STUDI LABORATORIUM PERBANDINGAN KINERJA BIOSURFAKTAN DAN SURFAKTAN SINTETIK DALAM MERUBAH WETTABILITAS BATUAN *SANDSTONE*

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

SELVI ISNANI PUTRI

173210772

PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2022

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini disusun oleh :

Nama : Selvi Isnani Putri

NPM : 173210772

Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Proposal : Studi Laboratorium Perbandingan Kinerja Biosurfaktan dan Surfaktan Sintetik dalam Merubah Wettabilitas Batuan *Sandstone*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Novia Rita, S. T., M. T. ( )

Penguji : Richa Melysa, S. T., M. T. ( )

Penguji : Muhammad Ariyon, S. T., M. T. ( )

Ditetapkan di: Pekanbaru

Tanggal : 27 April 2022

Disahkan oleh:

KETUA PROGRAM STUDI

TEKNIK PERMINYAKAN

DIVERIFIKASI
By noviarita at 10:30:03, 27/5/2022

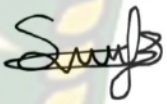
NOVIA RITA, S.T., M.T.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum didalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh.

Pekanbaru, 27 April 2022



Selvi Isnani Putri

NPM 173210772

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

KATA PENGANTAR

Rasa syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Penulis menyadari banyak pihak yang telah mendorong dan membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik ini. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Novia Rita, S.T., M.T selaku dosen pembimbing sekaligus Ketua Program Studi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, nasehat, dan bimbingannya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Muhammad Ariyon, S.T., M.T dan Ibu Richa Melysa, ST., MT selaku dosen penguji I dan dosen penguji II yang telah memberikan masukan sehingga skripsi ini terselesaikan.
3. Pihak Laboratorium Reservoir Teknik Perminyakan yang telah memberikan izin, saran dan membantu penulis selama melaksanakan penelitian di laboratorium.
4. Seluruh dosen Program Studi Teknik Perminyakan UIR yang telah memberikan ilmunya selama perkuliahan sehingga membantu memudahkan penulis untuk menyelesaikan skrispsi ini.
5. Orang tua penulis: Bapak Sampuryadi, Ibu Tatik Arnani; Abang Budi Aris Munanda, Adik: Rika Mustika Sari, Rizki Sri Wahyuni, Andrian Syahputra, Meisya Chelia Phutry, dan seluruh keluarga yang telah memberikan semangat, kasih sayang, dukungan moril dan materil, serta yang selalu mendoakan kepada Allah SWT. agar penulis diberi kemudahan dalam penyelesaian skripsi.
6. Noviyanto, SE seseorang yang selalu bersedia direpotkan oleh penulis dalam hal apapun terutama terkait penelitian dan perskripsian serta tiada hentinya untuk mengingatkan penulis untuk mengerjakan penelitian dan skripsi.
7. Teman-teman seperjuangan "RJ Squad": Lisna Wardani, Ilmiati, Fira Auliasari, Miftahul Jannah Khairifa dan Sarah Tilanda pane yang tak henti-

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

hentinya memberikan semangat kepada penulis selama perkuliahan hingga selesai skripsi.

8. Beasiswa Bidikmisi yang penulis cintai dan ORBISI selaku Organisasi Bidikmisi yang penulis sayangi yang telah membantu penulis meringankan beban materil perkuliahan selama 8 semester.
9. Semua pihak teman-teman ORBISI UIR, Petro 17-B yang tidak dapat disebut satu persatu yang telah membantu, mendoakan dan memberi semangat kepada penulis.

Teriring doa saya, insyaAllah, Allah SWT. akan memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi penulis dan pembaca guna untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 13 April 2022

Penulis,

Selvi Isnani Putri

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ..... **i**
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI ..... **ii**
KATA PENGANTAR ..... **iii**
DAFTAR ISI ..... **v**
DAFTAR GAMBAR ..... **vii**
DAFTAR TABEL ..... **viii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **ix**
DAFTAR SINGKATAN ..... **x**
DAFTAR SIMBOL ..... **xi**
ABSTRAK ..... **xii**
ABSTRACT ..... **xiii**
BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tujuan Penelitian 2

1.3 Manfaat Penelitian 3

1.4 Batasan Masalah 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **4**

2.1 Biosurfaktan 4

2.2 Surfaktan 5

2.3 Uji Karakterisasi 10

2.3.1 Uji Kompatibilitas 10

2.3.2 Uji Wettabilitas 10

2.4 Batuan *Sandstone* 13

BAB III METODE PENELITIAN **15**

3.1 Uraian Metode Penelitian 15

3.2 Alat dan Bahan 17

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.2.1 Alat 17
3.2.2 Bahan 19
3.3 Prosedur Penelitian 20
3.3.1 Pembuatan *Core* Sintetik 20
3.3.2 Pengukuran Sifar Fisik Batuan 22
3.3.3 Pembuatan Larutan *Brine* 24
3.3.4 Pembuatan Larutan Surfaktan 25
3.3.5 Pengukuran sifat fisik Minyak 26
3.3.6 Uji Kompatibilitas 27
3.3.7 Uji Wettabilitas 28
3.4 Jadwal Penelitian 30
BAB IV PEMBAHASAN 31
4.1 Uji Kompatibilitas 31
4.2 Uji Wettabilitas 33
4.2.1 Pengaruh Jenis Surfaktan Terhadap Wettabilitas Batuan 34
4.2.2 Pengaruh Salinitas Terhadap Wettabilitas Batuan 35
4.2.3 Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Terhadap Wettabilitas Batuan 37
4.2.4 Pengaruh Temperatur Terhadap Wettabilitas Batuan 38
BAB V PENUTUP 41
5.1 Kesimpulan 41
5.2 Saran 42
DAFTAR PUSTAKA 43
LAMPIRAN 47

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mekanisme Kerja Surfaktan (Reningtyas & Mahreni, 2015)..... 6

Gambar 2. 2 Ilustrasi water wet dan oil wet (Dandekar, 2013)..... 11

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian..... 16

Gambar 3. 2 Alat-Alat Penelitian..... 19

Gambar 3. 3 Bahan Penelitian..... 20

Gambar 3. 4 Bentuk Core Sandstone Sintetik..... 21

Gambar 3. 5 Pengukuran sudut kontak..... 29

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pemilihan Injeksi Surfaktan 6

Tabel 2. 2 Screening Criteria for Surfactant Flooding 7

Tabel 2. 3 Gugus Hidrofilik Surfaktan Komersial 7

Tabel 2. 4 State of the Art 8

Tabel 2. 5 Klasifikasi Nilai Porositas 13

Tabel 2. 6 Klasifikasi Nilai Permeabilitas 13

Tabel 3. 1 Rangkaian Sampel surfaktan 27

Tabel 3. 2 Jadwal Penelitian 30

Tabel 4. 1 Hasil Uji Kompatibitilas Surfaktan MES 31

Tabel 4. 2 Hasil Uji Kompatibitilas Surfaktan AOS 32

Tabel 4. 3 Hasil Uji Wettabilitas 33

Tabel 4. 4 Pengaruh Jenis Surfaktan Terhadap Wettabilitas Batuan 34

Tabel 4. 5 Pengaruh Salinitas Terhadap Wettabilitas Batuan 36

Tabel 4. 6 Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Terhadap Wettabilitas Batuan 37

Tabel 4. 7 Pengaruh Temperatur Terhadap Wettabilitas Batuan 38

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I Perhitungan Sifat Fisik Crude Oil 47

LAMPIRAN II Perhitungan Sifat Fisik Core Sintetik 48

LAMPIRAN III Data Sifat Fisik Core Sintetik..... 49

LAMPIRAN IV Hasil Pengujian Kompatibilitas Surfaktan MES 50

LAMPIRAN V Hasil Pengujian Kompatibilitas Surfaktan AOS 52

LAMPIRAN VI Hasil Uji Wettabilitas Secara Visual 54

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR SINGKATAN

AOS	*Alpha Olefin Sulfonate*
API	*American Petroleum Index*
EOR	*Enhanced Oil Recovery*
MES	Metil Ester Sulfonat
SG	*Specific Gravity*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR SIMBOL

d	diameter, cm
Dgr	Diameter butir, cm
m	massa, gr
Pcupfull	Tekanan cup dengan semua billets dalam cup, psi
Pcuprem	Tekanan cup dengan salah satu billet yang dikeluarkan, psi
Pcupsampel	Tekanan cup dengan sampel, psi
Preffull	Tekanan referensi dari pengukuran Full Cup, psi
Prefrem	Tekanan referensi dari pengukuran dengan salah satu billet yang di keluarkan, psi
Prefsampel	Tekanan referensidari pengukuran sampel, psi
Svgr	*Specific surface area*, cm^{-1}
t	tinggi, cm
T	Temperatur, ^oC
v	volume, ml
Vbilletsremoved	Volume Billet yang dikeluarkan, Cm^3
vb	Volume batuan total
vp	Volume pori batuan
∅	Porositas, %
ϕ	Sudut Kontak, ^{o}
μ	Viskositas, cp
ρ	Densitas, gr/ml

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

STUDI LABORATORIUM PERBANDINGAN KINERJA BIOSURFAKTAN DAN SURFAKTAN SINTETIK DALAM MERUBAH WETTABILITAS BATUAN *SANDSTONE*

SELVI ISNANI PUTRI

173210772

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

ABSTRAK

Biosurfaktan Metil Ester Sulfonate (MES) dan surfaktan sintetik *Alpha Olefin Sulfonate* (AOS) akan dibandingkan kinerjanya dalam merubah wettabilitas batuan dari *oil wet* menjadi *water wet*. Penggunaan kedua surfaktan ini ditujukan untuk melihat sejauh mana kemampuan biosurfaktan sebagai alternatif surfaktan berbasis *petroleum.* Variasi salinitas *brine* 10.000 ppm, 15.000 ppm, dan 20.000 ppm, variasi konsentrasi surfaktan 0,1%; 0.2% dan 0.3%, dan variasi suhu 60^{o}C, 70^{o}C akan dilihat pengaruhnya dalam perubahan wettabilitas batuan. Pada penelitian ini sudut kontak surfaktan dibandingkan secara visual dengan sudut kontak minyak melalui bentuk tetesan yang dihasilkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sudut kontak surfaktan MES lebih kecil (>90^{o}) dibandingkan sudut kontak yang tercipta dari surfaktan AOS. Hal ini menunjukkan bahwa surfaktan MES lebih baik dalam mengubah wettabilitas batuan *sandstone* dibanding dengan surfaktan AOS. Salinitas, konsentrasi dan temperatur mempengaruhi wettabilitas batuan. Salinitas rendah lebih optimal dalam mengubah wettabilitas batuan menjadi *water wet*. Konsentrasi yang tinggi lebih baik kinerjanya dalam mengubah wettabilitas batuan menjadi *water wet.* Peningkatan temperatur juga mampu mengubah wettabilitas batuan menjadi *water wet*. Sehingga disimpulkan bahwa hasil uji wettabilitas batuan menjadi *water wet* seiring dengan peningkatan konsentrasi surfaktan, penurunan salinitas, dan peningkatan temperatur.

Kata Kunci: Biosurfaktan, Surfaktan AOS, Wettabilitas, Sudut Kontak

COMPARATIVE LABORATORY STUDY OF THE PERFORMANCE OF BIOSURFACTANTS AND SYNTHETIC SURFACTANTS IN CHANGING THE WETTABILITY OF SANDSTONE ROCKS

SELVI ISNANI PUTRI

173210772

ABSTRACT

Biosurfactant Methyl Ester Sulfonate (MES) and synthetic surfactant Alpha Olefin Sulfonate (AOS) will be compared for their performance in changing rock wettability from oil wet to water wet. The use of these two surfactants is intended to see the extent of the ability of biosurfactants as an alternative to petroleum-based surfactants. Variations in brine salinity 10,000 ppm, 15,000 ppm, and 20,000 ppm, variations in surfactant concentration 0.1%; 0.2% and 0.3%, and variations in temperature 60^{o}C, 70^{o}C will be seen its influence on changes in rock wettability. In this study, the surfactant contact angle was compared visually with the oil contact angle through the resulting oil drop. The results of this study indicate that the contact angle of the MES surfactant is smaller (>90^{o}) than the contact angle created by the AOS surfactant. This shows that MES surfactant is better at changing the wettability of sandstone compared to AOS surfactant. Salinity, concentration and temperature affect the wettability of rock. Low salinity is more optimal in changing rock wettability to water wet. The higher the concentration, the better the performance in changing the wettability of rock to water wet. The increase in temperature is also able to change the wettability of rock into water wet. So, it was concluded that the results of the rock wettability test became water wet along with increasing surfactant concentration, decreasing salinity, and increasing temperature.

Keywords: *Biosurfactants, AOS Surfactants, Wettability, Contact Angel*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alternatif peningkatan produksi minyak bumi yang bisa dilakukan salah satunya ialah teknologi EOR dengan menggunakan surfaktan (Rivai et al., 2011). Surfaktan merupakan zat yang ditambahkan pada fluida tertentu guna meningkatkan sifat penyebaran dengan mengurangi tegangan permukaan cairan (Rachim et al., 2012). Surfaktan juga digunakan untuk mengurangi sudut kontak dengan batuan serta merubah wettabilitas batuan. Wettabilitas didefinisikan oleh Anderson (1986a) sebagai "kecenderungan satu fluida menyebar atau melekat pada permukaan padat dengan adanya fluida tak bercampur lainnya" (Golabi et al., 2012). Adapun surfaktan yang digunakan dalam penelitian ini, yakni: Biosurfaktan dan Surfaktan Anionik.

Penggunaan biosurfaktan dilakukan karena memperhatikan alasan ekonomi dan ketersediaan produk. Seperti yang diketahui, produksi surfaktan dewasa ini semakin terbatas sedangkan kebutuhan akan surfaktan di Indonesia semakin meningkat seiring dengan perkembangan industri. Surfaktan yang umum digunakan adalah surfaktan yang disintesis dari petroleum seperti *petroleum sulfonate* (Sheats & MacArthur, 2001). Namun, beberapa kelemahan dari penggunaan surfaktan ini adalah harganya yang relatif mahal dan tidak ramah lingkungan akibat *petrochemical* yang dikandungnya (Majidaie et al., 2011). Di Indonesia, kebutuhan surfaktan untuk EOR masih mengandalkan impor dari luar negeri (Nugroho & Buchori, 2019). Oleh karena itu, maka dikembangkanlah Biosurfaktan yang ramah lingkungan, mudah didapatkan dan lebih murah. Biosurfaktan merupahan surfaktan yang dibuat dari bahan alam, contohnya MES (Metil Ester Sulfonat) dari minyak sawit. Penggunaan biosurfaktan yang disandingkan dengan surfaktan sintetik (Anionik) pada penelitian ini salah satunya ditujukan untuk melihat kemampuan keduanya dalam mengubah wettabilitas batuan reservoir sehingga kedepannya diharapkan biosurfaktan dapat dijadikan alternatif surfaktan komersil yang terbuat dari minyak bumi.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui urutan kinerja surfaktan terbaik dan paling efektif terhadap perubahan wettabilitas batuan *sandstone* dengan variasi tingkat salinitas dan konsentrasi surfaktan. Biosurfaktan yang digunakan ialah surfaktan MES dari minyak sawit, sedangkan surfaktan sintetik pembanding yang digunakan ialah surfaktan AOS. Adapun manfaat dari penelitian ini untuk memberikan pemahaman mengenai kinerja proses perubahan wettabilitas yang dilakukan oleh kedua surfaktan tersebut.

Beberapa penelitian terkait surfaktan MES diantaranya diteliti oleh Purwanto (2006) dalam formula agen pendesak minyak bumi. Namun penggunaan surfaktan MES dalam mengubah wettabilitas masih jarang dilakukan. Lain halnya dengan surfaktan sintetis yang sudah sering diteliti diantaranya oleh Golabi *et al.* (Golabi et al., 2012), Sahputra (2017) dan Standnes (2000) dimana pemanfaatannya untuk menurunkan wettabilitas terbukti berhasil. Oleh karena itu, pada percobaan kali ini peneliti ingin melakukan perbandingan kemampuan antara surfaktan MES dan surfaktan sintetik terhadap perubahan wetabilias. Dalam hal ini, pengaruh salinitas, jenis surfaktan, dan konsentrasi surfaktan terhadap batuan *sandstone* akan diuji.

Pada penelitian ini, pengujian wettabilitas akan dilakukan dengan metode *sessile drop*, analisis sudut kontak minyak dan surfaktan dilakukan secara visual untuk menentukan apakah sudut kontaknya $>90^o$ atau $<90^o$, kemudian dilakukan indikasi wettabilitas batuan *oil wet/water wet*. Melaui indikasi tersebut dapat dibandingkan kinerja antara kedua surfaktan dalam merubah wettabilitas batuan *sandstone* menjadi *water wet* melalui sudut kontak terkecil ($<90^o$) yang dihasilkan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian pada proposal ini terdiri dari:

1. Mengetahui kinerja terbaik antara biosurfaktan dan surfaktan sintetik dalam merubah wettabilitas batuan *sandstone*.
2. Mengetahui pengaruh salinitas *brine*, jenis dan konsentrasi surfaktan serta temperatur pengujian terhadap perubahan wettabilitas batuan *sandstone*.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari Proposal Penelitian ini antara lain:

1. Memberikan pengetahuan dan pemahaman mengenai kinerja surfaktan dalam merubah wettabilitas batuan *sandstone*
2. Memberikan pengetahuan dan pemahaman mengenai pengaruh salinitas *brine*, jenis dan konsentrasi surfaktan serta temperatur pengujian terhadap perubahan wettabilitas.
3. Diharapkan dapat menjadi rujukan atau referensi penelitian berikutnya mengenai perubahan wettabilitas dengan surfaktan MES dan/ AOS.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang tidak menyimpang dari tujuan penelitian diatas, maka penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal antara lain:

1. Pemilihan konsentrasi surfaktan yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,1; 0,2 dan 0,3 %
2. Salinitas air formasi yang digunakan pada penelitian ini adalah 10.000 ppm, 15.000 ppm, dan 20.000 ppm.
3. Surfaktan yang digunakan dalam pengujian ini adalah surfaktan AOS dan Surfaktan MES
4. Uji temperatur yang digunakan pada penelitian ini adalah 60^{o}C dan 70^{o}C.
5. Pengujian surfaktan ini hanya berfokus pada keefektifan perubahan wettabilitas dari kedua surfaktan dan tidak membahas mengenai parameter lainnya seperti uji emulsi, uji adsorbsi, dan lain-lain

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Dalam alqur'an dan hadits Allah telah banyak mengingatkan kepada umat manusia untuk memanfaatkan sumber daya alam yang ada baik di lautan maupun daratan. Seperti yang terdapat dalam surah an-Nahl ayat 69 yang artinya: *"Kemudian makanlah dari segala (macam) buah-buahan lalu tempuhlah jalan Tuhanmu yang telah dimudahkan (bagimu)." Dari perut lebah itu keluar minuman (madu) yang bermacam-macam warnanya, di dalamnya terdapat obat yang menyembuhkan bagi manusia. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berpikir"* (Q.S. An-Nahl 16: 69).

Dalam ayat tersebut, dapat disimpulkan bahwa Allah telah memberi manusia tanah dan kesuburannya agar dapat ditumbuhi oleh buah-buahan yang dapat dimanfaatkan, juga mengingatkan agar pemanfaatannya tidak dilakukan dengan cara merugikan. Salah satu bentuk memanfaatkan sumber daya alam ialah dengan membuat biosurfaktan dari bahan alam yang telah disediakan oleh Allah SWT.

2.1 Biosurfaktan

Biosurfaktan merupakan surfaktan *biodegradable* atau dapat terurai yang digolongkan menjadi dua berdasarkan bahan baku yang digunakan. Golongan pertama ialah surfaktan bahan baku dari metabolisme sel mikroorganisme. Golongan dua diperoleh dari bahan alam melalui proses kimia contohnya MES dan Ester karbohidrat (Reningtyas & Mahreni, 2015).

Pembuatan surfaktan sebagai salah satu *chemical flooding* pada proses EOR telah banyak dilakukan. Namun, biaya produksi yang besar menjadi masalah dalam hal ini. Permasalahan lain yang timbul akibat penggunaan surfaktan yakni pencemaran lingkungan akibat kandungan *petrochemical* dan *nonbiodegradable*. Penggunaan biosurfaktan sebagai pengganti surfaktan sintetik dapat menekan biaya produksi dan mengurangi pencemaran lingkungan. Biosurfaktan dari bahan alam banyak menarik perhatian para industri karena prosesnya cepat, ketersediaan bahan bakunya yang sangat melimpah di Indonesia dan murah. Dengan banyaknya bahan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

baku yang tersedia baik di Indonesia maupun di dunia, diharapkan surfaktan kimia akan digantikan oleh biosurfaktan di masa depan (Reningtyas & Mahreni, 2015).

Salah satu surfaktan yang sangat berpotensial untuk dikembangkan ialah Surfaktan MES. Surfaktan MES dengan struktur umum $RCH(CO_2Me)SO_3Na$ merupakan surfaktan anionic yang dihasilkan melalui proses sulfonasi metil ester asam lemak (RCH_2CO_2Me) dengan alternatif pereaksi seperti asam sulfat (H_2SO_4), oleum, NH_2SO_3H, sulfur trioksida (SO_3), dan $ClSO_3H$ (Rivai et al., n.d.).

Berbagai kelebihan surfaktan MES dibandingkan surfaktan berbasis petrokimia (linier alkilbenzen sulfonat, LAS) antara lain: bersifat terbarukan, mudah didegradasi (*good biodegradability*), tidak menggumpal pada air formasi dengan tingkat salinitas yang tinggi, dapat mempertahankan deterjensinya pada air formasi dengan tingkat kesadahan yang tinggi dan tahan terhadap ion Ca^{2+}, biaya produksi lebih rendah (untuk petroleum sulfonat sebesar US$ 928/ton dan untuk MES sebesar US$ 525/ton sekitar 57% dari biaya produksi surfaktan LAS), karakteristik dispersi yang baik, sifat detergensi yang baik terutama pada air dengan tingkat kesadahan tinggi (Sri Hidayati, 2005), pada konsentrasi MES yang lebih rendah daya deterjensinya sama dengan *petroleum sulfonate* (Rivai et al., n.d.).

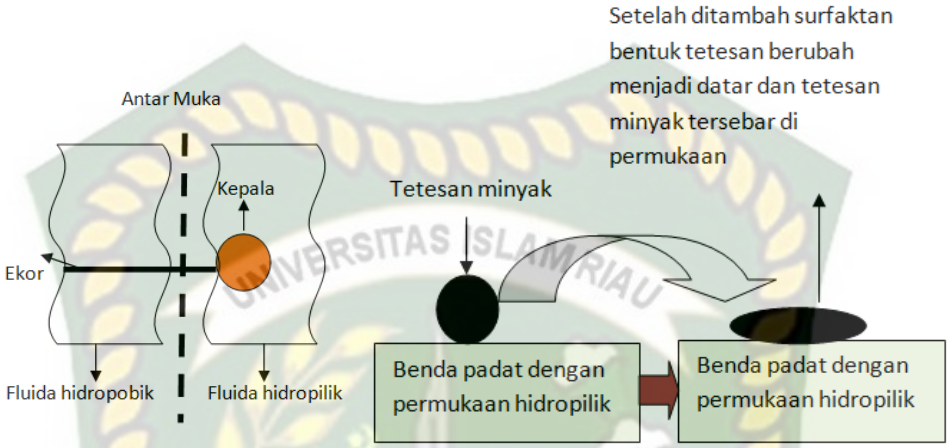
Biosurfaktan dalam merubah wettabilitas batuan *sandstone* sebelumnya telah diteliti oleh Setiati (2018) dimana hasilnya menunjukkan bahwa batuan *sandstone* yang direndam dalam larutan biosurfaktan dapat menjadi *water wet*; konsentrasi biosurfaktan dapat berpengaruh terhadap sudut kontak batuan *sandstone* sehingga dapat merubah wettabilitas batuan menjadi *water wet*; semakin kecil konsentrasinya, semakin besar sudut kontak biosurfaktan dan semakin sedikit minyak yang menempel pada batuan.

2.2 Surfaktan

Surfaktan *flooding* merupakan salah satu teknik EOR yang digunakan untuk memobilisasi sisa minyak yang terperangkap di reservoir. Tujuan injeksi surfaktan kedalam reservoir adalah memperbaiki atau meningkatkan faktor perolehan minyak dengan menciptakan interaksi antara fluida sehingga menurunkan nilai IFT antara minyak dan *brine* serta perubahan wettabilitas media berpori. Surfaktan atau

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

disebut sebagai molekul zat yang bersifat amfifilik yang artinya memiliki dua gugus fungsional yakni hidrofilik yang larut dalam air (mengikat air) dan hidrofobik yang larut dalam minyak (mengikat minyak) (Gbadamosi et al., 2019). Mekanisme kerja surfaktan dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut



Gambar 2. 1 Mekanisme Kerja Surfaktan (Reningtyas & Mahreni, 2015)

Pemilihan surfaktan sebagai metode EOR dilakukan dengan memperhatikan *screening criteria*. Adapun *screening criteria* surfaktan *flooding* dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2. 1 Pemilihan Injeksi Surfaktan

Jenis Injeksi	Surfaktan
Batuan Reservoir	*Sandstone*
Porositas (%)	16 – 18
Permeabilitas (mD)	>250
Ketebalan lapisan (ft)	>10
Kedalaman (ft)	300
Saturasi minyak (%)	>20
Oil Gravity (^{o}API)	>25
kekhususan	Salinitas air formasi >200. 000 ppm

Sumber: Ansyori (2018)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 2. 2 *Screening Criteria for Surfactant Flooding*

Proposed by	K, mD	Salinitas, ppm	Litologi	μ_o, cP	API *gravity*	*Depth*, ft
NPC 1976	≥20	≤200.000		≤30	≥25	
Brasher & Kuuskraa 1978	>20	50.000	*Sandstone*	<20	>25	NC
Carcoana 1982	>50	Low	*Sandstone*			<6561
NPC 1984	>40	<100.000	*Sandstone & Carbonate*	<40		
Goodlett et al. 1986	>20	100.000	*Sandstone Prefered*	100	>25	<9000
Taber et al. (1997a,b)	>10		*Sandstone Preferred*	<35	>20	<9000
Al-Bahar et al. 2004	>50	50.000	*Sandstone*	<150		
Dicson et al. 2010*	>100	<200.000 if T_r<60.000 ^oC, <50.000 if T_r>60 ^oC		<35	>20	500-9000
Surfactant Project	152	39.078	*Majority Sandstone*	5,8	36,5	1808
Proposed in paper (Sheng, 2015)	>10	<50.000	*Sandstone*	<35	NC	NC

Sumber: Sheng (Sheng, 2015)

Berdasarkan sifat gugus fungsinya surfaktan terbagi menjadi surfaktan anionik, kationik, non ionik dan surfaktan amfoter seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3 dibawah ini:

Tabel 2. 3 Gugus Hidrofilik Surfaktan Komersial

Surfaktan Anionik	
Gugus Hidrofilik	Struktur Kimia
Sulfat	OSO_2O^-
Sulfonat	SO_2O^-
Phosphate ethoxilate	$OC_2H4_x]_2P(O)O^-$
Karboksilat	COO^-

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Surfaktan kationik	
Ammonium primer	NH_3
Ammonium sekunder	$--NH_2$
Ammonium tersier	--NH--
Ammonium kuartener	═N═ |
Surfaktan Nonionik	
Polyoxyetilene	$(OCH_2CH_2)_xOH$
Monogliserida	$OCH_2CHOHCH_2OH$
Digliserida	OCH2CH(O-)CH2OH
Monoetanolamida	NHCH2CH2OH
Dietanolamida	$N(CH_2)_xCH_2SO_3^-$
Surfaktan Ampoterik	
Aminokarboksilat	$^+NH_2(CH_2)_xCOO^-$
Betaine	$N^+(CH_2)_xCOO^-$
Sulfobetaine	$N^+(CH_2)_xCH_2SO_3^-$
Amin oksid	N^+O^-

Sumber: Reningtyas (Reningtyas & Mahreni, 2015)

Pada penelitian ini, surfaktan sintetik yang akan digunakan adalah surfaktan *anionic sulfonate*. Beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penggunaan surfaktan anionic AOS dan dijadikan sebagai referensi penelitian ini untuk menciptakan suatu hal yang baru terdapat pada Tabel 2.4 dibawah ini:

Tabel 2. 4 *State of the Art*

No	Judul Penelitian	Tujuan	Hasil
1.	Uji Laboratorium untuk Meningkatkan Perolehan Minyak Menggunakan Injeksi Surfaktan AOS Konsentrasi Rendah.	Menentukan konsentrasi surfaktan yang optimum dalam meningkatkan perolehan minyak dan mengetahui pengaruh injeksi surfaktan *anionic* dengan konsentrasi rendah	Konsentrasi surfaktan yang optimum adalah sebesar 0,3 % yakni sebesar 65% pada temperatur 70^{o}C.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

	(Pauhesti et al., 2017)	terhadap perolehan minyak.	
2.	Kajian Laboratorium Mengenai Pengaruh Salinitas, Jenis Surfaktan dan Konsentrasi Surfaktan Terhadap *Recovery Factor* dalam Sistem Injeksi Surfaktan untuk Batuan *Sandstone*. (Yulia et al., 2017)	Mengetahui bagaimana pengaruh salinitas, konsentrasi surfaktan, dan jenis surfaktan dalam mengikat minyak dari pori-pori batuan, sehingga dapat meningkatkan *recovery* minyak.	Konsentrasi dan salinitas berpengaruh dalam menentukan nilai IFT, semakin besar nilai IFT, semakin kecil kemampuan surfaktan untuk mengikat minyak. Adapun jenis surfaktan yang terbaik yakni surfaktan AOS.
3.	Analisis Salinitas dan Konsentrasi Surfaktan AOS dan Tween 20 terhadap *Recovery Factor* pada Proses Imbibisi dan *Core flooding*. (Yulia et al., 2020)	Mengetahui pengaruh salinitas dan konsentrasi surfaktan serta perbandingan hasil metode yang digunakan yakni metode imbibisi dan *coreflooding*	*Recovery factor* tidak dipengaruhi oleh salinitas. Konsentrasi mempengaruhi titik CMC dalam uji coba IFT. Semakin kecil IFT, semakin besar nilai RF. Ditunjukkan bahwa metode *coreflooding* lebih optimal dibandingkan dengan metode imbibisi.

Oleh karena beberapa referensi diatas, surfaktan AOS dipilih untuk terlibat dalam penelitian ini dengan uji variasi salinitas dan konsentrasi surfaktan dalam perubahan wettabilitas. Pada aplikasi EOR, surfaktan dengan jenis anionik seperti AOS memiliki sifat yang stabil, penurunan IFT yang baik dan tingkat adsorpsi yang rendah pada batuan reservoir. Surfaktan kelompok sulfonat dapat stabil pada suhu diatas 200°C (Sheng, 2011). Tetapi, kelemahan dari penggunaan surfaktan AOS

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

adalah harganya yang mahal sehingga harga minyak bumi yang dihasilkan juga harus dijual dengan harga yang lebih mahal. Selain itu, surfaktan ini tidak ramah lingkungan karena terdapat kandungan *petrochemical* didalamnya (Majidaie et al., 2011) dan di Indonesia kebutuhan surfaktan untuk proses EOR masih mengandalkan impor dari luar negeri.

2.3 Uji Karakterisasi

Surfaktan yang digunakan untuk injeksi sebelumnya harus melewati uji karakterisasi. Uji karakterisasi ini meliputi uji kompatibilitas, uji IFT, uji *phase behavior*, uji adsorpsi, uji wettabilitas, dan *thermal stability* (Setiati et al., 2018). Pengujian ini sangat menentukan kualitas surfaktan yang akan dilanjutkan untuk proses EOR. Uji Karakterisasi yang akan diuji pada penelitian ini adalah uji kompatibilitas dan uji wettabilitas.

2.3.1 Uji Kompatibilitas

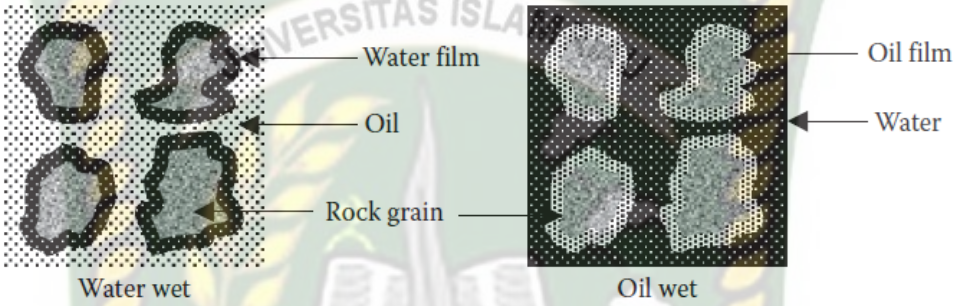
Uji kompatibilitas adalah pengujian paling awal untuk mengetahui seberapa cocok surfaktan dengan air formasi. Surfaktan yang tidak lolos pada pengujian ini maka tidak dapat melanjutkan tahap pengujian selanjutnya (Solikha & Haryanti, 2021). Ada 3 hal kemungkinan yang akan terjadi pada pengujian ini yaitu: larutan jernih dan terlarut sempurna, 1 fasa; larutan keruh, *milky* atau terlihat seperti air susu, 1 fasa; dan suspensi atau terbentuk 2 fasa yakni terdapat larutan dan endapan/padatan (Rivai, 2011). Pengujian dilakukan dengan mencampurkan larutan surfaktan dengan air formasi kemudian melihat perubahan pada larutan, dimana diharapkan pada pengujian ini larutan surfaktan dalam keadaan homogen atau 1 fasa (Eni et al., 2017).

2.3.2 Uji Wettabilitas

Terdapat banyak mekanisme yang menjelaskan perubahan wettabilitas oleh surfaktan, namun pembuktian secara eksperimental masih sangat sedikit. Pemahaman mengenai mekanisme perubahan wettabilitas dapat membantu identifikasi surfaktan alternatif yang dapat di aplikasikan di lapangan. Menurut beberapa peneliti, pada jenis batuan tertentu efektivitas perubahan wettabilitas dipengarruhi oleh sifat ionik surfaktan yang digunakan (Salehi et al., 2008).

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Wettabilitas adalah salah satu parameter yang sangat penting dalam proses perolehan minyak karena mempengaruhi lokasi, penyebaran serta mobilitas minyak dan air di reservoir selama proses produksi (Golabi et al., 2012). Wettabilitas menggambarkan adhesi relatif antara dua fluida terhadap permukaan benda padat. Pada media berpori yang terdapat dua buah fluida yang tidak saling bercampur, wettabilitas menjadi sebuah pengukuran fluida yang menempeli permukaan (Setiati et al., 2018). Ilustrasi wettabilitas disajikan pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2. 2 Ilustrasi *water wet* dan *oil wet* (Dandekar, 2013)

Batuan reservoir dapat bersifat *oil wet, neutral wet* atau *water wet*. Pada kondisi *water wet* batuan yang terisi minyak dan air, air akan mengisi pori-pori batuan terkecil dan sebagian besar membasahi atau menempel pada pori-pori yang lebih besar. Pada kondisi *oil wet*, pori-pori terkecil batuan akan diisi oleh *oil* yang menggantikan air. Jika batuan dibasahi oleh minyak dan air maka dikatakan wettabilitasnya *neutral wet* atau *mixed wet* atau *intermediate wet*. Batuan yang cenderung *oil wet* akan dijenuhi oleh air, sedangkan batuan yang cenderung *water wet* akan dijenuhi oleh minyak (Setiati et al., 2018).

Menurut Anderson (1986b) pengukuran wettabilitas dibagi menjadi dua yakni secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif, wettabilitas dapat ditentukan melalui pengukuran lain seperti kurva permeabilitas relatif dan kurva tekanan kapiler. Sedangkan secara kuantitatif pengukuran wettabilitas dilakukan dengan analisis *core* batuan dan sampel fluida reservoir yang nantinya akan mengindikasikan *oil wet, water wet,* atau *neutral wet*. Pengukuran wettabilitas secara kuantitatif dapat dilakukan beberapa cara

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

diantaranya Tes Amott, U.S. Bureau of Mines (USBM), dan pengukuran sudut kontak (Dandekar, 2013).

Perubahan wettabilitas juga dapat dilakukan dengan dua metode yaitu perubahan wettabilitas dengan injeksi uap atau termal (Al-hadhrami et al., 2001) dan penggunaan bahan kimia surfaktan (Chen et al., 2000; Standnes & Austad, 2000). Pada penelitian ini, perubahan wettabilitas diketahui dengan mengukur dan membandingkan besar sudut kontak antara *oil drop* dan batuan setelah batuan pada waktu tertentu, pada suhu tertentu diinjeksikan oleh surfaktan dengan konsentrasi tertentu.

Penelitian yang dilakukan oleh Golabi *et al.* (Golabi et al., 2012) yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan beberapa jenis surfaktan dalam merubah wettabilitas batuan *sandstone* menggunakan beberapa surfaktan yakni: Triton X-100, C_{16}TAB, C_{12}TAB dan SDBS serta Sodium Carbonate dan Lauric acid untuk perubahan wettabilitas sampel *core* dari salah satu reservoir rekahan selatan Iran dari strongly *oil wet* menuju water-wet. Hasil penelitian menegaskan bahwa surfaktan-surfaktan tersebut mampu mengubah perubahan wettabilitas batuan. Urutan terbaik kinerja surfaktan dalam pengurangan sudut kontak dan perubahan wettabilitas menjadi *water wet* ialah oleh Triton X-100, dan kemudian oleh C_{16}TAB, C_{12}TAB dan SDBS.

Penelitian yang dilakukan oleh Standnes & Austard (Standnes & Austad, 2000) memiliki tujuan untuk mengetahui mekanisme perubahan wettabilitas menggunakan variasi surfaktan. Surfaktan yang digunakan sebanyak 14 jenis surfaktan yang terdiri dari surfaktan kationik dan anionik. Perubahan wettabilitas dilakukan dengan metode imbibisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dibandingkan dengan sufaktan anionik, surfaktan kationik jauh berpotensi lebih tinggi dalam mengeluarkan minyak dari *core* sampel. Peningkatan laju imbibisi sejalan dengan meningkatnya konsentrasi dan temperatur.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.4 Batuan *Sandstone*

Kondisi yang kurang baik untuk dilakukannya injeksi surfaktan diantaranya pada kondisi reservoir yang sangat heterogen, reservoir yang berlapis-lapis, adanya mineral lempung *montmorillonite*, terdapat patahan dan / rekahan, adanya ion bervalensi dua dengan konsentrasi yang tinggi, reservoir yang terlalu dalam, serta porositas dan permeabilitas yang kecil (Rivai, 2011). Oleh karena itu batuan *sandstone* pada penelitian ini yang merupakan *core* sintetik dibuat dengan memperhatikan nilai karakteristik batuan seperti porositas dan permeabilitas agar dapat digunakan untuk injeksi surfaktan. Adapun klasifikasi nilai porositas dan permeabilitas reservoir terlampir pada Tabel 2.5 dan 2.6 dibawah ini.

Tabel 2. 5 Klasifikasi Nilai Porositas

Porositas (%)	Keterangan
0 – 5	Dapat diabaikan *(Negligible)*
5 – 10	Buruk *(Poor)*
10 – 15	Cukup *(Fair)*
15 – 20	Baik *(Good)*
20 – 25	Sangat baik *(Very Good)*
> 25	Istimewa *(Excellent)*

Sumber: Koesoemadinata (1978)

Tabel 2. 6 Klasifikasi Nilai Permeabilitas

Permeabilitas (mD)	Keterangan
< 5	Ketat *(Tight)*
5 – 10	Cukup *(Fair)*
10 – 100	Baik *(Good)*
100 – 1000	Sangat Baik *(Very Good)*
> 1000	*Excellent*

Sumber: Koesoemadinata (Koesoemadinata, 1978)

Beberapa penelitian sebelumnya mengenai injeksi surfaktan AOS yakni penelitian yang dilakukan oleh Sahputra *et. al* (Sahputra, Kasmungin, & Fathaddin, 2017) mengenai perubahan wettabilitas dengan menggunakan injeksi surfaktan AOS dilakukan pada beberapa *core* dengan porositas 21,5%; 17,8%; 20,3% dan permeabilitas masing-masing *core* sebesar 232 mD, 74 mD, dan 185 mD. Ketiga *core* dengan variasi porositas dan permeabilitas tersebut memiliki nilai kebasahan yang *water-wet*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa injeksi surfaktan mampu meningkatkan wettabilitas dari *water-wet* menjadi *strongly water-wet* dengan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

salinitas 2000 ppm pada konsentrasi surfaktan 2%. Penelitian dengan menggunakan surfaktan AOS juga dilakukan oleh Pauhesti (Pauhesti et al., 2017) yang menggunakan 3 *core* dengan porositas 14,2%; 14,2%; 15,4% dan permeabilitas sebesar 6,38 mD; 6,81 mD; 5,45 mD.

Beberapa penelitian injeksi surfaktan MES yang dilakukan diantaranya oleh Deskha (2017) menggunakan *core* dengan porositas yang cukup tinggi yaitu 21.876% dan permeabilitas sebesar 242 mD. Sedangkan Hambali (2012) menggunakan 6 *core* dengan porositas 33,10345%, 35,4648%, 33,1273%, 32,5419%, 34,4336%, 33,4326% dan permeabilitas masing-masing sebesar 44,8112 mD; 40,8308 mD; 44,6989 mD; 44,7010 mD; 41,0749 mD; dan 45,6682 mD.

Berdasarkan beberapa penelitan diatas, porositas dan permeabilitas *core* yang digunakan untuk injeksi surfaktan baik AOS maupun MES adalah porositas yang tergolong cukup - *excellent* dan permeabilitas yang tergolong kategori cukup - *excellent*. Kategori ini akan dijadikan acuan nilai porositas dan permeabilitas yang akan digunakan pada penelitian ini.

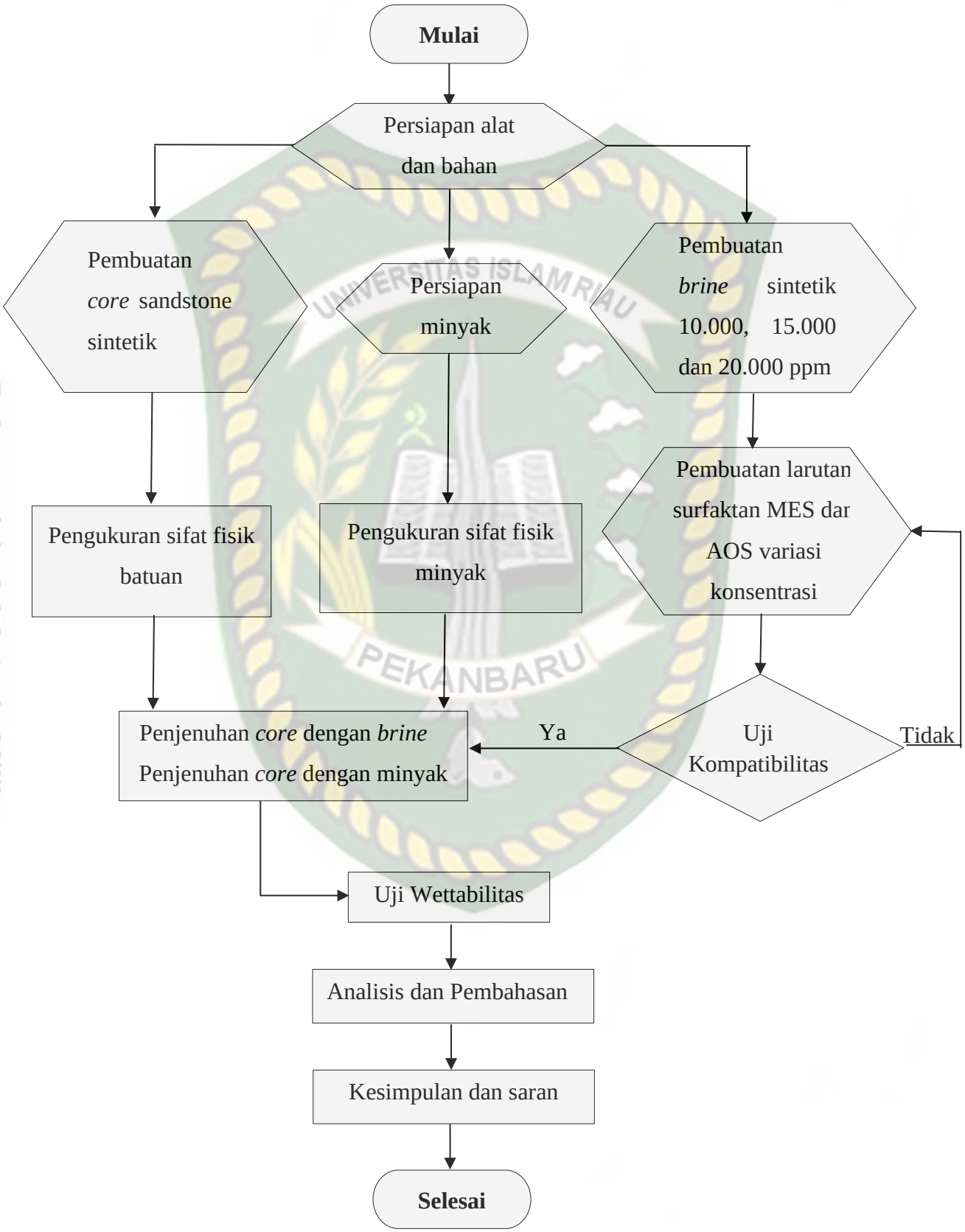
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Uraian Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Reservoir Teknik Perminyakan Islam Riau. Metode yang digunakan adalah *Experiment Research*. *Crude Oil* yang digunakan diperoleh dari lapangan minyak Petapahan. Surfaktan MES dan AOS diperoleh melalui pembelian pada aplikasi *online shop*. Kedua surfaktan (AOS dan MES) dengan konsentrasi 0,1%; 0,2% dan 0,3% akan diuji kinerjanya dalam merubah wettabilitas batuan *sandstone*. Variasi salinitas *brine* yang digunakan yakni 10.000 ppm, 15.000 ppm dan 20.000 ppm. Pengujian diawali dengan pembuatan *core* sintetik, pengukuran sifat fisik batuan (porositas dan permeabilitas) dan minyak, pembuatan larutan *brine*, pembuatan larutan surfaktan, uji kompatibilitas, penjenuhan *core* dengan *brine*, penjenuhan *core* dengan minyak, dan uji wettabilitas. Pengujian wettabilitas dilakukan dengan meneteskan minyak dan surfaktan diatas permukaan batuan *sandstone* kemudian diamati secara visual bentuk sudut kontaknya untuk menyimpulkan indikasi batuan *water wet* atau *oil wet*. Diagram alir penelitian diperlihatkan pada **Gambar 3.1** dibawah ini.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan selama penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.2** dan **Gambar 3.3.** Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

3.2.1 Alat

1. Oven
2. *Vacuum* oven
3. *Shale shaker*
4. Porosimeter
5. Timbangan digital
6. *Magnetic stirrer*
7. Gelas ukur
8. Gelas kimia
9. Labu *volumetric*
10. Corong
11. Jangka sorong
12. Aluminium foil
13. Tabung reaksi
14. Cetakan *core*/paralon
15. Biji gergaji
16. Botol semprot
17. Batang pengaduk
18. Sendok besi
19. Kertas saring
20. Pipet tetes
21. Palu

(a) Oven

(b) Oven vakum

(c) Sieve analisis

(d) Porosimeter

(e) Timbangan digital

(f) Magnetic stirrer

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

(g) Gelas ukur

(h) Gelas kimia

(i) Labu Volumetrik

(j) Corong

(k) Jangka sorong

(l) Aluminium foil

(m) Tabung reaksi

(n) Cetakan *core*/paralon

(o) Biji gergaji

(p) Botol semprot

(q) Batang pengaduk

(r) Sendok besi

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

(s) Kertas saring

(t) Pipet tetes

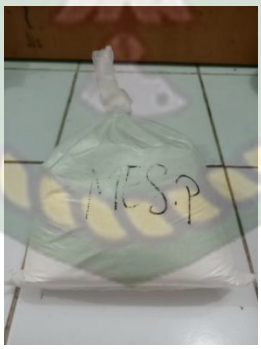
(u) Palu

Gambar 3. 2 Alat-Alat Penelitian

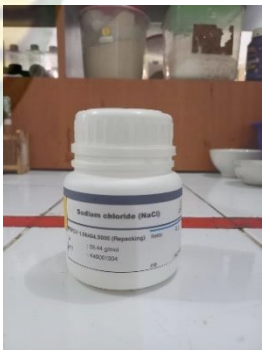
3.2.2 Bahan

1. Surfaktan *Alpha Olefin Sulfonate* (AOS)
2. Surfaktan *Methyl Ester Sulfonate* (MES)
3. NaCl
4. *Crude Oil*
5. *Aquadest*
6. *Brine*
7. Pasir Kuarsa
8. Semen
9. *Grease*

(a) Surfaktan AOS



(b) Surfaktan MES



(c) NaCl

(d) *Crude Oil*

(e) *Aquadest*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

(f) *Brine*

(g) Pasir Kuarsa (h) Semen (i) *Grease*

Gambar 3. 3 Bahan Penelitian

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Pembuatan *Core* Sintetik

Persiapan *core* sintetik dilakukan dengan 3 tahap yakni pembuatan, pencucian dan penjenuhan *core* sintetik (Hambali et al., 2012). *Core sandstone* sintetik terdiri atas bahan utama pasir kuarsa berukuran 40 mesh, semen dan pasir kuarsa. Berikut ini prosedur perolehan pasir 40 mesh:

1. Siapkan *Sieve* berukuran 16, 30, 40, 80, 200 mesh.
2. Susun dan letakkan *sieve* pada *shale shaker*, tutup *sieve* dan kunci dengan kuat agar *sieve* tidak lepas dari *shale shaker*
3. Hubungkan *shale shaker* dengan sumber listrik, hidupkan alat dengan menekan tombol power
4. Lakukan pengayakan selama 3 menit kemudian matikan alat setelah didapatkan pasir 40 mesh yang tertahan pada sieve 40
5. Putuskan alat dengan sumber listrik.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Core sintetik dibuat dengan perbandingan antara pasir kuarsa dan semen sebesar 5:2 dan tambahan air 10% dari berat total (pasir kuarsa dan semen) (Hambali et al., 2012). Berikut prosedur pembuatan *core* sintetik:

1. Siapkan pasir berukuran 40 mesh, Siapkan pipa paralon berdiameter 1 ¼ inch dan tinggi 4 cm sebagai cetakan *core*, kemudian lapisi bagian dalam pipa dengan *grease*. Penggunaa grease jangan terlalu banyak karena ketika *core* dikeringkan di dalam oven, grease akan mencair dan masuk kedalam pori batuan.
2. Menimbang pasir ukuran 40 mesh dan semen dengan perbandingan 5:2 dengan berat total 200 gr (142,8 gr pasir dan 57,14 gr semen). Campurkan kedalam suatu wadah kemudian diaduk hingga tercampur rata. Tambahkan air 15% (30 ml) dari berat total adonan *core* secara perlahan kemudian diaduk Kembali sampai rata.
3. Masukkan adonan *core* kedalam cetakan *core*, tekan adonan dengan ibu jari agar padat. Setelah cetakan *core* penuh dengan adonan *core*, mampatkan kembali dengan palu agar *core* benar-benar padat.
4. Masukkan *core* kedalam oven dengan suhu 60^{o}C selama 24 jam untuk proses pengeringan.
5. Keluarkan *core* yang sudah jadi dari cetakan *core*. Potong cetakan *core* secara vertikal dengan biji gergaji apabila *core* tetap sulit dikeluarkan. Wujud *core sandstone* sintetik dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.

Gambar 3. 4 Bentuk *Core Sandstone* Sintetik

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.3.2 Pengukuran Sifar Fisik Batuan

Pengukuran sifat fisik batuan diawali dengan mengukur dimensi batuan dengan menggunakan jangka sorong. Pengukuran diameter *core* dilakukan sebanyak 3 kali yakni pada bagian atas, tengah dan bawah *core* kemudian diambil rata-ratanya. Data dimensi *core* digunakan untuk mendapatkan nilai volume total batuan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Volume total batuan } (V_b) = \frac{1}{4}\pi d^2.t \quad (1)$$

Adapun sifat fisik batuan yang diukur diantaranya:

a. Porositas Batuan

Pengukuran porositas dilakukan dengan menggunakan *Gas Porosimeter* dengan prosedur sebagai berikut.

Persiapan Alat:

1. Atur semua panel pada alat *CORE* TEST TPI-219 ke posisi *CLOSED* kemudian hubungkan alat ke sumber listrik dan menyalakan alat dengan *switch power* di bagian belakang alat
2. Membuka panel VENT dan TO *CORE* dan mendiamkan selama ±30 menit
3. Mencatat nilai yang tertera pada *Digital Pressure Display* sebagai *ZeroPressure Calibration Data*

Kalibrasi:

1. Pastikan semua panel pada posisi *CLOSED*
2. Hidupkan alat *CORE* TEST TPI-219 dan injeksikan tekanan pada tabung gas sebesar ± 95 psi (pada regulator tabung)
3. Memutar panel GAS ON dan REGULATOR yang ada dibelakang *CORE*TEST TPI-219
4. Menyiapkan semua *Calibration Disk* (*billet*) dan dimasukkan ke dalam *Coreholder*
5. Injeksikan tekanan dari Tabung gas helium ke alat *CORE* TEST TPI-219 dengan cara memutar panel *SUPPLY GAS* sekitar 3–5 detik (jangan sampai mencapai angka 95) lalu panel *SUPPLY GAS* di *CLOSED*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

6. Membuka panel REF VOL dan catat tekanan pada alat sebagai **Preffull**
7. Membuka panel TO *CORE* dan catat tekanan pada alat *CORE* TEST TPI-219 sebagai **Pcupfull**
8. Membuka panel VENT kemudian membuka *Coreholder*
9. Mengeluarkan salah satu Billet yang ada di penampang *core*, dan catat Volume Billet tersebut sebagai ***Vbilletsremoved***
10. Atur semua panel pada kondisi *CLOSED*
11. Putar panel *SUPPLY GAS* hinggan tekanan konstan (dengan kondisi billet dikeluarkan) lalu panel *SUPPLY GAS* di *CLOSED*
12. Membuka panel REF VOL dan catat tekanan sebagai **Prefrem**
13. Membuka panel TO *CORE* dan catat tekanan sebagai **Pcuprem**
14. Membuka panel VENT kemudian membuka *Coreholder*
15. Memastikan semua panel dalam kondisi *CLOSED*

Pengujian:

1. Pilih billet yang tingginya minimal sama dengan tinggi sampel yang akan diuji dan dikeluarkan dari penampang *core,* lalu catat volume billet tersebut sebagai ***Vbilletsremoved***
2. Memasukkan sampel dan billet kedalam penampang *core*
3. Putar panel *SUPPLY GAS* hinggan tekanan konstan, lalu panel *SUPPLY GAS* di *CLOSED*
4. Membuka panel REF VOL dan catat tekanan sebagai **Prefsampel**
5. Membuka panel *TO CORE* dan catat tekanan sebagai **Pcupsampel**
6. Membuka panel VENT kemudian membuka *Coreholder*, ganti sampel *core* selanjutnya yang akan diuji.
7. Memastikan semua panel dalam kondisi *CLOSED*

Penutupan Alat:

1. Menutup *valve* gas tabung helium
2. Mengeluarkan gas dengan cara membuka panel *SUPPLY GAS*, REF VOL, *TO CORE* dan yang terakhir adalah VENT
3. Menutup semua panel keposisi *CLOSED*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

4. Mematikan alat lewat *switch power* di bagian belakang alat
5. Memutuskan alat dengan sumber listrik

b. Permeabilitas Batuan

Pengukuran permeabilitas batuan *sandstone* sintetik tidak dilakukan dengan alat permeameter dikarenakan alat tersebut mengalami kendala. Oleh karena itu pengukuran permeabilitas dilakukan dengan *Carman-Kozeny correlation* yang diasumsikan bentuk dan ukuran pasir ialah seragam dan memiliki nilai porositas efektif. Adapun persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$S_{vgr} = \frac{6}{d_{gr}} \quad (2)$$

$$k = \left(\frac{1}{5\ {S_{vgr}}^2}\right)\frac{\emptyset^3}{(1-\emptyset)^2} \quad (3)$$

keterangan:

Svgr = *Specific surface area*, cm^{-1}

Dgr = Diameter butir, cm

∅ = Porositas efektif, %

3.3.3 Pembuatan Larutan *Brine*

Pembuatan *brine* dilakukan dengan pencampuran garam (NaCl) dan *aquadest*. Salinitas *brine* 10.000 ppm dibuat dengan melarutkan 10 gr NaCl kedalam 1000 ml *aquadest* (Pauhesti et al., 2017). Seterusnya untuk salinitas *brine* 15.000 ppm (15 gr NaCl + 1000 ml *aquadest*) dan salinitas *brine* 20.000 ppm (20 gr NaCl + 1000 ml *aquadest*). Campuran tersebut kemudian diaduk dengan pengaduk sampai homogen.

Langkah Percobaan:

1. Timbang NaCl untuk berbagai salinitas (10 gr untuk 10.000 ppm, 15 gr untuk 15.000 ppm, dan 20 gr untuk 20.000 ppm).
2. Campurkan NaCl kedalam *Aquadest* dengan komposisi larutan *brine* yakni: Salinitas 10.000 ppm = 10 gr NaCl + 1000 ml *aquadest*, Salinitas 15.000 ppm = 15 gr NaCl + 1000 ml *aquadest*, dan Salinitas 20.000 ppm= 20 gr NaCl + 1000 ml *aquadest*. NaCl yang telah ditimbang

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

dimasukkan kedalam gelas kimia 500 ml kemudian tambahkan *aquadest* secukupnya dan aduk larutan dengan batang pengaduk sampai terlarut.

3. Setelah NaCl terlarut, pindahkan larutan kedalam labu ukur 1000 ml menggunakan corong kemudian tambahkan *aquadest* sampai garis batas.
4. Tutup labu ukur kemudian kocok dengan membolak-balikkan labu ukur keatas dan kebawah sampai larutan homogen
5. Saring larutan *brine* dengan kertas saring untuk selanjutnya digunakan dalam pembuatan larutan surfaktan.

3.3.4 Pembuatan Larutan Surfaktan

Pembuatan larutan surfaktan dengan variasi konsentrasi 0,1; 0,2 dan 0,3 % dilakukan dengan formulasi sebagai berikut:

Konsentrasi surfaktan 0,1%

Volume yang diinginkan : 50 ml

(% w/v) zat terlarut $= \frac{gr\ zat\ terlarut}{ml\ larutan} \times 100\%$

0,1% $= \frac{gr\ Zat\ Terlarut}{50\ \text{ml}} \times 100\%$

gr zat terlarut $= 0{,}1\% \times 50$ ml

gr zat terlarut $= 0{,}05\ gr$

Komposisi larutan $= 50\ ml - 0{,}05\ gr = 49{,}95\ ml$

Konsentrasi surfaktan 0,2%

(% w/v) zat terlarut $= \frac{gr\ zat\ terlarut}{ml\ larutan} \times 100\%$

0,2% $= \frac{gr\ Zat\ Terlarut}{50\ \text{ml}} \times 100\%$

gr zat terlarut $= 0{,}2\% \times 50$ ml

gr zat terlarut $= 0{,}1\ gr$

Komposisi larutan $= 50\ ml - 0{,}1\ gr = 49{,}9\ ml$

Konsentrasi surfaktan 0,3%

(% w/v) zat terlarut $= \frac{gr\ zat\ terlarut}{ml\ larutan} \times 100\%$

0,3% $= \frac{gr\ Zat\ Terlarut}{50\ \text{ml}} \times 100\%$

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

gr zat terlarut $= 0{,}3\% \times 50$ ml

gr zat terlarut $= 0{,}15\ gr$

Komposisi larutan $= 50\ ml - 0{,}15\ gr = 49{,}85\ ml$

Langkah percobaan:

1. Timbang surfaktan berbagai konsentrasi (0,1% = 0,05 gr; 0,2% = 0,1 gr; 0,3% = 0,15 gr)
2. Campurkan surfaktan kedalam *brine* berbagai salinitas dengan komposisi surfaktan dan volume *brine* yakni: 0,05 gr + 49,95 ml; 0,1 gr + 49,5 ml; dan 0,15 gr + 49,85 ml. Surfaktan yang telah ditimbang dimasukkan kedalam gelas kimia 50 ml kemudian tambahkan *aquadest* secukupnya, masukkan *stirrer* kedalamnya kemudian tempatkan diatas *magnetic stirrer* untuk proses pengadukan. Lakukan pengadukan selama 6 menit.
3. Setelah surfaktan terlarut dalam *brine*, pindahkan larutan surfaktan kedalam wadah botol atau tabung reaksi untuk selanjutnya dilakukan uji kompatibilitas.

3.3.5 Pengukuran sifat fisik Minyak

Adapun sifat fisik minyak yang diukur antara lain:

a. Densitas, *Spesific Grafity* dan ^{o}API

Densitas, *specific gravity* (SG) dan °API adalah sifat minyak yang menentukan kualitas dari minyak tersebut. Jika derajat API tinggi dan SG rendah maka minyak sangat berharga karena mengandung banyak bensin. Untuk mengetahui nilai SG dan ^{o}API maka dilakukan pengukuran densitas terlebih dahulu dimana:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (4)$$

Massa minyak dapat ditentukan dengan cara menimbang berat labu volumetrik kosong dan berat volumetrik berisi fluida kemudian disubtitusikan kedalam rumus:

m = (massa labu ukur isi) – (massa labu ukur kosong) (5)

Nilai densitas yang diperoleh akan digunakan untuk persamaan penentuan SG kemudian ^{o}API dengan rumus:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

$$SG = \frac{\rho_{fluida}}{\rho_{air}} \quad (6)$$

$$^{o}API = \frac{141{,}5}{SG} - 131{,}5 \quad (7)$$

b. Viskositas

Pengukuran viskositas *crude oil* pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan persamaan korelasi Glaso dimana perhitungan dan analisis viskositas minyak didasarkan pada kondisi minyak tersebut yakni tekanan, derajat API dan temperatur minyak dalam *Rankine* dengan rumus sebagai berikut:

$$\mu = (3.14(10^{10}))\,(T - 460)^{-3.444}(\log API)^{\alpha} \quad (8)$$

$$\alpha = 10.313\,(log(T - 460)) - 36.447 \quad (9)$$

3.3.6 Uji Kompatibilitas

Uji kompatibilitas adalah uji karakterisasi yang paling awal dalam larutan surfaktan. Surfaktan yang akan digunakan dalam pengukuran sudut kontak sebelumnya akan di uji kompatibilitasnya. Terdapat 18 sampel yang akan diuji, adapun serangkaian sampel tersebut disajikan pada **Tabel 3.1** dibawah ini.

Tabel 3. 1 Rangkaian Sampel surfaktan

Surfaktan	Konsentrasi, %	Salinitas *Brine*, ppm		Surfaktan	Konsentrasi, %	Salinitas *Brine*, ppm
MES	0,1	10.000		AOS	0,1	10.000
MES	0,2	10.000		AOS	0,2	10.000
MES	0,3	10.000		AOS	0,3	10.000
MES	0,1	15.000		AOS	0,1	15.000
MES	0,2	15.000		AOS	0,2	15.000
MES	0,3	15.000		AOS	0,3	15.000
MES	0,1	20.000		AOS	0,1	20.000
MES	0,2	20.000		AOS	0,2	20.000
MES	0,3	20.000		AOS	0,3	20.000

Langkah Percobaan:

1. Beri label yang akan digunakan sebagai wadah pengujian surfaktan.
2. Masukkan larutan surfaktan kedalam tabung reaksi atau wadah lainnya yang telah dibeli label kemudian tutup menggunakan aluminium foil.
3. Amati larutan tersebut, apakah larutan menjadi dua fasa atau satu fasa. Jika terbentuk 2 fasa maka larutan tidak kompatibel dan tidak lolos dalam uji

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

kelarutan ini. Larutan surfaktan dikatakan stabil apabila terlarut sempurna atau membentuk 1 fasa.

4. Surfaktan yang lolos uji kompatibilitas selanjutnya digunakan untuk uji wettabilitas

3.3.7 Uji Wettabilitas

Uji wettabilitas dapat ditentukan melalui analisis sudut kontak dengan metode *sessile drop*. *Core* sintetik yang akan diuji wettabilitasnya sebelumnya harus dijenuhi oleh *brine* dan minyak. Berikut prosedur penjenuhan *core* dengan *brine* dan minyak:

a. Penjenuhan *core* dengan *brine*

1. Masukkan *brine* kedalam gelas kimia kemudian masukkan *core* kedalam gelas tersebut.
2. Masukkan gelas kimia yang telah berisi *core* dan *brine* kedalam vacuum oven
3. Nyalakan vacuum pump. Gelembung yang muncul menandakan bahwa *brine* mulai masuk kedalam pori-pori batuan
4. Vakum *core* selama lebih dari 6 jam sampai tekanan inlet stabil
5. Diamkan dan rendam *core* dalam *brine* pada suhu ruang selama 1-3 hari atau lebih agar *core* sintetik semirip mungkin dengan *core* dari lapangan.

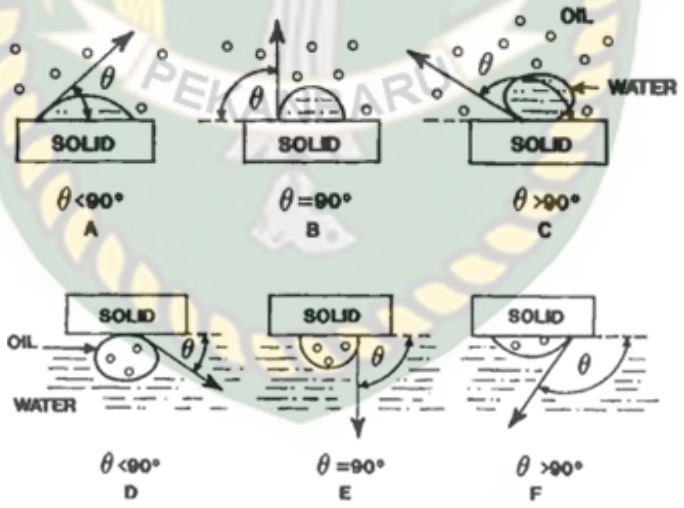
b. Penjenuhan *core* dengan minyak

1. Masukkan minyak kedalam gelas kimia, kemudian masukkan *core* kedalam gelas kimia tersebut
2. Masukkan gelas kimia berisi *core* dan minyak kedalam vacuum oven
3. Nyalakan vacuum pump. Gelembung yang muncul menandakan bahwa minyak mulai masuk kedalam pori-pori batuan
4. Lakukan pemvakuman selama lebih dari 6 jam atau sampai gelembung sudah tidak muncul lagi yang menandakan bahwa minyak sudah 100% tersaturasi oleh minyak.
5. Keluarkan dan diamkan *core* pada suhu ruang selama 24 jam.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Pengujian wettabilitas dilakukan dengan analisis sudut kontak minyak dan sudut kontak surfaktan pada suhu 60^{o}C dan 70^{o}C. berikut prosedur pengujian wettabilitas:

1. Persiapkan *core* yang telah disaturasi minyak. *Core* yang telah disaturasi oleh minyak ini dianggap sebagai *oil wet core* (Babu et al., 2015).
2. Masukkan *core* yang akan diuji kedalam oven dengan suhu pengujian.
3. Teteskan minyak diatas permukaan *core* kemudian diamati secara visual bentuk tetesannya.
4. Teteskan larutan surfaktan secara perlahan diatas permukaan *core* kemudian dipantau perubahan bentuk tetesan selama 30 menit (Babu et al., 2015).
5. Bandingkan bentuk tetesan minyak dan tetesan surfaktan. Apabila bentuk tetesan surfaktan menghasilkan sudut kontak dibawah 90^{o} seperti pada **Gambar 3.4** bagian A maka *core* mengindikasikan *water wet*, begitu pula sebaliknya.



Gambar 3. 5 Pengukuran sudut kontak

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.4 Jadwal Penelitian

Adapun jadwal penelitian yang akan dilakukan selama penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.2** dibawah ini.

Tabel 3. 2 Jadwal Penelitian

Tahapan Penelitian	**Tahun 2021 - 2022**															
	Desember				**Januari**				**Februari**				**Maret**			
	1	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Studi Literatur																
Persiapan alat dan bahan																
Pembuatan *brine* sintetik																
Pembuatan surfaktan variasi konsentrasi																
Uji Kompatibilitas																
Pembuatan *core sandstone* sintetik																
Penentuan sifat fisik *core*																
Penentuan sifat fisik minyak																
Penjenuhan *core*																
Uji Wettabilitas																
Pengolahan dan analisis data																

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB IV
PEMBAHASAN

4.1 Uji Kompatibilitas

Sebagai salah satu syarat bahan kimia yang efektif untuk proses EOR, larutan surfaktan harus kompatibel yang artinya tidak membentuk endapan sehingga tidak terjadi penyumbatan atau *plugging* pada pori-pori batuan (Darmapala, 2019). Pengujian kompatibilitas ini dilakukan dengan melarutkan surfaktan dengan berbagai variasi konsentrasi kedalam *brine* sintetik berbagai salinitas kemudian diamati perubahan yang terjadi pada larutan tersebut setelah 7 hari. Hasil pengujian kompatibilitas surfaktan MES disajikan pada **Tabel 4.1**. Hasil pengujian kompatibitilas surfaktan AOS disajikan pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4. 1 Hasil Uji Kompatibitilas Surfaktan MES

Konsentrasi Surfaktan (%)	**Salinitas *Brine* (ppm)**	**Hasil**		
		Hari 1	**Hari ke-3**	**Hari ke-7**
0,1	10.000	1 fasa, *milky*	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih
0,2	10.000	1 fasa, *milky*	2 fasa, jernih	2 fasa, jernih
0,3	10.000	1 fasa, *milky*	2 fasa, jernih	2 fasa, jernih
0,1	15.000	1 fasa, *milky*	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih
0,2	15.000	1 fasa, *milky*	2 fasa, jernih	2 fasa, jernih
0,3	15.000	1 fasa, *milky*	2 fasa, jernih	2 fasa, jernih
0,1	20.000	1 fasa, *milky*	2 fasa, jernih	2 fasa, jernih
0,2	20.000	1 fasa, *milky*	2 fasa, jernih	2 fasa, jernih
0,3	20.000	1 fasa, *milky*	2 fasa, jernih	2 fasa, jernih

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 4. 2 Hasil Uji Kompatibitilas Surfaktan AOS

Konsentrasi Surfaktan (%)	**Salinitas *Brine* (ppm)**	**Hasil**		
		Hari 1	**Hari ke-3**	**Hari ke-7**
0,1	10.000	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih
0,2	10.000	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih
0,3	10.000	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih
0,1	15.000	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih
0,2	15.000	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih
0,3	15.000	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih
0,1	20.000	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih
0,2	20.000	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih
0,3	20.000	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih	1 fasa, jernih

Hasil pengujian menunjukkan bahwa surfaktan MES hanya terlarut sempurna pada konsentrasi rendah yakni 0,1% pada salinitas 10.000 ppm dan 15.000 ppm. Pada konsentrasi dan salinitas yang lebih tinggi larutan surfaktan MES tidak larut sempurna dan terbentuk 2 fasa yang ditunjukkan dengan adanya endapan. Berdasarkan **Tabel 4.1**, maka larutan surfaktan MES yang lolos uji kompatibilitas hanya 2 formulasi yakni pada konsentrasi 0,1% 10.000 ppm dan 0,1% 15.000 ppm. Dua formulasi larutan surfaktan MES ini yang akan lanjut pada uji wettabilitas.

Hasil pengujian kompatibilitas surfaktan AOS menunjukkan bahwa surfaktan AOS terlarut sempurna, jernih, homogen atau 1 fasa pada semua variasi konsentrasi dan salinitas. Berdasarkan **Tabel 4.2**, maka seluruh formulasi surfaktan AOS dinyatakan kompatibel dan layak dilanjutkan pada uji wettabilitas.

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa surfaktan MES dengan konsentrasi dan salinitas tinggi dapat membentuk endapan atau tidak larut sempurna, sedangkan surfaktan AOS tetap stabil pada semua variasi konsentrasi surfaktan dan salinitas *brine*.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

4.2 Uji Wettabilitas

Pengujian wettabilitas dilakukan dengan metode *sessile drop* menggunakan surfaktan berbagai variasi konsentrasi dan air formasi berbagai variasi salinitas. Uji wettabilitas ini dilakukan pada temperatur 60^{o}C dan 70^{o}C menggunakan *core sandstone* sintetik. *Core sandstone* sintetik yang telah disaturasi dengan oil dan dianggap sebagai *oil wet core* kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu pengujian tertentu. Pengujian ini diamati secara visual yang disajikan pada **Lampiran VI**. *Core* awalnya ditetesi oleh minyak kemudian diamati bentuk tetesan atau sudut kontak secara visual, selanjutnya *core* ditetesi dengan surfaktan dan bandingkan bentuk tetesan atau sudut kontak surfaktan dengan bentuk tetesan minyak pada *core* dengan mengacu pada **Gambar 3.5** dapat diketahui indikasi wettabilitas batuan *sandstone*. Hasil uji wettabilitas keseluruhan disajikan pada **Tabel 4.3** berikut:

Tabel 4. 3 Hasil Uji Wettabilitas

Sampel	Salinitas (ppm)	Surfaktan	Konsentrasi (%)	Hasil Uji Wettabilitas	
				Ditetesi oleh minyak	Ditetesi oleh sufaktan
1	10.000	MES	0,1	*Oil wet*	*Water wet*
2	15.000	MES	0,1	*Oil wet*	*Water wet*
3	10.000	AOS	0,1	*Oil wet*	*Water wet*
4	10.000	AOS	0,2	*Oil wet*	*Water wet*
5	10.000	AOS	0,3	*Oil wet*	*Water wet*
6	15.000	AOS	0,1	*Oil wet*	*Water wet*
7	15.000	AOS	0,2	*Oil wet*	*Water wet*
8	15.000	AOS	0,3	*Oil wet*	*Water wet*
9	20.000	AOS	0,1	*Oil wet*	*Water wet*
10	20.000	AOS	0,2	*Oil wet*	*Water wet*
11	20.000	AOS	0,3	*Oil wet*	*Water wet*

Selanjutnya larutan surfaktan akan diuji kinerjanya dalam merubah wettabilitas serta pengaruh salinitas, konsentrasi dan temperatur surfaktan terhadap perubahan wettabilitas batuan *sandstone*.

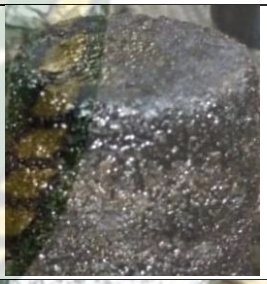
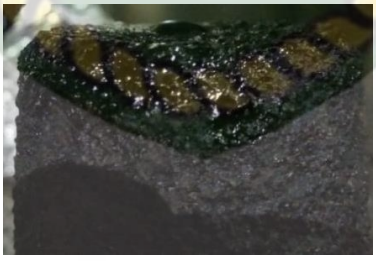
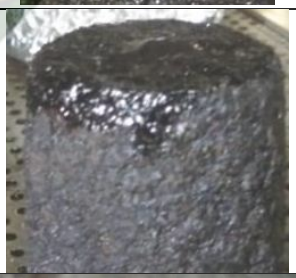
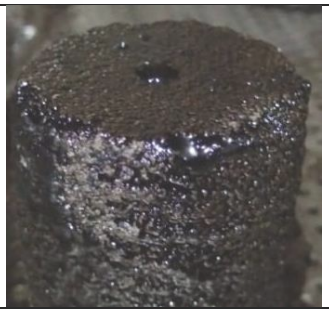
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

4.2.1 Pengaruh Jenis Surfaktan Terhadap Wettabilitas Batuan

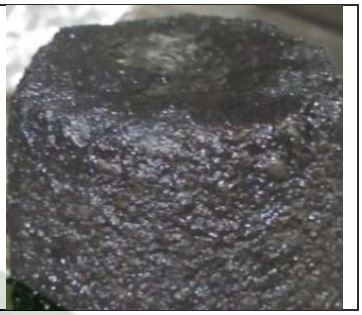
Jenis Surfaktan Sintetik AOS dan Biosurfaktan MES akan diuji masing-masing pengaruhnya terhadap perubahan wettabilitas batuan. Dalam hal ini dilihat kinerja antar keduanya dalam mendorong minyak dan menghasilkan sudut kontak surfaktan terkecil. Larutan surfaktan yang akan dibandingkan kinerjanya adalah surfaktan dengan salinitas dan konsentrasi yang sama seperti yang disajikan pada **Tabel 4.4**. Adapun larutan surfaktan yang dimaksud antara lain:

a. Surfaktan MES 0,1% 10.000 ppm dibandingkan kinerjanya dengan surfaktan AOS 0,1% 10.000 ppm.
b. Surfaktan MES 0,1% 15.000 ppm dibandingkan kinerjanya dengan surfaktan AOS 0,1% 15.000 ppm.

Tabel 4. 4 Pengaruh Jenis Surfaktan Terhadap Wettabilitas Batuan

	Sampel Surfaktan	**Waktu Pengujian**	
		0 menit	**10 menit**
Skenario I	MES 0,1% 10.000 ppm		
	AOS 0,1% 10.000 ppm		
Scenario II	MES 0,1% 15.000 ppm		

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

	AOS 0,1% 15.000 ppm		

Berdasarkan **Tabel 4.4** diatas, diperoleh sudut kontak untuk masing-masing sampel. Hasil uji wettabilitas pada skenario I: surfaktan MES 0,1% 10.000 ppm vs AOS 0,1% 10.000 ppm menunjukkan bahwa bentuk tetesan surfaktan pada batuan menghasilkan sudut kontak < 90° yang mengindikasikan bahwa batuan tersebut bersifat *water wet*. Perbandingan kinerja antara keduanya dalam mengubah wettabilitas dapat dilihat dari tetesan surfaktan yang tercipta antara dua larutan tersebut. Berdasarkan analisis saat pengujian, maka disimpulkan surfaktan MES 0,1% 10.000 ppm lebih baik kinerjanya dalam mengubah wettabilitas batuan *sandstone* dari *oil wet* menuju *water wet*.

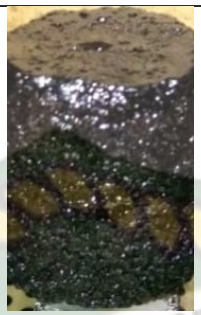
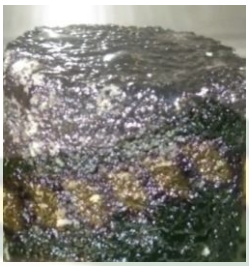
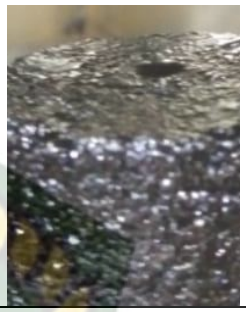
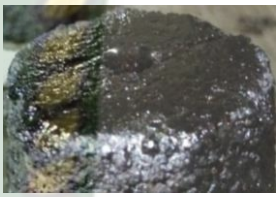
Hasil uji wettabilitas pada skenario II: surfaktan MES 0,1% 15.000 ppm vs AOS 0,1% 15.000 ppm juga menunjukkan hal yang sama dengan skenario I dimana sudut kontak surfaktan yang tercipta yakni < 90° yang mengindikasikan batuan tersebut bersifat *water wet*. Berdasarkan analisis saat pengujian disimpulkan surfaktan MES 0,1% 10.000 ppm lebih baik kinerjanya dalam mengubah wettabilitas batuan *sandstone* dari *oil wet* menuju *water wet* dibanding dengan surfaktan AOS.

4.2.2 Pengaruh Salinitas Terhadap Wettabilitas Batuan

Penelitian ini menggunakan beberapa variasi salinitas diantaranya 10.000 ppm, 15.000 ppm dan 20.000 ppm. Melalui perbedaan salinitas ini, dapat dilihat pula perbedaannya dalam mendorong minyak dan menghasilkan sudut kontak surfaktan. Larutan surfaktan yang akan dibandingkan adalah larutan dengan konsentrasi yang berbeda namun dengan salinitas yang sama seperti yang disajikan pada **Tabel 4.5** berikut:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 4. 5 Pengaruh Salinitas Terhadap Wettabilitas Batuan

Skenario Pengujian I	AOS 0,1% 10.000 ppm	AOS 0,1% 15.000 ppm	AOS 0,1% 20.000 ppm
Hasil Pengujian Secara Visual			
Skenario Pengujian II	AOS 0,2% 10.000 ppm	AOS 0,2% 15.000 ppm	AOS 0,2% 20.000 ppm
Hasil Pengujian Secara Visual			
Skenario Pengujian III	AOS 0,3% 10.000 ppm	AOS 0,3% 15.000 ppm	AOS 0,3% 20.000 ppm
Hasil Pengujian Secara Visual			

Hasil Pengujian variasi salinitas dengan konsentrasi surfaktan yang sama menunjukkan bahwa sudut kontak surfaktan AOS dari yang terkecil ke terbesar berturut-turut ialah:

a. Skenario I: 10.000 ppm, 15.000 ppm dan 20.000 ppm.
b. Skenario II: 10.000 ppm, 15.000 ppm dan 20.000 ppm.
c. Skenario III: 10.000 ppm, 15.000 ppm dan 20.000 ppm.

Berdasarkan hasil pengujian diatas, maka salinitas mempengaruhi wettabilitas batuan, dimana salinitas yang lebih kecil menghasilkan sudut kontak surfaktan yang kecil pula (kecil dari 90^o). Sudut kontak surfaktan $>90^o$ menunjukkan bahwa surfaktan mampu mendorong atau mendesak minyak

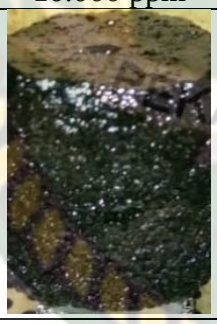
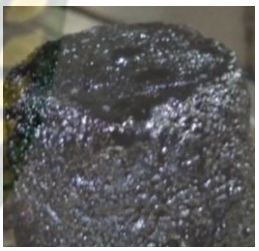
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

kebatuan *core sandstone* yang mengindikasikan batuan bersifat *water wet*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Setiati et al., (2018), Sahputra et al., (2017) dan Zheng (2012). Pada penelitian ini, disimpulkan bahwa salinitas *brine* pada 10.000 ppm lebih optimal mengubah wettabilitas batuan *sandstone* menjadi *water wet* dibandingkan dengan salinitas *brine* pada salinitas 15.000 ppm dan 20.000 ppm.

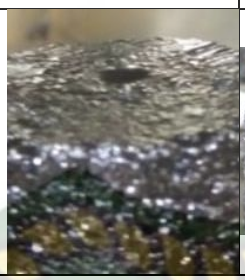
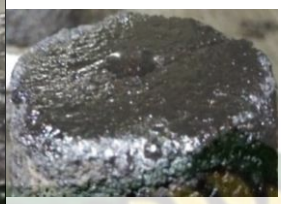
4.2.3 Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Terhadap Wettabilitas Batuan

Penelitian ini menggunakan beberapa variasi konsentrasi diantaranya 0,1%; 0,2% dan 0,3%. Melalui perbedaan konsentrasi ini, dapat dilihat pula perbedaannya dalam mendorong minyak dan menghasilkan sudut kontak surfaktan. Larutan surfaktan yang akan dibandingkan adalah larutan dengan konsentrasi yang berbeda namun dengan salinitas yang sama seperti yang disajikan pada **Tabel 4.6** berikut:

Tabel 4. 6 Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Terhadap Wettabilitas Batuan

Skenario Pengujian I	AOS 0,1% 10.000 ppm	AOS 0,2% 10.000 ppm	AOS 0,3% 10.000 ppm
Hasil Pengujian Secara Visual			
Skenario Pengujian II	AOS 0,1% 15.000 ppm	AOS 0,2% 15.000 ppm	AOS 0,3% 15.000 ppm
Hasil Pengujian Secara Visual			

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Skenario Pengujian III	AOS 0,1% 20.000 ppm	AOS 0,2% 20.000 ppm	AOS 0,3% 20.000 ppm
Hasil Pengujian Secara Visual			

Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa konsentrasi yang lebih tinggi menghasilkan sudut kontak surfaktan yang kecil pula (<90^{o}). Sudut kontak surfaktan yang kecil menunjukkan bahwa surfaktan mampu mendorong atau mendesak minyak kebatuan *core*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Setiati et al., (2018) dan Sahputra et al., (2017) dimana semakin tinggi konsentrasi surfaktan maka semakin *water wet* batuannya. Hal ini terjadi karena jumlah surfaktan yang meningkat pada suatu larutan akan menambah keefektifan kinerjanya dalam merubah wettabilitas batuan dari *oil wet* menjadi *water wet*. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa konsentrasi surfaktan pada 0,3% lebih baik kinerjanya dalam mengubah wettabilitas batuan *sandstone* menjadi *water wet* dibandingkan dengan konsentrasi 0,2% dan 0,1%.

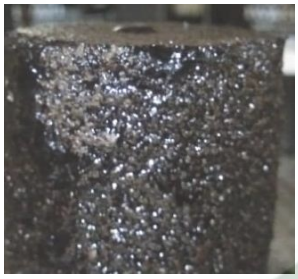
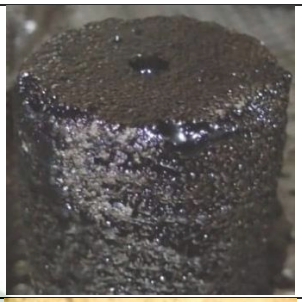
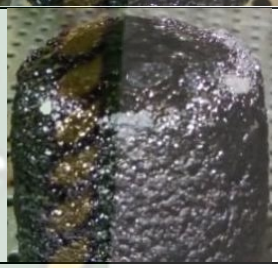
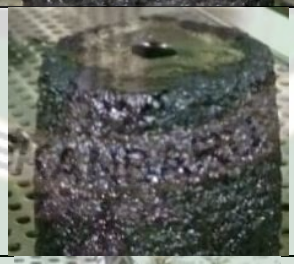
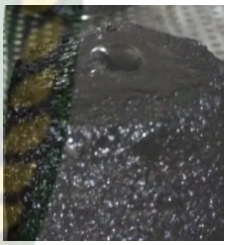
4.2.4 Pengaruh Temperatur Terhadap Wettabilitas Batuan

Pada penelitian ini pengujian wettabilitas menggunakan dua temperatur yakni 60^{o}C dan 70^{o}C. Pengaruh temperatur terhadap wettabilitas disajikan pada **Tabel 4.7** berikut:

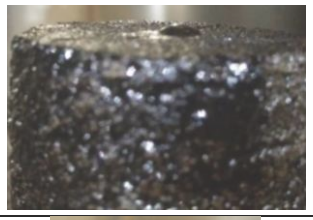
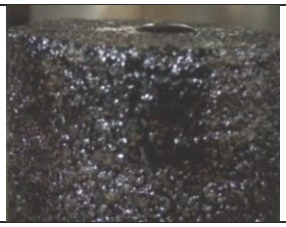
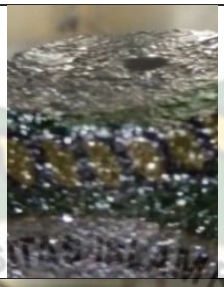
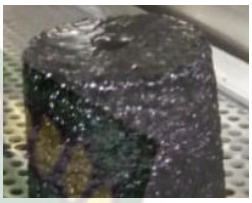
Tabel 4. 7 Pengaruh Temperatur Terhadap Wettabilitas Batuan

Sampel Surfaktan	Temperatur 60^{o}C	Temperatur 70^{o}C
MES 0,1% 10.000 ppm		

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

MES 0,1% 15.000 ppm		
AOS 0,1% 10.000 ppm		
AOS 0,2% 10.000 ppm		
AOS 0,3% 10.000 ppm		
AOS 0,1% 15.000 ppm		
AOS 0,2% 15.000 ppm		

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

AOS 0,3% 15.000 ppm		
AOS 0,1% 20.000 ppm		
AOS 0,2% 20.000 ppm		
AOS 0,3% 20.000 ppm		

Berdasarkan pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa temperatur mempengaruhi wettabilitas batuan. temperatur yang lebih tinggi dapat mengubah sudut kontak surfaktan menjadi *water wet* hal ini disebabkan karena pada temperatur yang lebih tinggi viskositas minyak akan menurun sehingga proses pendorongan minyak oleh surfaktan menjadi lebih mudah. Peningkatan suhu tersebut akan meningkatkan perolehan minyak (Zheng, 2012). Pada penelitian ini, temperatur 70^{o}C lebih optimal dalam mengubah wettabilitas batuan *sandstone* dari *oil wet* menjadi *water wet* dibandingkan dengan suhu pengujian 60^{o}C. Pengaruh temperatur dalam pengujian wettabilitas ini sesuai hasilnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Sahputra, Kasmungin, Fathaddin, et al, (2017).

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kedua surfaktan yang diuji dapat mengubah wettabilitas batuan dari *oil wet* menjadi *water wet*. Pada penelitian ini, Surfaktan MES memiliki kinerja terbaik dalam mengubah wettabilitas batuan dibandingkan dengan surfaktan AOS.
2. Beberapa variasi salinitas, konsentrasi dan suhu sangat mempengaruhi wettabilitas batuan. pada penelitian ini pengaruh 3 hal tersebut terhadap wettabilitas antara lain:
   a. Salinitas yang lebih rendah (≤10.000 ppm) mampu mengubah wettabilitas batuan menjadi *water wet* secara lebih baik dibandingkan dengan salinitas yang tinggi (≥10.000 ppm). Dalam kata lain wettabilitas batuan menjadi *oil wet* seiring dengan peningkatan salinitas air formasi.
   b. Konsentrasi berbanding terbalik dengan pengaruh salinitas. Konsentrasi yang lebih tinggi (≥0,3%) mampu memaksimalkan kinerja surfaktan dalam mengubah wettabilitas batuan. Komposisi surfaktan yang lebih banyak didalam larutan surfaktan membuat keefektifannya lebih baik dibandingkan dengan komposisi surfaktan yang sedikit (konsentrasi rendah). Dalam kata lain wettabilitas batuan menjadi *water wet* seiring dengan peningkatan konsentrasi surfaktan.
   c. Suhu pengujian mempengaruhi perubahan wettabilitas. Seiring dengan peningkatan suhu, wettabilitas batuan menjadi lebih *water wet*. Dari hasil penelitian suhu 70^{o}C menghasilkan sudut kontak surfaktan yang lebih kecil dibandingkan pada suhu pengujian 60^{o}C.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan peneliti untuk pembaca maupun peneliti selanjutnya diantanya sebagai berikut:

1. Menggunakan rangkaian alat *Pendandrop Tensiometer* atau *contact angel goniometer* agar mendapat nilai mutlak (kuantitas) sudut kontak yang dihasilkan.
2. Melakukan uji karakteristik surfaktan lainnya seperti: uji stabilitas termal, uji IFT, uji adsorpsi dan uji kelakuan fasa.
3. Melakukan *coreflooding* atau imbibisi untuk mengetahui kinerja terbaik dalam peningkatan perolehan minyak.
4. Menggunakan salinitas yang lebih rendah dan konsentrasi surfaktan yang lebih tinggi untuk menghasilkan sudut kontak surfaktan yang lebih kecil ($>90^o$) sehingga dapat meningkatkan kinerja perubahan wettabilitas batuan yang lebih optimal.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR PUSTAKA

Al-hadhrami, H. S., Oman, P. D., Blunt, M. J., & College, I. (2001). Thermally Induced Wettability Alteration To Improve Oil Recovery in Fractured Reservoirs. *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*, *June*.

Anderson, W. G. (1986a). Wettability Literature Survey - Part 1: Rock-Oil-Brine Interactions and the Effects of Core Handlding on Wettability. *Society of Petroleum Engineers of AIME, (Paper) SPE*.

Anderson, W. G. (1986b). Wettability Literature Survey - Part 2: Wettability Measurement. *JPT, Journal of Petroleum Technology*, *38*(12), 1246–1262.

Ansyori, M. R. (2018). Mengenal Enhanced Oil Recovery (EOR) Sebagai Solusi Meningkatkan Produksi Minyak. *Swara Patra*, *8*(2), 16–22.

Babu, K., Pal, N., Bera, A., Saxena, V. K., & Mandal, A. (2015). Studies on interfacial tension and contact angle of synthesized surfactant and polymeric from castor oil for enhanced oil recovery. *Applied Surface Science*, *353*, 1126–1136.

Chen, H. L., Lucas, L. R., Nogaret, L. A. D., Yang, H. D., & Kenyon, D. E. (2000). Laboratory Monitoring of Surfactant Imbibition Using Computerized Tomography. *Proceedings of the SPE International Petroleum Conference and Exhibition of Mexico*, 271–284.

Dandekar, A. Y. (2013). Petroleum Reservoir Rock and Fluid Properties. In *CRC Press* (2nd ed.). CRC Pres. https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.1.c21

Darmapala. (2019). *Potensi Peningkatan Produksi Minyak Bumi dengan Chemical EOR melalui Pemanfaatan Surfaktan Berbasis Minyak Kelapa Sawit* (Issue November).

Deskha, A., Sugiatmo, & Kartika. (2017). Pengaruh Konsentrasi Nonyl Phenol Exthoxylate Terhadap Kinerja Surfaktan AOS Sebagai Bahan Chemical Flooding Pada Batuan Pasir. *Seminar Nasional Cendekiawan Ke-3*, 59–68.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Eni, H., Sutriah, K., & Muljani, S. (2017). Surfactant based on Palm Oil for EOR Application at Intermediate Oil Field. *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi*, *51*(1), 2–7.

Gbadamosi, A. O., Junin, R., Manan, M. A., Agi, A., & Yusuff, A. S. (2019). An overview of chemical enhanced oil recovery: recent advances and prospects. In *International Nano Letters* (Vol. 9, Issue 3). Springer Berlin Heidelberg.

Golabi, E., Azad, F. S., Ayatollahi, S. S., Hosseini, S. N., Branch, O., & Engineering, P. (2012). Experimental Study of Wettability Alteration of Limestone Rock from Oil- Wet to Water-Wet using Various Surfactants. *Proceedings of the SPE Heavy Oil Conference Canada Held in Calgary*, 1–16.

Hambali, E., Rukmana, D., & Nurfitri, R. (2012). Pemanfaatan Metil Ester Jarak Pagar Menjadi Surfaktan MES untuk Aplikasi Sebagai Oil Well Stimulation Agent. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, *17*(1), 8–15.

Koesoemadinata, R. (1978). *Geologi Minyak dan Gas Bumi* (2nd ed.). ITB.

Majidaie, S., Muhammad, M., Tan, I. M., & Demiral, B. (2011). Green surfactant for enhanced oil recovery. *2011 National Postgraduate Conference - Energy and Sustainability: Exploring the Innovative Minds, NPC 2011*.

Nugroho, A., & Buchori, L. (2019). Sintesa Metil Ester Sulfonat dari Minyak Jarak Pagar (Jathropa Curcas Oil) dan Aplikasinya pada Proses Enhanced Oil Recovery (EOR). *Metana*, *15*(1), 19.

Pauhesti, Kasmungin, S., & Hartono, K. F. (2017). Uji Laboratorium untuk Meningkatkan Perolehan Minyak Menggunakan Injeksi Surfaktan AOS Konsentrasi Rendah. *Jurnal Petro, VI*(2), 66–70.

Purwanto, S. (2006). *Penggunaan Surfaktan Metil Ester Sulfonat dalam Formula Agen Pendesak Minyak Bumi*. Institut Pertanian Bogor.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Rachim, P. F., Mirta, E. L., & Thoha, M. Y. (2012). Pembuatan Surfaktan Natrium Lignosulfonat Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Sulfonasi Langsung. *Jurnal Teknik Kimia*, *18*(1), 41–46.

Reningtyas, R., & Mahreni. (2015). Biosurfaktan. *Eksergi*, *XII*(2), 12–22.

Rivai, M. (2011). *Produksi dan Formulasi Surfaktan Berbasis Metil Ester Sulfonat dari Olein Sawit Untuk Aplikasi Enhanced Oil Recovery*. Istitut Pertanian Bogor.

Rivai, M., Irawadi, T. T., Suryani, A., & Setyaningsih, D. (n.d.). Perbaikan proses produksi surfaktan metil ester sulfonat dan formulasinya untuk aplikasi Enhanced Oil Recovery (EOR). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, *21*, 41–49.

Rivai, M., Irawadi, T. T., Suryani, A., Setyaningsih, D., & Hambali, E. (2011). Penentuan Lama Sulfonasi Pada Proses Produksi Surfaktan Mes Untuk Aplikasi Eor (Determination of Sulfonation Time in Mes Surfactant Process Production for Eor Application). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, *16*(1), 28–34.

Sahputra, M. A., Kasmungin, S., & Fathaddin, T. (2017). Wettability Studies of Sandstone After the Injection Process of Surfactant By Observing Salinity Effect , Surfactant Concentration and Temperature. *Seminar Nasional Cendekiawan Ke-3*, 159–169.

Sahputra, M. A., Kasmungin, S., Fathaddin, T., Degree, M., Degree, M., & Degree, M. (2017). *Wettability Studies of Sandstone After The Injection Process of Surfactant By Observing Salinity Effect, Surfactant Concentration and Temperature*. 159–169.

Salehi, M., Johnson, S. J., & Liang, J. T. (2008). Mechanistic study of wettability alteration using surfactants with applications in naturally fractured reservoirs. *Langmuir*, *24*(24), 14099–14107. https://doi.org/10.1021/la802464u

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Setiati, R., Siregar, S., Marhaendrajana, T., & Wahyuningrum, D. (2018). Pengaruh Wettability Surfaktan NaLs Ampas Tebu Pada Batuan Sandstone Dalam Proses Enhanced Oil Recovery (EOR). *Seminar Nasional Pakar*, *1*(1), 1–8.

Sheats, W. B., & MacArthur, B. W. (2001). Methyl Ester Sulfonate Products. *Chemithon*, 12.

Sheng, J. J. (2011). *Modern chemical Enhanced Oil Recovery*. ELSEVIER.

Sheng, J. J. (2015). Status of surfactant EOR technology. *Petroleum*, *1*(2), 97–105. https://doi.org/10.1016/j.petlm.2015.07.003

Solikha, D. F., & Haryanti, R. (2021). *Pre Screening Surfaktan untuk Injeksi Chemical EOR di Lapangan X*. *12*(1), 95–109.

Sri Hidayati, A. (2005). Optimasi Proses Pembuatan Metil Ester Sulfonat Dari Minyak Inti Sawit. *Journal of Agroindustrial Technology*, *15*(3), 96–101.

Standnes, D. C., & Austad, T. (2000). Wettability alteration in chalk 2 . Mechanism for wettability alteration from oil-wet to water-wet using surfactants. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 123–143.

Yulia, P. S., Kasmungin, S., & Fathaddin, M. T. (2020). Analisis Salinitas dan Konsentrasi Surfaktan AOS dan Tween 20 Terhadap Recovery Factor Pada Proses Imbibisi dan Core Flooding. *Jurnal Petro 2020*, *IX*(4), 205–208.

Yulia, P. S., Kasmungin, S., & Fathaddin, M. T. (2017). Kajian Laboratorium mengenai Pengaruh Salinitas, Jenis Surfaktan dan Konsentrasi Surfaktan Terhadap Recovery Factor dalam Sistem Injeksi Surfaktan untuk Batuan Karbonat. *Seminar Nasional Cendekiawan Ke-3*, 225–233.

Zheng, Y. (2012). *Effect of Surfactants and Brine Salinity and Composition on Spreading , Wettability and Flow Behavior in Gas-Condensate Reservoirs*. Louisiana State University.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :