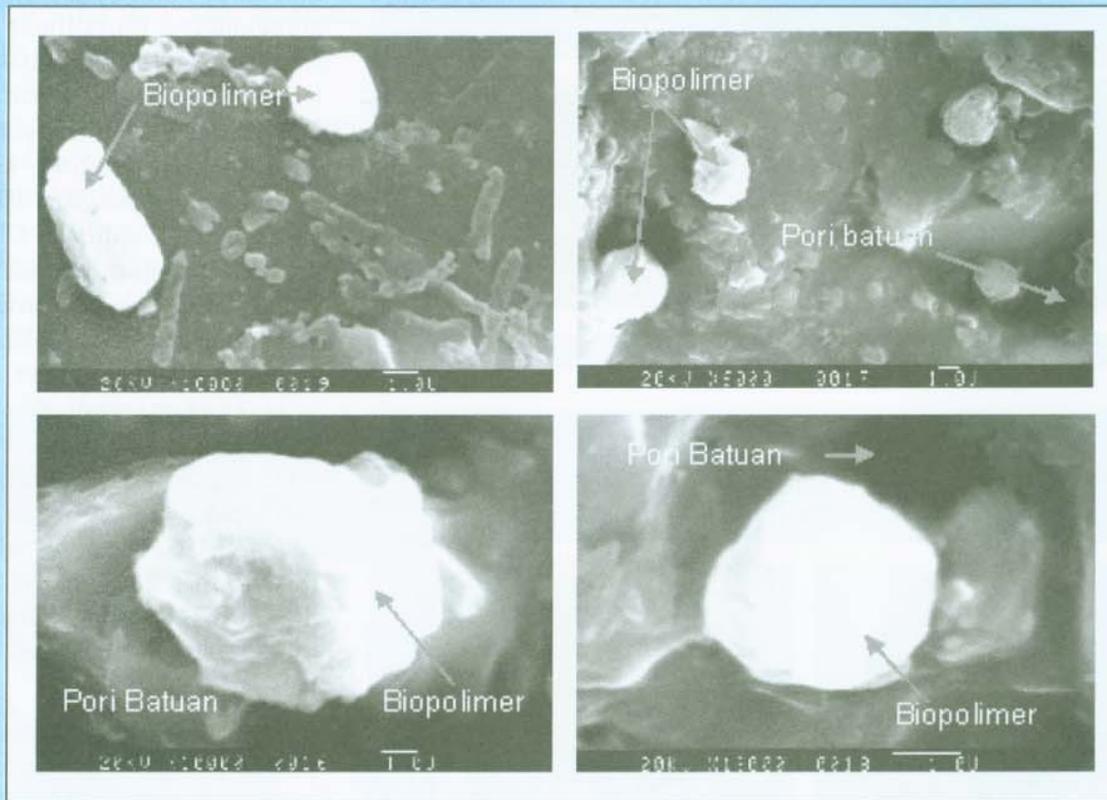
Dari percobaan yang dilakukan diketahui bahwa medium yang mengandung biopolimer dapat menyebabkan sudut kontak yang terbentuk bertambah besar. Nilai awal sudut kontak minyak pada batuan adalah 72,0°, setelah direndam dan dipanaskan dalam air formasi pada suhu 50°C sudut kontak meningkat menjadi 76,0°. Perlakuan dengan pemberian medium yang mengandung biopolimer ternyata meningkatkan sudut kontak menjadi 88,9° dan setelah suhu dinaikkan menjadi 60°C terjadi pelepasan *oil droplet* dari permukaan batuan (mekanisme emulsifikasi). Tetapi hal ini tidak terjadi jika air formasi hanya dipanaskan dengan suhu yang sama, tanpa penambahan biopolimer.

Batuan yang digunakan dalam pengukuran permeabilitas adalah *plug sandstone (Clashach)*, berwarna krem-kecoklatan, padat, berbutir halus hingga sedang, terpilah baik-sedang, dan kandungannya didominasi oleh butiran kuarsa.

Seperti dijelaskan di atas, salah satu metode untuk menyumbat pori batuan adalah dengan menggunakan biopolimer. Pengaruh biopolimer terhadap permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pemberian biopolimer mempunyai kecende

Tabel 3  
Pengamatan sifat-sifat karakteristik batuan dan biopolimer

Kode	Karakteristik batuan dan biopolimer					
	Porositas (%)	Grain Density (Gr/cc)	Permeabilitas (mD)			
			Udara	Air Formasi	Biopolimer	PRF (%)
Clashach BT-01	17,66	2,646	1.156	316,15	17,07	94,60



Gambar 5  
Penyumbatan pori batuan (*selective plugging*) oleh biopolimer

rungan menurunkan permeabilitas dari 316,15 mD menjadi 17,07 mD (*Permeability Reduction Factor-PRF* sampai 94,60%).

Pengamatan makroskopis (tanpa alat bantu) juga memperlihatkan pola aliran fluida masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*) seperti ditampilkan pada Gambar 3 dan 4. Pada gambar-gambar tersebut terlihat bagian pori batuan yang tidak dilewati fluida dan pori batuan lainnya yang dilalui oleh fluida. Tampilan tersebut merupakan indikasi adanya proses penyumbatan pori batuan atau perubahan pola aliran fluida yang dilalui. Untuk detailnya diamati juga penyumbatan biopolimer pada pori batuan secara mikroskopis menggunakan SEM seperti ditampilkan pada Gambar 5.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Setelah dilakukan tahapan percobaan produksi biopolimer secara *ex situ* untuk aplikasi MEOR dalam skala laboratorium dapat disimpulkan bahwa:

- Isolat bakteri BLCC N-197 mempunyai kemampuan memproduksi biopolimer dari jenis polisakarida secara *ex-situ* (kondisi aerob dan suhu kamar).
- Biopolimer yang dihasilkan mempunyai sifat stabilitas yang baik secara fisik pada suhu tinggi (100°C) dengan tidak terjadinya plasmolisis.
- Biopolimer tersebut juga mempunyai kecenderungan menurunkan permeabilitas dan meningkatkan sudut kontak antara minyak dan batuan, sehingga memudahkan minyak terlepas dari batuan .

##### B. Saran

Terhadap biopolimer yang telah diperoleh perlu dilakukan langkah-langkah pengujian lebih lanjut untuk aplikasi lapangan, seperti pengujian *Microbial Core Flooding* (MCF) sehingga efektivitasnya dalam meningkatkan perolehan minyak pada reservoir suhu tinggi dapat diketahui lebih jauh.

**KEPUSTAKAAN**

1. American Petroleum Institute Recommended Practice for Core Analysis Procedure, 1960, API RP 40.
2. Moses, V. dan Springham, D.G. 1982. *Bacteria and Enhancement of Oil Recovery*. Applied Science Publishers. London.
3. Misra, A.K. dan J.S. Watson. 1990. *Microbial Enhancement Oil Recovery*. Institute of Gas Technology. Chicago.
4. Handoko dan Faisal, A. 1999. *Improved Oil Recovery Potensial*. PT Caltex Pacific Indonesia.
5. LEMIGAS. 2000. *Study of MEOR at Some CPI Waterflood Fields*. Laporan Penelitian LEMIGAS. Jakarta. •