

**ANALISIS PENENTUAN STABILITAS DAN WETTABILITAS
SURFAKTAN BERBAHAN DASAR MINYAK GORENG
BEKAS SEBAGAI FLUIDA INJEKSI UNTUK *CHEMICAL EOR***

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

BAYU ANGGARA YUDA

NPM 183210945



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2020

**ANALISIS PENENTUAN STABILITAS DAN WETTABILITAS
SURFAKTAN BERBAHAN DASAR MINYAK GORENG
BEKAS SEBAGAI FLUIDA INJEKSI UNTUK *CHEMICAL EOR***

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
BAYU ANGGARA YUDA
NPM 183210945



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2020

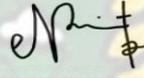
HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun oleh :

Nama : Bayu Anggara Yuda
NPM : 183210945
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Tugas akhir : Analisis Penentuan Stabilitas dan Wettabilitas Surfaktan Berbahan Dasar Minyak Goreng Bekas Sebagai Fluida Injeksi Untuk *Chemical EOR*.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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 I : Fiki Hidayat, S.T, M.Eng ()
Penguji II : Tomi Erfando, S.T, M.T. ()

Diterapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 29 Desember 2020

Disahkan Oleh :

**KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN**


NOVIA RITA, S.T, M.T.

**DOSEN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR**

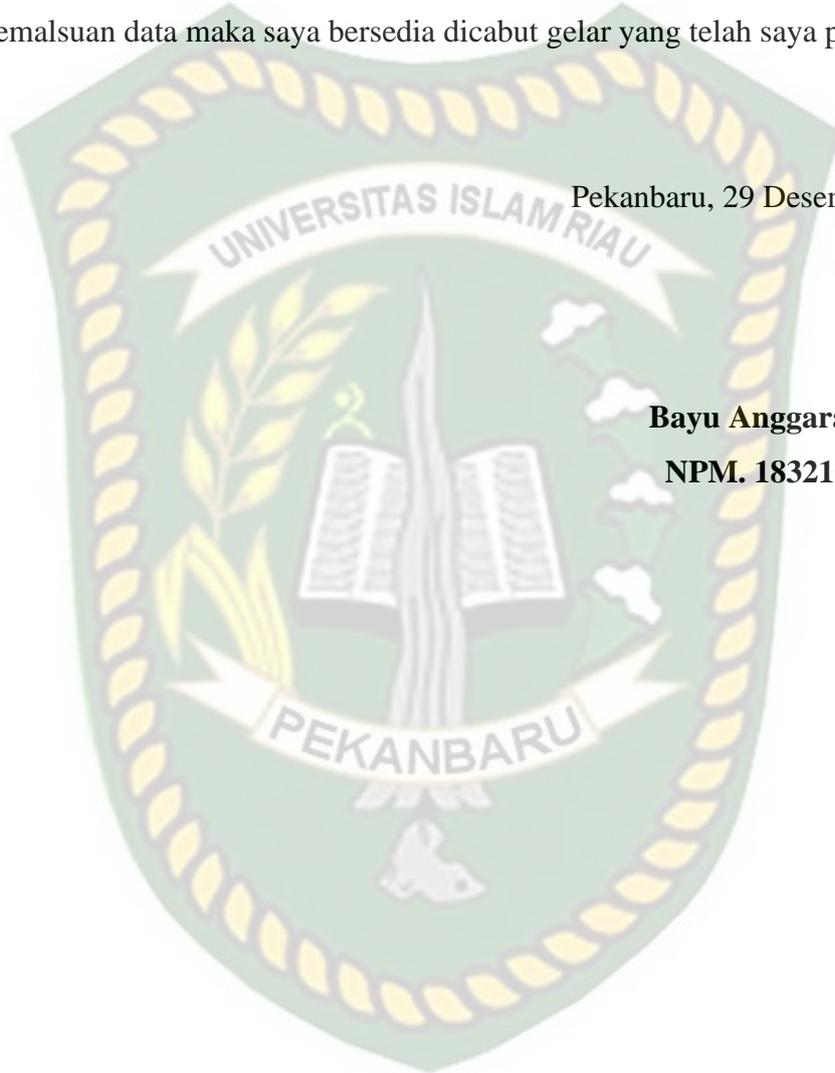

NOVIA RITA, S.T, M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya 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, 29 Desember 2020

Bayu Anggara Yuda
NPM. 183210945



KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah SWT atas rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Disini penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir. Oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Novia Rita, S.T, M.T selaku dosen pembimbing sekaligus ketua prodi Teknik perminyakan yang telah menyediakan waktu, memberi nasihat, tenaga, serta pikiran untuk memberi masukan dan arahan kepada penulis.
2. Pihak Laboratorium *Reservoir* Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau, Bapak Dr. Eng. Adi Novriansyah, S.T, M.T dan Ibu Eka Kusuma Dewi, S.T, yang telah memberikan kesempatan dan bantuan selama di laboratorium pada penelitian tugas akhir.
3. Para dosen yang banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan dukungan yang telah diberikan.
4. Kedua orang tua, Bapak Wasido, Ibu Trisnawati, beserta adik-adik, yang selalu memberikan dukungan material, dukungan moral, dan doa yang selalu mengiringi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Serta sahabat terbaik warga komusang, teman-teman ekstensi Akamigas Balongan seluruh angkatan, beserta teman-teman Teknik Perminyakan UIR. Terimakasih atas dukungan dan bantuan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Teriring doa, semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 29 Desember 2020

Bayu Anggara Yuda

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SINGKATAN.....	x
DAFTAR SIMBOL	xi
ABSTRAK	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Surfaktan Dari Bahan Baku Terbarukan	4
2.2 Injeksi Surfaktan (<i>Surfactant Flooding</i>)	6
2.3 Minyak Goreng Bekas Sebagai Alternatif Surfaktan.....	8
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	10
3.1 Uraian Metode Penelitian.....	10
3.2 <i>Flowchart</i>	11
3.3 Alat dan Bahan.....	12
3.3.1 Alat.....	12
3.3.2 Bahan	14
3.4 Prosedur Penelitian.....	16
3.4.1 Pembuatan Larutan <i>Brine</i> Sintetik.....	16

3.4.2 Pembuatan Konsentrasi Larutan Surfaktan.....	17
3.4.3 Perhitungan Sifat Fisik <i>Crude oil</i>	18
3.4.4 Pembuatan dan penentuan sifat fisik <i>core</i> sintetik.....	19
3.4.5 Uji Kompatibilitas.....	20
3.4.6 Uji Fasa (<i>Phase Behaviour Test</i>)	21
3.4.7 <i>Foamy test</i>	22
3.4.8 Uji Wettabilitas (<i>Wettability Test</i>)	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Kompatibilitas Surfaktan	24
4.2 Uji Fasa (<i>Phase Behaviour Test</i>).....	26
4.3 <i>Foamy test</i>	29
4.4 Uji Wettabilitas	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme adsorpsi surfaktan pada antar muka minyak dan air.....	6
Gambar 2.2 Reaksi esterifikasi trigliserida menggunakan metanol (A) dan Reaksi transesterifikasi menggunakan natrium bisulfit (B).....	9
Gambar 3.1 Diagram alir tugas akhir	11
Gambar 3.2 Peralatan yang digunakan pada penelitian	14
Gambar 3.3 <i>Aquadest</i>	14
Gambar 3.4 NaCl (<i>Natrium Chloride</i>)	15
Gambar 3.5 <i>Crude Oil</i>	15
Gambar 3.6 Surfaktan Metil Ester Sulfonat berbahan minyak goreng bekas	16
Gambar 4.1 <i>Winsor Type</i>	26
Gambar 4.2 Pengamatan uji fasa pada hari ke 0	27
Gambar 4.3 Pengamatan uji fasa hari ke 14.....	28
Gambar 4.4 Pengamatan uji fasa hari ke 30.....	28
Gambar 4.5 Perbandingan tinggi busa maksimal dan tinggi busa stabil terhadap salinitas 5.000 ppm, 30.000 ppm, dan 50.000 ppm pada konsentrasi 0,5%	30
Gambar 4.6 Perbandingan tinggi busa maksimal dan tinggi busa stabil terhadap salinitas 5.000 ppm, 30.000 ppm, dan 50.000 ppm pada konsentrasi 0,1 %	31
Gambar 4.7 Ilustrasi sudut kontak pada <i>sessile drop goniometer</i>	33
Gambar 4.8 Grafik pengaruh derajat sudut kontak fluida surfaktan terhadap konsentrasi surfaktan pada salinitas 5.000 ppm, 30.000 ppm, dan 50.000 ppm	35
Gambar 4.9 Fluida yang ditetesi pada <i>plate</i> hingga membentuk sudut kontak	36

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	10
Tabel 3.2 Jumlah massa NaCl.....	17
Tabel 3.3 Skema konsentrasi surfaktan.....	18
Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Kompatibilitas pada surfaktan	24
Tabel 4.2 Hasil Pengamatan <i>Phase Behaviour Test</i> pada surfaktan	27
Tabel 4.3 Hasil Pengamatan uji <i>foamy</i> pada surfaktan	30
Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Uji Wettabilitas pada minyak goreng bekas	34



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I Perhitungan Sifat Fisik *Crude Oil*
- Lampiran II Perhitungan Sifat Fisik *Artificial Core*
- Lampiran III Tabel Perhitungan *Artificial Core*
- Lampiran IV Foto Hasil Pengamatan Uji Kompatibilitas
- Lampiran V Foto Hasil Pengamatan Uji Fasa
- Lampiran VI Foto Hasil Pengamatan Uji *Foamy*
- Lampiran VII Foto Hasil Pengamatan Uji Wettabilitas

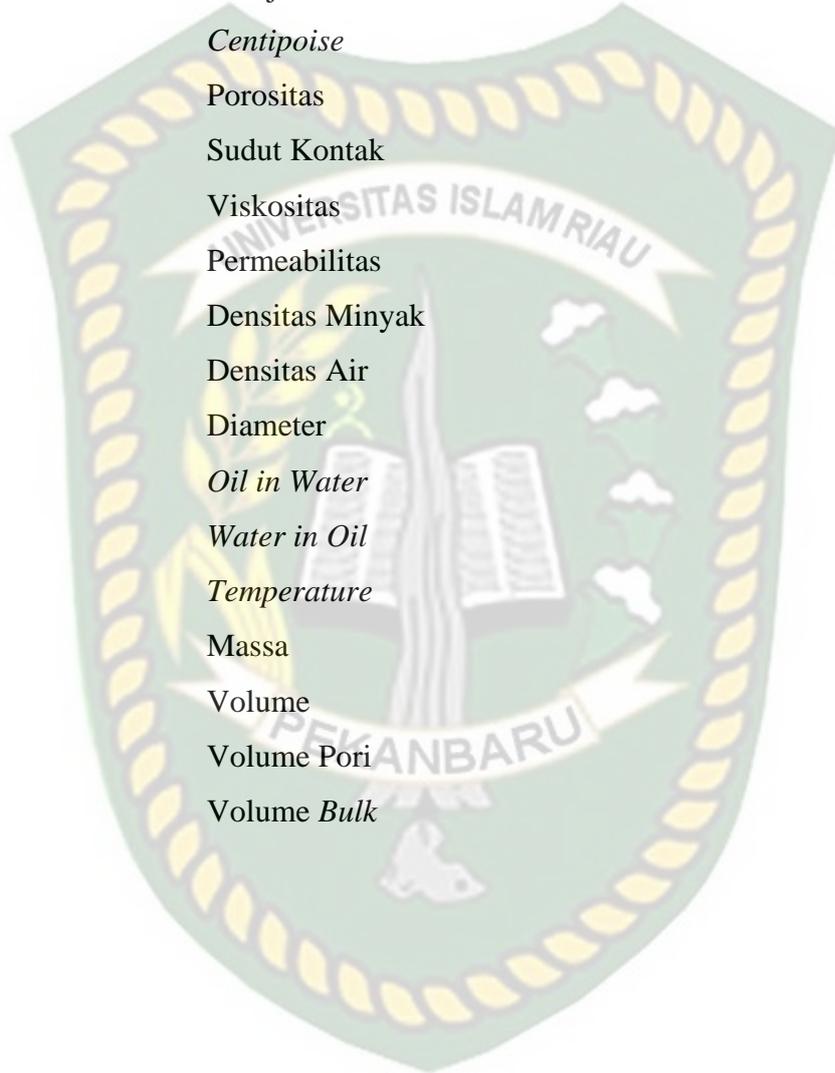


DAFTAR SINGKATAN

API	<i>American Petroleum Institute</i>
EOR	<i>Enhanced Oil Recovery</i>
pH	<i>Power of Hydrogen</i>
ppm	<i>Parts Per Million</i>
IFT	<i>Interfacial Tension</i>
MES	Metil Ester Sulfonat
LAS	Linear Alkilbenzena Sulfonat
NDS	Natrium Dodesil Sulfat
C	Karbon
H	Hidrogen
O	Oksigen
Mg	Miligram
mD	<i>milidarcys</i>
cc	<i>Centimeter Cubic</i>
gr	Gram
rpm	<i>Rate Per Minute</i>
mm ³	Milimeter Kubik
SG	Specific Gravity
NaCl	<i>Natrium Chloride</i>
RF	<i>Recovery Factor</i>
Po	Kelarutan Minyak
OOIP	<i>Original Oil in Place</i>
Wdry	Berat <i>Core</i> Saat Kering
Wsat	Berat <i>Core</i> Yang Terisi Minyak

DAFTAR SIMBOL

%	Persen
°	Derajat
°C	Derajat Celcius
Cp	<i>Centipoise</i>
Ø	Porositas
θ	Sudut Kontak
μ	Viskositas
k	Permeabilitas
ρ _o	Densitas Minyak
ρ _w	Densitas Air
D	Diameter
o/w	<i>Oil in Water</i>
w/o	<i>Water in Oil</i>
T	<i>Temperature</i>
W	Massa
V	Volume
V _p	Volume Pori
V _b	Volume <i>Bulk</i>



**ANALISIS PENENTUAN STABILITAS DAN WETTABILITAS
SURFAKTAN BERBAHAN DASAR MINYAK GORENG BEKAS
SEBAGAI FLUIDA INJEKSI UNTUK *CHEMICAL EOR***

**BAYU ANGGARA YUDA
183210945**

ABSTRAK

Permasalahan utama pada dunia migas saat ini adalah kebutuhan akan konsumsi hasil minyak bumi yang jauh lebih besar dibandingkan dengan penemuan cadangan minyak bumi yang baru, alhasil dibutuhkan suatu terobosan untuk meningkatkan perolehan kumulatif minyak dengan metode *tertiary recovery*. Surfaktan adalah salah satu jenis bahan kimia yang digunakan dalam meningkatkan *oil recovery* di *reservoir*. Tujuan penelitian yaitu mengetahui tingkat stabilitas emulsi surfaktan melalui uji fasa dan stabilitas *thermal* dengan uji kompatibilitas, menentukan nilai sudut kontak yang terbentuk melalui uji wettabilitas, dan mengetahui banyaknya busa yang terbentuk melalui uji *foamy* surfaktan.

Dalam penelitian ini peneliti melakukan pengujian surfaktan dengan konsentrasi 0,005%, 0,01%, 0,1%, dan 0,5%. Salinitas *brine* yang digunakan adalah *brine* sintetik sebesar 5.000 ppm, 30.000 ppm, dan 50.000 ppm. Suhu yang digunakan 60°C, 70°C, dan 80°C. Melakukan uji kompatibilitas menggunakan *oven*, menganalisis mikroemulsi uji fasa menggunakan tabung reaksi selama 30 hari, menganalisis busa surfaktan dengan mengaduknya menggunakan *stirrer magnetic*, dan menganalisis wettabilitas menggunakan *rame hart goniometer*.

Berdasarkan pengujian stabilitas emulsi melalui uji fasa menghasilkan mikroemulsi yang baik atau winsor III pada konsentrasi 0,1% salinitas 5.000 ppm dan konsentrasi 0,5% pada salinitas 30.000 ppm. Uji kompatibilitas larutan surfaktan dengan konsentrasi dan salinitas yang sama pada 3 suhu yang berbeda dengan suhu 60°C, 70°C, dan 80°C didapatkan sampel yang *compatible* dilihat dari kejernihan surfaktannya yaitu pada konsentrasi 0,005% dan 0,01% pada semua jenis salinitas dan konsentrasi 0,1% dan 0,5% salinitas 50.000 ppm. Pada uji sudut kontak wettabilitas, diperoleh nilai sudut kontak pada range 70,8° sampai 33,7°, hal ini menunjukkan sudut kontak tersebut lebih kecil dari 90° dan bersifat *water wet*. Pada uji *foamy* menghasilkan busa pada konsentrasi 0,1% dan 0,5% surfaktan pada semua jenis *salinity* dan *non salinity*, dengan busa maksimal mencapai 18 mm dan tinggi busa stabil 7 mm pada konsentrasi 0,5% surfaktan (*non salinity*).

Kata Kunci : Surfaktan, Kompatibilitas, *Foamy*, Fasa, Wettabilitas.

**ANALYSIS TO DETERMINE THE STABILITY AND WETTABILITY
OF SURFACTANT BASED ON USED COOKING OIL
AS INJECTION FLUID FOR CHEMICAL EOR**

**BAYU ANGGARA YUDA
183210945**

ABSTRACT

The main problem in the world of oil and gas today is the need for consumption of petroleum products which is much greater than the discovery of new petroleum reserves. As a result, a breakthrough is needed to increase the cumulative recovery of oil using the tertiary recovery method. Surfactants are a type of chemical used to increase oil recovery in reservoirs. The research objectives were to determine the level of surfactant emulsion stability through the phase test and thermal stability with the compatibility test, to determine the value of the contact angle formed through the wettability test, and to determine the amount of foam formed by the foamy surfactant test.

In the study the researchers tested surfactants with concentrations of 0,005%, 0,01%, 0,1%, and 0,5%. The salinity of the brine used was sintetic brine of 5.000, 30.000, and 50.000 ppm. The temperature used is 60°C, 70°C, and 80°C. Performed the compatibility test using an oven, analyzed the phase test microemulsion using a test tube for 30 days, analyzed the surfactant foam by stirring it using a magnetic stirrer, and analyzed its wettability using a rame hart goniometer.

Based on the emulsion stability test through the phase test, it produces a good microemulsion or Winsor III at a concentration of 0,1% salinity of 5.000 ppm and a concentration of 0,5% at a salinity of 30.000 ppm. A surfactant solution compatibility test with the same concentration and salinity at 3 different temperatures with temperatures of 60°C, 70°C, and 80°C obtained compatible samples seen from the clarity of the surfactants, namely at a concentration of 0,005% and 0,01% at all types of salinity and at concentration of 0,1% and 0,5% salinity 50.000 ppm. In the wettability contact angle test, the value of the contact angle was obtained in the range of 70.8° to 33.7°, this indicates that the contact angle is smaller than 90° and is water wet. The foamy test produced foam at a concentration of 0.1% and 0.5% surfactant at all types of salinity and non-salinity, with a maximum foam reaching 18 mm and a stable foam height of 7 mm at a concentration of 0.5% surfactant (non salinity).

Keywords : Surfactant, Compatibility, Foamy, Phase, Wettability.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan utama pada dunia migas saat ini adalah kebutuhan akan konsumsi hasil minyak bumi yang jauh lebih besar dibandingkan dengan penemuan cadangan minyak bumi yang baru, alhasil dibutuhkan suatu terobosan untuk meningkatkan perolehan kumulatif minyak dengan metode *tertiary recovery* (Saxena et al., 2019). Penginjeksian *Chemical EOR* adalah salah satu metode alternatif yang digunakan untuk meningkatkan perolehan OOIP minyak pada suatu *reservoir* setelah dilakukan *water flooding* (Sheng, 2011).

Surfaktan adalah salah satu jenis bahan kimia yang digunakan dalam meningkatkan *oil recovery* di *reservoir*. Surfaktan memiliki karakteristik yaitu mampu menurunkan tegangan antar muka minyak dan air, meningkatkan kestabilan antar partikel yang terdispersi, dan sebagai detergensi atau pengangkat minyak yang menempel dibatuan *reservoir* (Zhang et al., 2016).

Saat ini banyak penelitian yang mengidentifikasi bahan surfaktan terbarukan yang berasal dari minyak alam agar dapat digunakan di lapangan migas karena bersifat lebih ramah lingkungan dibanding dengan surfaktan sintesis yang berasal dari bahan-bahan kimia (Hayes, 2017). Berdasarkan data dari Direktorat Jendral Perkebunan dalam Eris et al. (2016) menyatakan bahwa minyak goreng bekas yang dihasilkan pada tahun 2014 mencapai 29,4 juta ton. Hal ini yang menjadi peluang minyak goreng bekas untuk diteliti kegunaannya sebagai alternatif surfaktan yang berguna pada kegiatan *Enhanced Oil Recovery* dan dari aspek lingkungan diharapkan mampu mengurangi pencemaran limbah dari minyak goreng bekas tersebut.

MES (Metil Ester Sulfonat) termasuk kedalam surfaktan anionik, yang mempunyai ciri dapat dibuat dari inti minyak sawit, limbah minyak sawit, dan limbah minyak goreng yang memiliki kandungan trigliserida, trigliserida ini yang menjadi bahan baku utama pembuatan surfaktan karena kandungan *fatty acid*nya yang tinggi (Budiono & Panggabean, 2017). Trigliserida diolah melalui tahapan sulfonasi menggunakan pereaksi kimia yang kandungannya terdiri dari gugus sulfat atau gugus sulfit seperti SO_3 , NaHSO_3 , dan H_2SO_4 (Chalim et al., 2017).

Analisis dari karakteristik surfaktan terbaru sangat penting untuk diketahui sifat surfaktan tersebut sehingga mampu dipakai di suatu lapangan dengan kondisi tertentu mulai dari kadar pH, tingkat *foamy* surfaktan, densitas, wettabilitas, dan viskositas surfaktan tersebut. Selain itu tingkat emulsi serta stabilitas surfaktan juga penting untuk diteliti karena emulsi berperan sebagai pengikat antara minyak dan air pada *reservoir* dilihat dari ketercampuran minyak dan air tersebut, sedangkan stabilitas surfaktan untuk mengukur ketahanan surfaktan pada suhu *reservoir* tertentu (Pillai et al., 2019) (Hidayati et al., 2012).

Studi laboratorium awal tentang pengujian karakteristik surfaktan metil ester sulfonat yang berasal dari minyak goreng bekas ini telah dilakukan pada laboratorium teknik perminyakan Universitas Islam Riau. Pada penelitian tersebut parameter yang diteliti yaitu uji pH surfaktan, densitas, uji gelembung surfaktan, bilangan asam, bilangan penyabunan, uji *hydrophilic lipophilic balance*, dan uji kompatibilitas larutan dengan konsentrasi 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7%, 1%, dan 2%, dengan salinitas 10.000 ppm, 15.000 ppm, dan 20.000 ppm. Pada penelitian ini akan diuji lebih lanjut tingkat stabilitas emulsi dan *thermal* surfaktan serta nilai wettabilitas surfaktan.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui tingkat stabilitas emulsi melalui uji fasa dan stabilitas *thermal* dengan uji kompatibilitas surfaktan dari minyak goreng bekas.
2. Menentukan nilai sudut kontak yang terbentuk melalui uji wettabilitas.
3. Mengetahui tinggi busa yang terbentuk melalui uji *foamy* surfaktan.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam pemanfaatan limbah minyak goreng sebagai bahan alternatif injeksi surfaktan yang dapat digunakan dalam bidang teknik perminyakan. Penelitian ini juga dapat dijadikan *papper* yang di *publish* ke jurnal nasional ataupun internasional.

1.4 Batasan Masalah

Guna mendapatkan hasil penelitian yang terarah dan tidak menyimpang dari tujuan, peneliti hanya membatasi penelitian pada hal-hal sebagai berikut:

1. Memakai surfaktan yang berasal dari minyak goreng bekas pada studi laboratorium awal penelitian sebelumnya.
2. Proses dan tahapan hanya pada penentuan uji kompatibilitas, uji *foamy*, uji fasa, dan uji wettabilitas surfaktan metil ester sulfonat dari minyak goreng bekas.
3. Surfaktan yang digunakan memiliki konsentrasi 0,005%, 0,01%, 0,1%, dan 0,5%.
4. Salinitas *brine* yang digunakan adalah *brine* sintetik sebesar 5.000 ppm, 30.000 ppm, dan 50.000 ppm.
5. Suhu yang digunakan 60°C, 70°C, dan 80°C.
6. Dalam penelitian ini tidak membahas keekonomian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam perkembangan ilmu pengetahuan manusia tentang sumber daya alam, Allah SWT telah banyak memberikatkan rahmat kepada seluruh manusia berupa akal untuk memanfaatkan segala sumber daya alam dengan sebaik baiknya tanpa menciptakan kerusakan. Penelitian ini dilaksanakan berdasarkan surat yang diturunkan oleh Allah SWT tentang pemanfaatan alam, dalam Q.S Az-Zukhruf (43:32) yang artinya “Apakah mereka yang membagi-bagi rahmat Tuhanmu? Kami telah menentukan kehidupan mereka dalam kehidupan dunia, dan Kami telah meninggikan sebagian mereka atas Sebagian yang lain beberapa derajat, agar Sebagian mereka dapat memanfaatkan sebagian yang lain. Dan rahmat Tuhanmu lebih baik dari apa yang mereka kumpulkan”.

2.1 Surfaktan Dari Bahan Baku Terbarukan

Pada penelitian Hambali yang berjudul Pemanfaatan Metil Ester Jarak Pagar menjadi Surfaktan MES untuk Aplikasinya sebagai *Oil Well Stimulation Agent*. Penelitian ini melakukan evaluasi pada kinerja formula surfaktan MES (Metil Ester Sulfonat) yang berasal dari jarak pagar (*Jatropha Curcas*) untuk metode IOR pada contoh fluida dari lapangan minyak dan *core* yang digunakan adalah *core* sintesis. Hasil terbaik yang didapatkan dari uji komparabilitas adalah semua surfaktan larut dalam air secara sempurna, pada uji fasa surfaktan berbentuk mikroemulsi pada hari ke 30. Pada pengukuran *recovery factor* minyak sebesar 61% setelah perendaman selama 12 jam, dimana 48 % diperoleh dari *waterflooding* dan 13 % diperoleh dari injeksi surfaktan (Hambali et al., 2012).

Pada penelitian Putra yang berjudul Sintesis Metil Ester Sulfonat melalui Sulfonasi Metil Ester Minyak Kedelai untuk Aplikasi *Chemical Flooding*. Penelitian ini melakukan sintesis MES dari bahan baku *methyl soyate* dengan NaHSO_3 sebagai media sulfonasi. Proses sintesisnya yaitu reaksi sulfonasi, pemurnian, penetralan, dan pemisahan. Sulfonasi dilakukan pada beberapa kondisi proses dengan suhu reaksi 100°C, 110°C, dan 120°C. Pemurnian dilakukan selama 60 menit dengan penambahan *methanol* 35%. Penetralan dilakukan dengan NaOH 20% dengan pH 6-8. Kemudian *methanol* sisa pada MES dipisahkan menggunakan *rotary evaporator*. Hasilnya didapatkan penurunan

tegangan permukaan atau IFT antara *brine water* 12.000 ppm dengan *light oil* sebesar 1,54 *dyne/cm*² (Putra et al., 2018).

Pada penelitian Murni yang berjudul Pembuatan Surfaktan Metil Ester Sulfonat dari Minyak Kelapa untuk Teknologi EOR (*Enhanced Oil Recovery*). Pada penelitian ini dilakukan sintesis MES dari minyak kelapa, prosesnya meliputi transesterifikasi dan sulfonasi. Transesterifikasi dengan mereaksikan minyak kelapa dengan *methanol* serta katalis, NaOH pada suhu 60°C selama 90 menit. Proses sulfonasi dengan natrium bisulfit pada suhu 100°C dengan katalisator Al₂O₃. Hasilnya pada uji emulsi menunjukkan tipe emulsi minyak dalam air, uji iodin menunjukkan sifat anionik yang kuat, serta IFT (*Inter Facial Tension*) yang dihasilkan sebesar 1,012 *dyne/cm* (Murni et al., 2015).

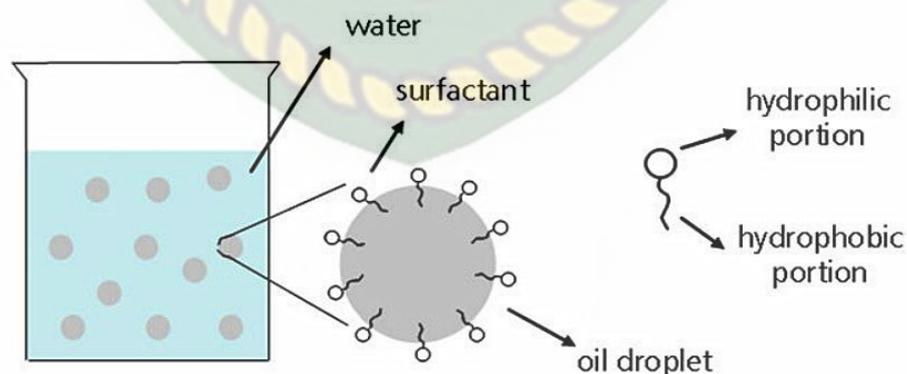
Pada penelitian Charlena yang berjudul Profil Kelarutan Limbah Minyak Bumi dalam Air dengan Penambahan Surfaktan Anionik dan Laju Pengadukan. Pada penelitian ini melakukan pendispersian limbah minyak bumi menggunakan surfaktan anionik dengan tujuan mengetahui konsentrasi yang cocok melalui tahapan uji IFT, uji *foamy*, dan uji stabilitas emulsi. Hasil yang didapatkan pada uji IFT menggunakan surfaktan LAS dan NDS yaitu IFT maksimum pada konsentrasi 0,0625% sebesar 28,99 *dyne/cm* pada surfaktan LAS dan 25,09 *dyne/cm* konsentrasi 0,2% untuk surfaktan NDS. Pada uji *foamy* tinggi maksimum untuk surfaktan LAS yaitu 5,33 cm pada konsentrasi 0,1%, dan surfaktan NDS yaitu 11,8 cm pada konsentrasi 0,25%. Uji emulsi untuk surfaktan LAS sebesar 1,58% konsentrasi 0,04% dan surfaktan NDS sebesar 0,44% pada konsentrasi 0,15% (Charlena et al., 2011).

Pada penelitian Hardianti yang berjudul Pengaruh Salinitas Optimum Terhadap Surfaktan pada Lapangan X. Penelitian ini mengukur kompatibilitas, uji fasa, dan IFT pada surfaktan menggunakan variasi salinitas 10.000, 20.000, 30.000, 40.000, dan 50.000 ppm dengan konsentrasi 0,1%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%. Hasil yang didapatkan pada uji kompatibilitas yaitu semua larutan berwarna jernih sehingga skema yang dibuat *compatible*. Pada uji fasa menghasilkan winsor III pada konsentrasi 0,5% dan winsor I pada konsentrasi 1%, 1,5%, dan 2%. Pada uji IFT tegangan maksimum yang dihasilkan berada pada salinitas 30.000 ppm sebesar 0,000215 *dyne/cm* (Hardianti et al., 2019).

Pada penelitian Setiati yang berjudul Pengaruh *Wettability* Surfaktan NaLS Ampas Tebu pada Batuan *Sandstone* Dalam Proses *Enhanced Oil Recovery* (EOR). Pada penelitian ini dilakukan uji injeksi pada *core* sintesis batuan *sandstone*. Skema yang digunakan berdasarkan perolehan minyak tertinggi yaitu konsentrasi 1,5% salinitas 80.000 ppm sudut kontak yang dihasilkan sebesar 28,14°, sedangkan pada perolehan minyak terendah pada skema konsentrasi 4,5% salinitas 20.000 ppm menghasilkan sudut kontak 50,55° (Setiati et al., 2018).

2.2 Injeksi Surfaktan (*Surfactant Flooding*)

Produksi minyak saat ini terus mengalami penurunan, khususnya di Indonesia dengan jumlah konsumsi yang dibutuhkan saat ini lebih besar dari jumlah produksi yang dihasilkan. Maka dari itu perlu adanya usaha untuk meningkatkan nilai kumulatif minyak salah satunya dengan *chemical injection* (Rita et al., 2019). Injeksi surfaktan merupakan salah satu metode injeksi kimia yang digunakan dalam rangka meningkatkan nilai kumulatif minyak (Negin et al., 2017). Surfaktan adalah suatu zat yang memiliki molekul–molekul berbeda yang terdiri dari gugus hidrofilik dan lipofilik yang membentuk ikatan yang sama. Gugus hidrofilik adalah senyawa yang suka air atau larut dalam air dan gugus lipofilik atau hidrofobik adalah senyawa yang suka minyak atau larut dalam minyak (Sheng, 2015). Sifat dari zat ini memungkinkan ketercampuran air dan minyak pada suatu keadaan yang sama, dimana ketercampuran ini mampu mengangkat minyak dari batuan *reservoir* (Rosen, 2004).



Gambar 2.1 Mekanisme adsorpsi surfaktan pada antar muka minyak dan air (Shao et al., 2015).

Selain sifat adsorpsinya, surfaktan juga memiliki kemampuan untuk meningkatkan kestabilan emulsi antara fasa air dan fasa minyak karena kandungan *sulfonatenya* yang mampu menjaga ikatan rangkap antar dua fasa fluida (Chalim et al., 2017), dan mampu menurunkan IFT (*Inter Facial Tension*) yaitu tegangan antar muka minyak dan air. Dengan berkurangnya IFT maka tegangan kapiler antar muka air dan minyak akan melemahkan penahan minyak yang terperangkap di dalam pori-pori batuan, sehingga rembesan minyak akan mengalir dengan mudah melewati pori-pori batuan untuk membentuk jalur minyak yang baru (Gbadamosi et al., 2019). Surfaktan juga memiliki kemampuan sebagai detergensi atau membersihkan batuan dari minyak yang menempel sehingga permukaan batuan *oil wet* mampu diubah menjadi karakteristik batuan *water wet* dengan cara mengikis permukaan minyak pada batuan sampai ke bagian pori-pori batuan (Babu et al., 2015).

Menurut Brock & Shiel (1983) salinitas dapat dibedakan jenisnya berdasarkan tingkat kandungan garam yang terdapat pada fluida tersebut. Hasil penelitian menunjukkan kandungan garam <3000 ppm dapat digolongkan *fresh water*, 3.000–10.000 ppm termasuk *slightly saline*, 3.000–35.000 ppm *saline*, dan >35.000 masuk ke golongan *hyper saline*. *Screening criteria* lainnya *crude oil* yang akan diinjeksi harus memiliki nilai API >25° agar surfaktan dapat bekerja dengan maksimal dalam menurunkan nilai IFT (Tu & Sheng, 2019) dan suhu yang diujicobakan berkisar antara 60, 70, dan 80°C (Karnanda et al., 2013). Surfaktan *flooding* pernah diinjeksikan di lapangan *Shengli Gudong Oilfield* dengan konsentrasi 0,4–0,6%, salinitas 8.000–10.000 ppm dengan suhu 65–68°C didapatkan *recovery factor* sebesar 12-13% (Zhu et al., 2013).

Menurut Myers (2006) berdasarkan komposisi hidrofiliknya, surfaktan dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis yaitu:

A. Surfaktan Anionik

Yaitu surfaktan dengan karakteristik gugus anion yang cukup besar pada bagian hidrofilik, berupa gugus *sulfonate* atau sulfat. Contohnya adalah alfa olefin sulfonat, linier alkilbenzen sulfonat, metil ester sulfonat, alkohol ester sulfonat, dan alkohol sulfat.

B. Surfaktan Kationik

Yaitu surfaktan yang memiliki karakteristik alkil yang terikat suatu kation. Contohnya adalah garam dialkil–dimetil ammonium, garam alkil trimetil ammonium, dan garam alkil dimetil benzil ammonium.

C. Surfaktan Nonionik

Yaitu surfaktan dengan karakteristik pada bagian alkil tidak memiliki muatan. Contohnya adalah mono alkanol amina, alkil amina oksida, alkil poliglukosida, ester sukrosa asam lemak, ester sorbitan asam lemak, dan ester gliserol asam lemak.

D. Surfaktan Amfoter

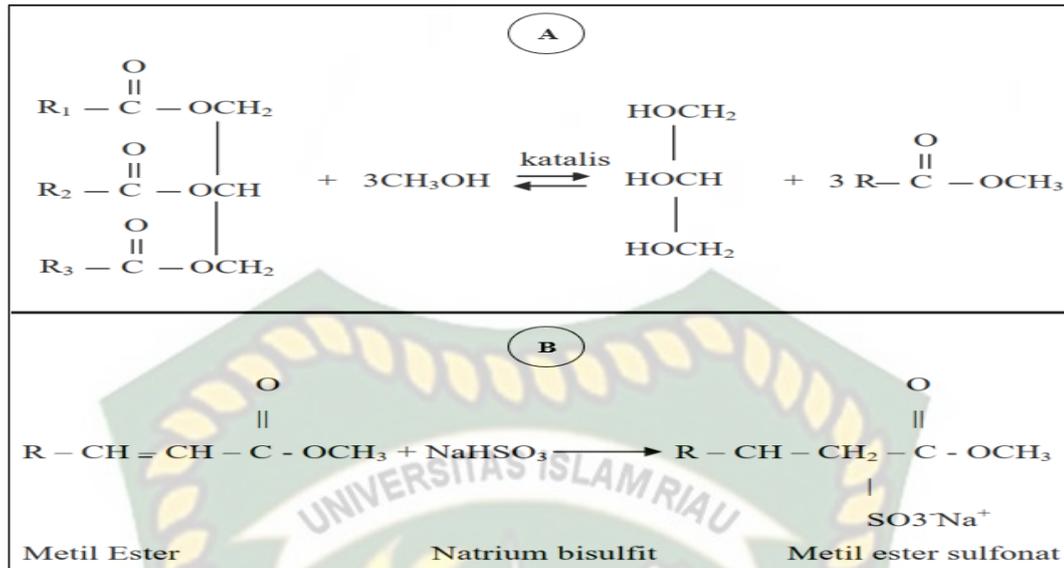
Yaitu surfaktan yang memiliki karakteristik pada bagian alkil bermuatan positif dan negatif. Contohnya pada surfaktan yang memiliki fosfobetain, betain, dan asam amino.

Pada penelitian yang akan diidentifikasi oleh peneliti adalah surfaktan berjenis anionik yaitu metil ester sulfonat yang berasal dari bahan baku minyak goreng bekas.

2.3 Minyak Goreng Bekas Sebagai Alternatif Surfaktan

Dilihat dari aspek lingkungan, minyak goreng bekas merupakan salah satu limbah yang banyak dihasilkan di Indonesia, dengan jumlah hampir mencapai 29,4 juta ton per tahun (Eris et al., 2016). Hal ini cukup berpengaruh terhadap pencemaran lingkungan melihat banyaknya limbah yang dihasilkan. Atas dasar ini minyak goreng bekas termasuk salah satu alternatif untuk diidentifikasi karakteristiknya dalam rangka mencari jenis surfaktan yang baru, selain karena kandungan asam lemaknya dalam proses pembuatan surfaktan (Gunstone, 2004).

Salah satu aspek suatu bahan alam dapat dijadikan surfaktan khususnya yang berasal dari minyak alam adalah kandungan trigliserida yang terkandung didalam bahan tersebut karena trigliserida yang dicampurkan dengan asam sulfat dengan konsentrasi tertentu akan membentuk senyawa metil ester. Senyawa ini sebagai komponen utama dalam pembuatan surfaktan metil ester sulfonat (Zhang et al., 2015). Keunggulan lain dari minyak goreng bekas karena lebih ramah lingkungan dan harganya relatif murah karena berasal dari limbah makanan (Jin et al., 2016).



Gambar 2.2 Reaksi esterifikasi trigliserida menggunakan metanol (A) (Rahman & Lelono, 2013) dan Reaksi transesterifikasi menggunakan natrium bisulfit (B) (Ardy et al., 2011)

Minyak goreng memiliki komposisi trigliserida yang tinggi (>90%) lalu digliserida (2-7%), monogliserida (<1%), dan asam lemak bebas (3-5%) (Markom et al., 2001). Trigliserida sebagai bahan baku pembuatan surfaktan dapat dijadikan produk metil ester sulfonat melalui proses esterifikasi trigliserida minyak goreng dengan campuran *methanol* menggunakan katalis H_2SO_4 . Setelah proses esterifikasi, dilakukan reaksi transesterifikasi menggunakan katalis NaOH dan *methanol* menjadi produk metil ester. Selanjutnya melakukan proses sulfonasi menggunakan larutan NaHSO_3 dengan cara mereaksikan produk metil ester dengan larutan NaHSO_3 hingga sodium bisulfit membentuk produk metil ester sulfonat (Rahman & Lelono, 2013).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

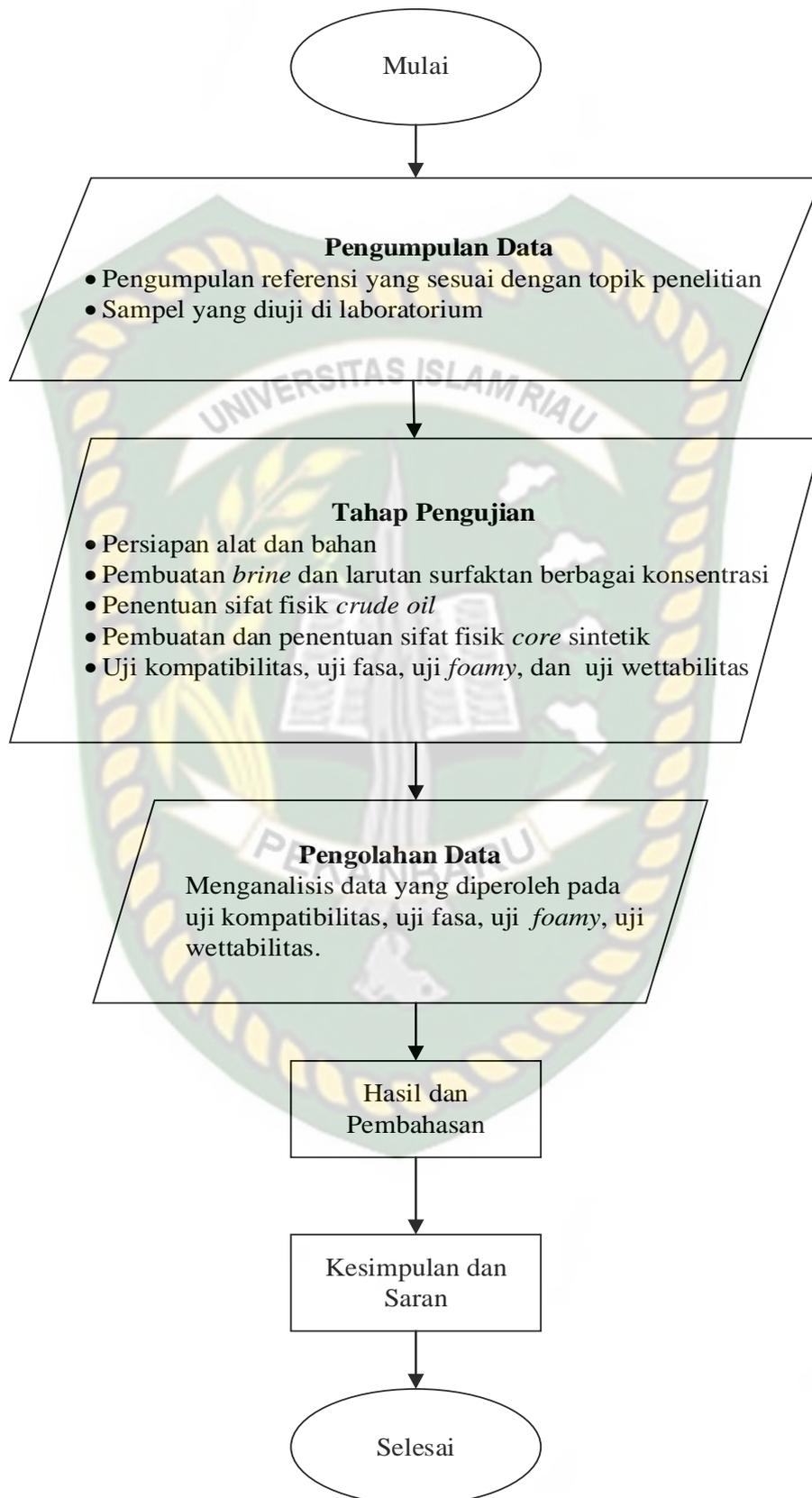
3.1 Uraian Metode Penelitian

Penelitian ini berjudul Analisis Penentuan Stabilitas Dan Wettabilitas Surfaktan Berbahan Dasar Minyak Goreng Bekas Sebagai Fluida Injeksi Untuk *Chemical EOR*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Islam Riau. Metode yang dilakukan adalah *experiment research*. Adapun jadwal kegiatan yang akan dilakukan selama penelitian dapat dilihat sesuai dengan tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

TAHAP PENELITIAN	TAHUN 2020																			
	Jul				Agst				Sept				Okt				Nov			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur																				
Persiapan bahan untuk pengujian																				
Persiapan alat dan bahan penelitian																				
Pembuatan <i>brine</i> dan konsentrasi larutan surfaktan																				
Penentuan sifat fisik minyak mentah																				
Pembuatan <i>core</i> sintetik dan penentuan sifat fisik <i>core</i>																				
Uji <i>foamy</i> dan kompatibilitas surfaktan																				
Uji fasa surfaktan																				
Uji wettabilitas surfaktan																				
Pengolahan Data																				
Analisis Hasil dan Pembahasan																				

3.2 Flowchart



Gambar 3.1 Diagram alir tugas akhir

3.3 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini terdapat beberapa alat dan bahan yang akan digunakan untuk mendapatkan hasil dari penelitian yang dilakukan, yaitu pada sub-bab dibawah ini:

3.3.1 Alat



a. *Alumunium foil*



b. Batang Pengaduk



c. Cetakan Core



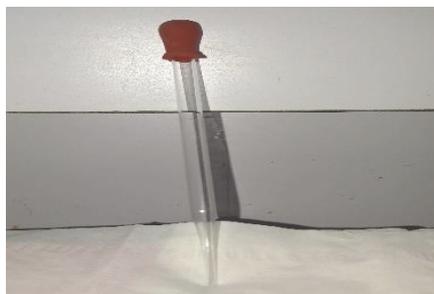
d. Corong Gelas



e. Gelas Kimia



f. Gelas Ukur

g. *Goniometer*h. *Jangka Sorong*i. *Magnetik Stirer*j. *Neraca digital*k. *Oven*l. *Pemanas Listrik*m. *Pipet Tetes*n. *Rak + Tabung Reaksi*

o. *Sieve shaker*p. *Stopwatch***Gambar 3.2** Peralatan yang digunakan pada penelitian

3.3.2 Bahan

Dalam penelitian ini digunakan beberapa bahan yang akan digunakan sebagai pendukung seperti pembuatan *brine* sintetik menggunakan NaCl dan *aquadest*, *crude oil*, dan objek penelitiannya yaitu surfaktan yang berasal dari minyak goreng bekas. Bahan-bahan yang akan digunakan seperti berikut:

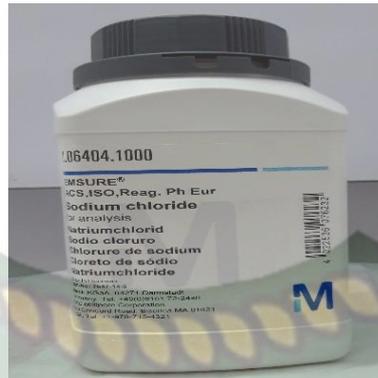
a. *Aquadest*

Aquadest digunakan untuk membuat larutan *brine* sintetik, fungsinya sebagai pelarut dari NaCl yang akan digunakan.

**Gambar 3.3** *Aquadest*

b. Natrium Klorida (NaCl)

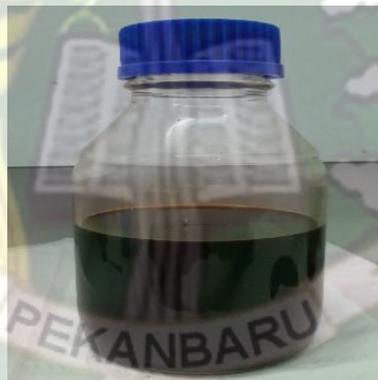
Senyawa garam yang digunakan untuk membuat larutan *brine* sintetik yang berasal dari NaCl teknis *Made in Denmark* CAS-No: 7647-14-5 sebagai bahan yang terlarut, sesuai dengan tingkat salinitas yang akan digunakan.



Gambar 3.4 NaCl (*Natrium Chloride*)

c. *Crude oil*

Crude oil yang digunakan berasal dari lapangan X, digunakan untuk uji fasa larutan surfaktan. Bersifat *light oil* dengan berat jenis sebesar 33° API.



Gambar 3.5 *Crude Oil*

d. Pasir

Pasir yang digunakan berjumlah 300 gram, diayak menggunakan *sieve shaker* ukuran 30 *mesh* untuk menghasilkan jumlah butir yang besar sehingga diharapkan mampu memiliki nilai porositas >20% dan permeabilitas >20 mD sesuai dengan *screening criteria* injeksi surfaktan.

e. Surfaktan

Surfaktan yang akan digunakan adalah surfaktan anionik berjenis metil ester sulfonat yang berasal dari minyak goreng bekas yang dibuat melalui tahap esterifikasi dan transesterifikasi dengan campuran metanol dan proses penetralan.



Gambar 3.6 Surfaktan Metil Ester Sulfonat berbahan minyak goreng bekas

f. Semen *Portland*

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen-semen yang umum dijumpai pada pembuatan bangunan, pengecoran, dan hal umum lainnya. Memiliki fungsi sebagai perekat antar pasir yang akan digunakan, dengan penambahan air.

3.4 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang akan digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.4.1 Pembuatan Larutan *Brine* Sintetik

Brine sintetik adalah suatu larutan yang terdiri dari *aquadest* dan NaCl dengan komposisi tertentu. Komposisi *brine* sintetik diracik sedemikian rupa seperti air formasi. Besar kecilnya pelarut NaCl yang digunakan akan mempengaruhi derajat salinitasnya, semakin banyak NaCl yang dipakai maka salinitasnya akan semakin tinggi (Kasmungin, 2017). Pada penelitian ini akan dibuat *brine* sintetik dengan kadar salinitas rendah hingga tinggi, yaitu 5.000 ppm untuk salinitas rendah, 30.000 ppm untuk salinitas sedang, dan 50.000 ppm untuk salinitas tinggi (Brock & Shiel, 1983). Rumus banyaknya jumlah salinitas yang akan digunakan sebagai berikut:

$$\text{Tingkat salinitas (ppm)} = \frac{\text{gram zat terlarut (mg)}}{1000 \text{ ml}} \times \text{larutan aquadest (ml)}$$

Banyaknya zat terlarut pada 1 ppm larutan sama dengan 1 mg dibagi dengan 1 L larutan. Prosedur pembuatannya sebagai berikut:

- Mengisi gelas ukur dengan *aquadest* sebanyak 500 ml.
- Menimbang NaCl yang akan digunakan menggunakan *neraca digital*.
- Menyiapkan gelas kimia 500 ml diatas *stirrer magnetic* lalu isi dengan *aquadest* dan NaCl yang telah ditentukan beratnya.
- Masukkan *magnetic stirrer* dan aduk dengan kecepatan 400-600 rpm sampai NaCl larut dalam *aquadest*.
- Ulangi langkah diatas untuk tingkat salinitas lainnya.

Tabel 3.2 Jumlah massa NaCl

Salinitas Larutan (ppm)	Massa NaCl (gram)
5.000	2,5
30.000	15
50.000	25

3.4.2 Pembuatan Konsentrasi Larutan Surfaktan

Larutan surfaktan adalah larutan yang terdiri dari *brine* sintetik dan konsentrasi surfaktan yang diujikan. Larutan surfaktan ini yang menjadi objek peneliti dalam menguji parameter yang akan diujikan. Konsentrasi surfaktan yang dibuat yaitu 0,005 %, 0,01%, 0,1%, dan 0,5% berdasarkan konsentrasi yang telah diujikan oleh Aoudia et al. (2006). Surfaktan MES dari minyak goreng bekas ini berbentuk padatan maka rumus perhitungan konsentrasi yang digunakan sebagai berikut:

$$\% \text{ konsentrasi larutan} = \frac{\text{gram zat terlarut (mg)}}{\text{ml larutan}} \times 100 \%$$

Contoh konsentrasi yang akan digunakan adalah 0,01% surfaktan ke dalam 1000 ml *brine* sintetik:

$$0,01\% = \frac{\text{gram zat terlarut (mg)}}{1000} \times 100 \%$$

$$\text{Gram zat terlarut} = \frac{0,01 \times 1000}{100}$$

Gram zat terlarut = 0,1 gram

- Menyiapkan kaca arloji diatas *neraca digital* dan kalibrasikan sampai angka 0.
- Menimbang surfaktan diatas kaca arloji sesuai perhitungan berat surfaktan yang akan digunakan pada *neraca digital*.
- Siapkan *brine* sintetik 1000 ml pada gelas kimia lalu taruh diatas *stirrer magnetic*.
- Tambahkan surfaktan kedalam *brine* sintetik dan aduk dengan kecepatan 700-800 rpm sampai surfaktan larut didalam larutan.
- Ulangi langkah diatas untuk skema konsenstarsi dan salinitas lainnya.

Tabel 3.3 Skema konsentrasi surfaktan

Salinitas (ppm)	Konsentrasi (%)			
	0,005%	0,01%	0,1%	0,5%
5.000	✓	✓	✓	✓
30.000	✓	✓	✓	✓
50.000	✓	✓	✓	✓

3.4.3 Perhitungan Sifat Fisik *Crude oil*

Didalam menggunakan *crude oil* sebagai bahan penelitian, penting untuk diketahui sifat fisik dari *crude oil* itu meliputi penentuan densitas, viskositas, dan derajat API minyak sebagai *screening criteria* minyak dalam penggunaan surfaktan. *Crude oil* ini digunakan dalam penentuan uji fasa (*phase behaviour test*). Menurut Mulyani et al. (2016) perhitungan dalam menentukan berat jenis minyak sebagai berikut:

$$\rho_o = \frac{[m' - m]}{v} \dots\dots\dots (1)$$

$$SG \text{ minyak} = \frac{\rho_o}{\rho_w} \dots\dots\dots (2)$$

$$^{\circ}API = \frac{141,5}{SG} - 131,5 \dots\dots\dots (3)$$

Penentuan viskositas minyak menggunakan korelasi *glaso*, penggunaan korelasi ini digunakan karena memiliki tingkat *error* yang lebih kecil dibanding korelasi lainnya dengan catatan tidak terdapat gelembung yang terbentuk di *crude*

oil, dan pada tekanan 1 atm. Persamaan yang digunakan diambil dari buku Ahmed (2010) sebagai berikut:

$$a = 10,313 (\log(T - 460)) - 36.447 \dots\dots\dots (5)$$

$$\mu = (3,14 (10^{10}))(T - 460)^{-3,444} (\log API)^a \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

m : Massa labu volumetrik kosong (gr)

m' : Massa labu volumetrik setelah ditambahkan *crude oil* (gr)

ρ_o : Berat jenis minyak

ρ_w : Berat jenis air

API : kualitas minyak

A : konstanta

μ : viskositas (cp)

- Menyiapkan labu volumetrik diatas *neraca digital* dan timbang labu pada keadaan kosong, catat dan angkat.
- Siapkan *crude oil* tuangkan kedalam labu volumetrik menggunakan corong gelas sampai menyentuh angka 100 ml.
- Timbang labu volumetrik yang sudah terisi *crude oil* diatas *neraca digital*, catat angkanya, dan angkat.

3.4.4 Pembuatan dan penentuan sifat fisik *core* sintetik

Core sintetik dibuat semirip mungkin dengan *core* asli menggunakan pasir *sandstone* dengan perbandingan pasir 70%, semen 30%, dan air 10% dari total berat pasir dan semen (Hambali et al., 2012). *Core* digunakan pada uji wettabilitas dengan parameter yang diuji adalah porositas dan permeabilitas *core*. Menurut Nurwidyanto et al. (2006) didalam menentukan porositas rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$V_{bulk} = \frac{1}{4} \pi L d^2 \dots\dots\dots (6)$$

$$V_{pori} = \frac{W_{sat} - W_{dry}}{\rho_o} \dots\dots\dots (7)$$

$$\emptyset = \frac{V_{pori}}{V_{bulk}} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

L = Panjang *core* (cm)

d = diameter *core* (cm)

W_{sat} = berat *core* sebelum dijenuhi *crude oil* (gr)

W_{dry} = berat *core* setelah dijenuhi *crude oil* (gr)

ρ_o = densitas minyak (gr/ml)

Sedangkan dalam penentuan permeabilitasnya digunakan persamaan *cozeny-carman*, dengan asumsi kondisi *core* yang digunakan homogen. Rumus yang digunakan diambil dari Febrian et al. (2015) sebagai berikut:

$$S_{vgr} = \frac{6}{d_{gr}} \dots \dots \dots (9)$$

$$k = \left(\frac{1}{15S_{vgr}^2} \right) \frac{\phi}{(1-\phi)^2} \dots \dots \dots (10)$$

Dimana:

DS_{gr} = Diameter butir (cm)

S_{vgr} = *Spesific surface area*

ϕ = Porositas efektif (%)

K = Permeabilitas (mD)

Proses pembuatan *core* sintetis adalah sebagai berikut:

- Menyiapkan pasir *sandstone* lalu ayak menggunakan *sieve shaker* dengan ukuran butir 30 *mesh*.
- Siapkan *neraca digital* dan timbang pasir dan semen dengan perbandingan 70:30%.
- Tambahkan air dengan persentasi 10% dari total berat pasir dan semen.
- Aduk bahan-bahan sampai menyatu sempurna.
- Siapkan cetakan *core* lalu cetak sesuai ukuran cetakan.
- Diamkan cetakan *core* sampai mengering, ketika sudah mengering keluarkan *core* dari cetakan dan sampel *core* siap digunakan.

3.4.5 Uji Kompatibilitas

Salah satu parameter paling awal untuk mengetahui surfaktan yang digunakan larut pada *brine* atau air formasi adalah uji kompatibilitas. Pengujian kompatibilitas bertujuan untuk melihat apakah didalam larutan surfaktan terdapat endapan atau tidak. Larutan dapat dikatakan *compatible* jika tidak terbentuk endapan serta larutannya berwarna jernih (Eni et al., 2008).

Pada pengukuran *thermal stability* saat uji kompatibilitas, skema yang akan dibuat pada suhu 60°C, 70°C, dan 80°C. Hal ini untuk mengetahui ketahanan larutan pada suhu tersebut sesuai *screening criteria* pada surfaktan (Karnanda et al., 2013). Prosedur penelitiannya sebagai berikut:

- a. Masukkan larutan surfaktan berbagai konsentrasi dan salinitas yang berbeda kedalam tabung reaksi sebanyak 20 ml.
- b. Tutup tabung reaksi dengan *aluminium foil* hingga rapat.
- c. Atur *oven* pada suhu 60°C selama 3 jam, tempatkan tabung reaksi kedalam rak dan masukkan kedalam *oven*.
- d. Keluarkan tabung reaksi setelah 3 jam dan amati perubahan warna larutan dan kejernihannya, catat.
- e. Ulangi langkah diatas untuk suhu 70°C dan 80°C, catat hasilnya.

3.4.6 Uji Fasa (*Phase Behaviour Test*)

Dalam menentukan kelayakan surfaktan agar cocok diterapkan di suatu lapangan maka salah satunya melalui uji fasa. Uji fasa adalah pengujian suatu larutan surfaktan terhadap *crude oil* untuk dilihat ketercampuran (emulsi) minyak terhadap air, sehingga minyak mampu terangkat oleh larutan surfaktan yang diujikan. Parameter yang mempengaruhi kelarutan surfaktan terhadap minyak ini adalah konsentrasi surfaktan, jenis minyak, dan salinitas air formasi atau *brine* sintetik (Andriyan et al., 2018). Skema yang akan dilakukan oleh peneliti adalah uji larutan berbagai konsentrasi surfaktan ditambahkan *crude oil* berjenis *light oil*. Prosedur penelitiannya sebagai berikut:

- a. Menyiapkan tabung reaksi ukuran 20 ml dalam satu rak.
- b. Menuangkan larutan surfaktan berbagai salinitas dan konsentrasi yang berbeda pada masing-masing tabung reaksi sebanyak 10 ml menggunakan corong gelas.
- c. Setelah larutan surfaktan telah dituangkan semua, masukkan juga *crude oil* sebanyak 10 ml kedalam masing-masing tabung reaksi.
- d. Tutup setiap tabung reaksi dengan menggunakan *aluminium foil* hingga rapat.
- e. Simpan rak pada kondisi ruangan yang jauh dari paparan sinar matahari langsung dan amati perubahan fasa antara dua muka *crude oil* dan larutan surfaktan, catat hasilnya tiap minggu selama 1 bulan.

3.4.7 Foamy test

Penentuan uji busa (*foamy test*) adalah penentuan dalam mengukur tinggi busa dari objek yang akan diteliti (Charlena et al., 2011). Dalam hal ini adalah surfaktan MES berbahan dasar minyak goreng bekas. Surfaktan dilarutkan dengan *brine* sintetik dengan jumlah konsentrasi yang digunakan 0,005%, 0,01%, 0,1%, dan 0,5%.

Penentuan tinggi busa dilakukan untuk mengetahui banyaknya busa yang terkandung didalam surfaktan, semakin tinggi konsentrasi surfaktan maka dapat menghasilkan busa yang semakin banyak yang menyebabkan viskositas semakin besar. Nilai viskositas yang besar akan mempersulit tumbukan lapisan tipis yang saling berdekatan (Jin et al., 2016). Rumus yang digunakan dalam penentuan tinggi busa surfaktan menurut Charlena et al. (2011) adalah:

$$F_m = M - I \quad (10)$$

$$F_R = R - I \quad (11)$$

Dimana:

F_m = Tinggi busa maksimal (mm)

F_R = Tinggi busa stabil (mm)

M = Tinggi busa maksimal setelah diaduk (mm)

R = Tinggi busa setelah didiamkan 5 menit (mm)

I = Tinggi busa mula-mula

- Mengisi gelas ukur dengan surfaktan konsentrasi 0,5% sebanyak 95 ml.
- Catat ketinggian busa awal sebagai busa mula-mula.
- Siapkan gelas kimia lalu isi dengan surfaktan dari gelas ukur tadi dan taruh diatas *stirrer magnetic*.
- Masukkan *magnetic stirrer* kedalam gelas kimia dan aduk dengan kecepatan 800 rpm selama 5 menit.
- Pindahkan kembali larutan kedalam gelas ukur mula-mula dan catat tinggi busa setelah diaduk.
- Diamkan selama 5 menit dan catat kembali busa setelah didiamkan 5 menit untuk dilihat besarnya perubahan tinggi busa yang terjadi.
- Ulangi langkah diatas untuk larutan dengan konsentrasi dan salinitas yang berbeda.

3.4.8 Uji Wettabilitas (*Wettability Test*)

Uji wettabilitas adalah uji pengaruh kinerja surfaktan dalam menyapu minyak yang terjebak didalam pori batuan *reservoir* (Bromberg et al., 2017). Terdapat dua keadaan yang harus diketahui dalam uji wettabilitas yaitu *oil wet* dan *water wet*. Pada penelitian ini peneliti menggunakan larutan surfaktan MES untuk diteliti sudut kontaknya menggunakan *rame hart goniometer* pada berbagai konsentrasi dan salinitas. Media yang digunakan berupa *core* sintetik yang sifat fisiknya sesuai dengan *screening criteria* surfaktan, dan dicari larutan surfaktan yang bersifat *water wet* atau *oil wet* menggunakan *sessile drop* pada alat *rame hart goniometer* (Setiati et al., 2018). Prosedur pengujian wettabilitas surfaktan sebagai berikut:

- a. Aktifkan daya alat *rame hart goniometer* lalu buka aplikasi *DropImage advanced*.
- b. Nyalakan kamera dan hidupkan *illuminator* untuk memberikan cahaya pada *core* yang akan diuji agar terlihat jelas pada kamera.
- c. Klik *file* pada aplikasi, lalu pilih *New Experiment Wizard – Contact Angel*, klik centang pada *With Tilt*, klik *Next* – ganti nama *experiment* lalu *Next*, isi bagan pada data *experiment* seperti *Droplet phase: water, Solid Phase: Rock*, lalu klik *Next*.
- d. Isi data *experiment timing* seperti *Total number of measurement: 10* dan *Equidistant, Time Interval: 1 s* klik *Finish*.
- e. Siapkan *core* pengujian lalu letakkan *core* pada *levelling stage*.
- f. Setelah permukaan *core* siap, teteskan larutan surfaktan perlahan menggunakan *Microsyringe assembly*, putar hingga terbentuk gelembung tetesan dipermukaan *core*.
- g. Klik *start* untuk mengecek ada tidaknya kesalahan pada objek yang akan diteliti, ketika tidak ada kesalahan lalu klik *measure* untuk melakukan pengukuran sudut pada surfaktan.
- h. Setelah data sampai pada *measurent* ke 10 dan didapat sudut yang terbentuk pada gelembung tetesan surfaktan pada hasil pembacaan ganti *core* dan konsentrasi surfaktan yang lain dan ulangi kembali percobaan sampai semua konsentrasi surfaktan diuji pada tiap sampel *core*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kompatibilitas Surfaktan

Dalam melakukan analisis uji surfaktan, kompatibilitas adalah uji *screening* awal dalam mengetahui apakah jenis surfaktan yang diuji telah *compatible* atau tidak dengan konsentrasi *brine* sintetik yang akan digunakan. Pengujian kompatibilitas dapat dinyatakan berhasil jika dalam larutan yang diuji tidak terdapat endapan ataupun gumpalan dan berwarna jernih. Selain itu parameter lainnya dalam menentukan kompatibilitas adalah kadar salinitas, konsentrasi surfaktan, dan suhu pada suatu *reservoir* (Hardianti et al., 2019). Uji kompatibilitas dilakukan untuk mengetahui ketahanan sampel yang diujikan untuk dapat dibuktikan tetap jernih atau tidak pada suhu 60-80°C (Karnanda et al., 2013). Jika suatu surfaktan tidak *compatible* atau tidak membentuk satu fasa fluida homogen (stabil) maka dapat menyebabkan terhambatnya fluida untuk masuk ke pori-pori batuan, akibatnya surfaktan justru memblokir pori-pori dan merusak formasi (Syed et al., 2019). Pada penelitian yang dilakukan di laboratorium diperoleh hasil uji kompatibilitas sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Kompatibilitas pada surfaktan

Salinitas <i>Brine</i>	Konsentrasi Surfaktan	<i>Aqueous</i> <i>Stability</i>	<i>Thermal stability</i>		
			60°C	70°C	80°C
5.000 ppm	0,005 %	Jernih	Jernih	Jernih	Jernih
	0,01 %	Jernih	Jernih	Jernih	Jernih
	0,1 %	Keruh	Keruh	Keruh	Keruh
	0,5 %	Keruh	Keruh	Keruh	Keruh
30.000 ppm	0,005 %	Jernih	Jernih	Jernih	Jernih
	0,01 %	Jernih	Jernih	Jernih	Jernih
	0,1 %	Keruh	Keruh	Keruh	Keruh
	0,5 %	Keruh	keruh	Keruh	Keruh
50.000 ppm	0,005 %	Jernih	Jernih	Jernih	Jernih
	0,01 %	Jernih	Jernih	Jernih	Jernih
	0,1 %	Keruh	Jernih	Jernih	Jernih

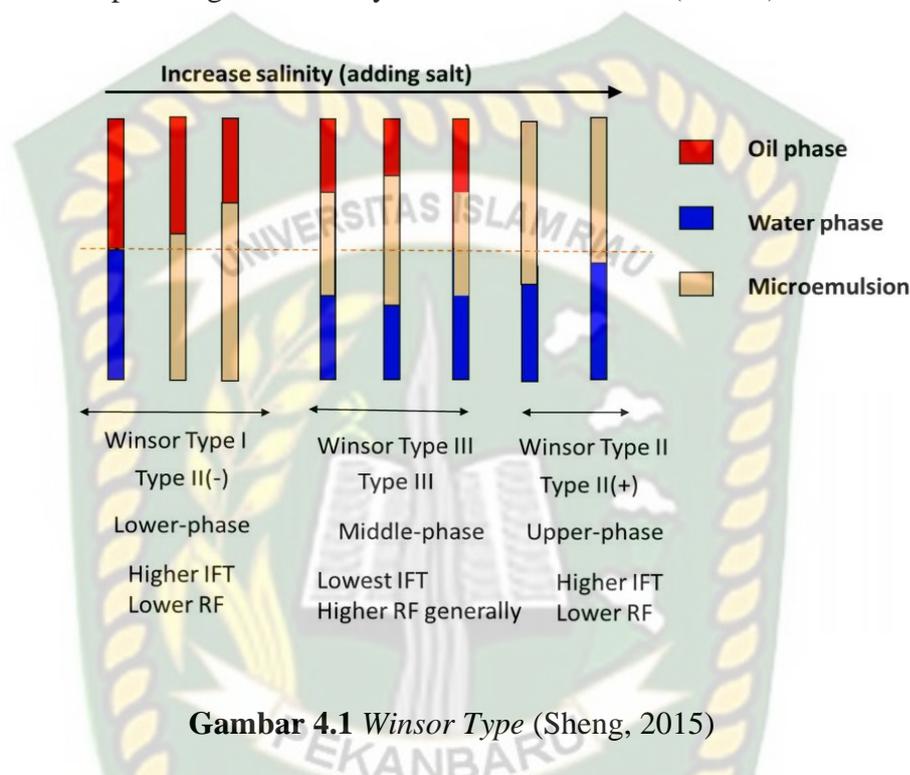
	0,5 %	Keruh	Jernih	Jernih	Jernih
--	-------	-------	--------	--------	--------

Berdasarkan tabel 4.1 hasil pengamatan melalui uji kompatibilitas pada keadaan *aqueous stability* menunjukkan bahwa surfaktan *compatible* pada konsentrasi 0,005% dan 0,01% pada semua jenis salinitas. Hal ini karena pada konsentrasi surfaktan yang rendah jumlah kandungan surfaktan di dalam larutan lebih sedikit dibanding larutan lainnya, hal ini membuat larutan lebih jernih. Pada pengujian *thermal stability* larutan yang dimasukkan dalam *oven* dengan suhu 60°C, 70°C, dan 80°C selama 3 jam, menunjukan larutan juga *compatible* pada konsentrasi 0,005% dan 0,01% pada salinitas 5.000 ppm, 30.000 ppm, dan 50.000 ppm, seperti pada skenario *aqueous stability*. Konsentrasi yang rendah membuat larutan lebih jernih, ditambah suhu yang ada mempercepat reaksi larutan untuk membuat surfaktan lebih larut ke dalam *brine* sintetik. Larutan dapat dikatakan *compatible* jika tidak terbentuk endapan atau gumpalan, serta berwarna jernih (Eni et al., 2008).

Pada konsentrasi 0,1% dan 0,5% pada salinitas 50.000 ppm, pada suhu 60°C, 70°C, dan 80°C juga ditemukan larutan *compatible* dengan hampir tidak terbentuknya endapan pada larutan membuat larutan menjadi jernih, berbeda dengan skema pada *aqueous stability* pada keadaan tanpa dimasukkan *oven* larutan menjadi lebih keruh. Hal ini terjadi karena salinitas yang tinggi mampu mendesak surfaktan sehingga lebih terangkat ditambah suhu yang ada mempercepat reaksi sehingga surfaktan menjadi lebih larut menyebabkan larutan pada skema ini menjadi lebih jernih (Ziegler, 1988). Foto hasil pengamatan uji kompatibilitas terdapat pada lampiran IV.

4.2 Uji Fasa (*Phase Behaviour Test*)

Uji fasa termasuk salah satu parameter dalam melakukan *screening* awal apakah suatu surfaktan cocok diterapkan pada suatu lapangan. Uji fasa diteliti untuk melihat ketercampuran suatu minyak dan air pada suatu keadaan dimana surfaktan mampu mengikat keduanya dalam satu keadaan (emulsi).



Gambar 4.1 *Winsor Type* (Sheng, 2015)

Menurut Sheng (2011) dalam pengujian fasa terdapat 3 emulsi yang dapat terbentuk yaitu:

1. Emulsi fasa bawah (Winsor I), yaitu kelarutan surfaktan yang terbentuk pada fasa air karena surfaktan lebih larut dalam air dibandingkan dengan minyak (o/w) sehingga sifatnya mampu mendorong minyak, ciri lainnya dapat terbentuk pada salinitas dan konsentrasi yang rendah.
2. Emulsi fasa tengah (Winsor III), yaitu kelarutan surfaktan yang terbentuk pada fasa dimana minyak dan air teremulsi ditengah-tengah larutan sehingga terjadi ketercampuran dua fluida yang berbeda, umumnya terjadi pada konsentrasi surfaktan yang tidak terlalu tinggi.
3. Emulsi fasa atas (Winsor II), yaitu kelarutan surfaktan yang terbentuk pada fasa minyak karena surfaktan lebih larut dalam minyak dari pada air (w/o). Umumnya terbentuk pada salinitas yang cukup tinggi.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan surfaktan MES dicampurkan dengan *crude oil* berjenis *light oil* dengan berat jenis 33°API, hasil pengukuran sifat fisik *crude oil* terlampir pada lampiran I. Dibawah ini hasil uji fasa yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Hasil Pengamatan *Phase Behaviour Test* pada surfaktan

Salinitas <i>Brine</i>	Konsentrasi Surfaktan	Winsor Type (Emulsi fasa yang terjadi)
5.000 ppm	0,005 %	Winsor I
	0,01 %	Winsor I
	0,1 %	Winsor III
	0,5 %	Winsor I
30.000 ppm	0,005 %	Winsor I
	0,01 %	Winsor I
	0,1 %	Winsor I
	0,5 %	Winsor III
50.000 ppm	0,005 %	Winsor I
	0,01 %	Winsor I
	0,1 %	Winsor I
	0,5 %	Winsor II

Berdasarkan tabel 4.2 menjelaskan emulsi yang terjadi pada pengamatan uji fasa selama 30 hari hingga terbentuk fasa pada winsor I sampai winsor III pada tiap salinitas dan konsentrasi yang berbeda seperti pada tabel diatas dan dilakukan pengamatan berupa dokumentasi foto tiap minggu seperti dibawah ini:



Gambar 4.2 Pengamatan uji fasa pada hari ke 0

Pada pengamatan hari pertama pengujian belum terbentuk emulsi pada fluida dilihat dari belum adanya kelarutan emulsi yang terbentuk baik dalam air maupun dalam minyak.



Gambar 4.3 Pengamatan uji fasa hari ke 14

Pada pengamatan setelah berjalan 2 minggu terlihat perubahan emulsi yang ditandai dengan adanya ketercampuran fluida pada permukaan 2 fluida yang berbeda pada konsentrasi 0,5% salinitas 30.000 ppm, fasa yang terbentuk disana adalah winsor III, pada konsentrasi 0,5% salinitas 50.000 ppm terbentuk fasa winsor II, dan pada larutan lainnya tidak terdapat ketercampuran fluida yang terjadi, maka dapat digolongkan ke winsor I.



Gambar 4.4 Pengamatan uji fasa hari ke 30

Pada pengamatan setelah berjalan 1 bulan terjadi penambahan pembentukan mikroemulsi pada konsentrasi 0,1% salinitas 5.000 ppm. Konsentrasi 0,5% salinitas 30.000 ppm tetap menunjukkan adanya mikroemulsi pada larutan, konsentrasi 0,5% salinitas 50.000 ppm masih membentuk fasa

winsor II, dan pada skema lainnya tidak terjadi ketercampuran fluida. Dari hal ini dapat dikatakan bahwa dari uji fasa surfaktan terlihat surfaktan memiliki tingkat emulsi yang rendah dilihat dari 12 larutan yang diuji hanya 2 larutan yang terlihat memiliki ketercampuran emulsi atau masuk ke winsor III atau membentuk fasa o/w (*oil in water*), sedangkan pada konsentrasi 0,5% salinitas 50.000 ppm membentuk fasa w/o (*water in oil*), artinya hanya pada konsentrasi 0,1% salinitas 5.000 ppm dan konsentrasi 0,5% salinitas 30.000 ppm yang berkemungkinan memiliki kinerja surfaktan yang baik ditandai dengan emulsi yang terbentuk berada ditengah antara fasa air dan minyak, hal tersebut juga menandakan adanya interaksi minyak dan air sehingga dapat diprediksi adanya IFT yang baik (Hambali et al., 2012). Pada larutan lainnya tidak menunjukkan adanya mikroemulsi atau tidak terbentuk emulsi yang artinya tidak ditemukan interaksi antara surfaktan dengan minyak. Foto hasil pengamatan uji fasa secara lengkap terdapat pada lampiran V.

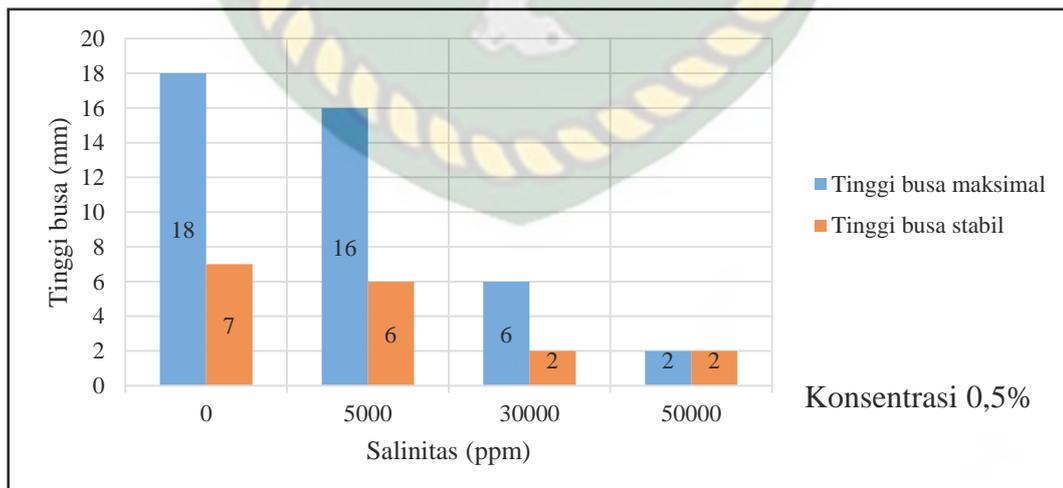
4.3 *Foamy test*

Foamy test atau uji busa adalah percobaan yang dilakukan untuk mengetahui kadar ketinggian busa dari surfaktan yang diujikan. Semakin tinggi busa yang dihasilkan maka semakin tinggi viskositas fluida, viskositas yang tinggi akan menyebabkan tumbukan antar lapis tipis pada fluida yang berdekatan akan semakin berkurang. Hal ini yang menyebabkan surfaktan lebih susah masuk kedalam pori batuan (Jin et al., 2016). Busa yang semakin rendah namun dapat menyapu minyak dalam batuan ini yang diharapkan dapat terbentuk dari suatu surfaktan (Charlena et al., 2011). Pengukuran *foamy test* menggunakan gelas ukur. Berikut adalah hasil dari *foamy test* yang disajikan pada tabel:

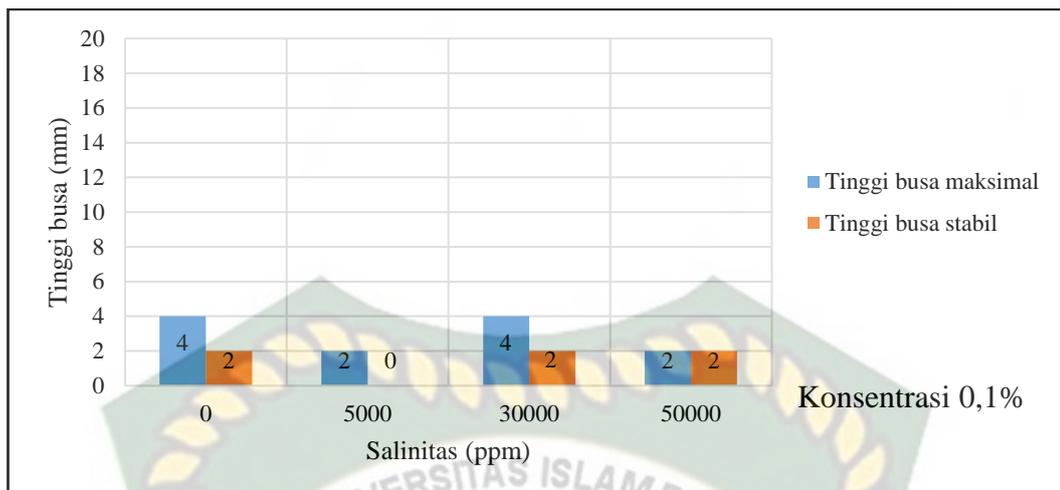
Tabel 4.3 Hasil Pengamatan uji *foamy* pada surfaktan

Konsentrasi Surfaktan	Salinitas <i>Brine</i> (ppm)	Tinggi busa pada larutan surfaktan				
		Tinggi busa mula-mula (I) (mm)	Tinggi busa maksimal setelah diaduk (M) (mm)	Tinggi busa yang didiamkan 5 menit setelah diaduk (R) (mm)	Tinggi busa maksimal (F _M) (mm)	Tinggi busa stabil (F _R) (mm)
0,5 %	0	47	65	54	18	7
	5.000	44	60	50	16	6
	30.000	6	12	8	6	2
	50.000	6	8	8	2	2
0,1 %	0	9	13	11	4	2
	5.000	8	10	8	2	0
	30.000	4	8	6	4	2
	50.000	4	6	6	2	2

Pada tabel ketinggian busa surfaktan pada penjabaran secara tabel diatas yang jika dilihat keadaan secara grafik sebagai berikut:



Gambar 4.5 Perbandingan tinggi busa maksimal dan tinggi busa stabil terhadap salinitas 0 ppm, 5.000 ppm, 30.000 ppm, dan 50.000 ppm pada konsentrasi 0,5%



Gambar 4.6 Perbandingan tinggi busa maksimal dan tinggi busa stabil terhadap salinitas 0 ppm, 5.000 ppm, 30.000 ppm, dan 50.000 ppm pada konsentrasi 0,1 %

Berdasarkan skema uji *foamy* pada tabel 4.3 dilakukan pengukuran tinggi busa menggunakan gelas ukur 100 ml dan surfaktan yang diisi pada gelas ukur sampai 95 ml. Ketinggian surfaktan dilakukan skema pengukuran ketinggian busa pada tiga tahap, yaitu pada ketinggian busa mula-mula (I), ketinggian busa setelah diaduk (M), dan ketinggian busa yang didiamkan selama 5 menit setelah diaduk (R). Pada hasil pengukuran seluruhnya terlihat bahwa busa tertinggi terjadi pada saat surfaktan saat berhenti diaduk, lalu selanjutnya ketinggian pada saat didiamkan 5 menit setelah diaduk, dan ketinggian terendah pada ketinggian busa mula-mula, dimana seluruh surfaktan menghasilkan busa awal. Pada gambar 4.5 mengukur ketinggian busa maksimal dan ketinggian busa stabil pada konsentrasi 0,5%. Pada saat menggunakan *aquadest* tanpa *brine* sintetik ketinggian busa maksimal mencapai 18 mm dan ketinggian busa stabil 7 mm. Pada penambahan salinitas 5.000 ppm hasil dari ketinggian busa maksimal mencapai 16 mm dan ketinggian busa stabil mencapai 6 mm. Pada salinitas 30.000 ppm ketinggian busa maksimal mencapai 6 mm dan ketinggian busa stabil 2 mm. Pada salinitas 50.000 ppm baik tinggi busa maksimal dan busa stabil menghasilkan nilai 2 mm. Selanjutnya pada konsentrasi 0,1% pada saat menggunakan *aquadest* tanpa *brine* sintetik ketinggian busa maksimal mencapai 4 mm dan ketinggian busa stabil 2 mm. Pada penambahan salinitas 5.000 ppm tinggi busa maksimal 2 mm dan tidak terbentuk ketinggian busa stabil, artinya ketinggian busa langsung kembali pada ketinggian mula-mula. Pada salinitas 30.000 ppm menghasilkan ketinggian

maksimal 4 mm dan stabil pada 2 mm. Salinitas 50.000 ppm menghasilkan ketinggian yang sama pada saat ketinggian maksimal dan stabil, yaitu 2 mm. Pada konsentrasi 0,01% dan 0,005% tidak menghasilkan busa sama sekali karena nilai konsentrasi surfaktan yang sangat kecil.

Pada skema penelitian ini terdapat tiga hal yang dapat diangkat yaitu yang pertama semakin tinggi salinitas maka busa akan semakin berkurang, hal ini dapat terjadi karena pada salinitas yang tinggi jumlah garam yang lebih banyak akan lebih mengikat surfaktan dan menyebabkan jumlah busa pada surfaktan akan semakin berkurang sehingga pada salinitas yang lebih tinggi menghasilkan busa yang lebih sedikit (Zhang et al., 2015). Pada salinitas 50.000 ppm ketinggian busa akan lebih rendah dari 30.000 ppm, busa pada salinitas 30.000 ppm akan lebih rendah dari busa pada salinitas 5.000 ppm, dan busa pada salinitas 5.000 ppm lebih rendah dari larutan surfaktan tanpa *brine* sinteti. Pada grafik diatas menunjukkan larutan pada konsentrasi 0,5% salinitas 5.000 ppm dan larutan konsentrasi 0,5% tanpa *brine* sintetik menunjukkan busa yang jauh lebih tinggi dibanding skema larutan lainnya dikarenakan jumlah konsentrasi yang lebih besar dicampurkan dengan salinitas yang lebih rendah dan tanpa salinitas mengakibatkan surfaktan mampu menghasilkan busa secara maksimal.

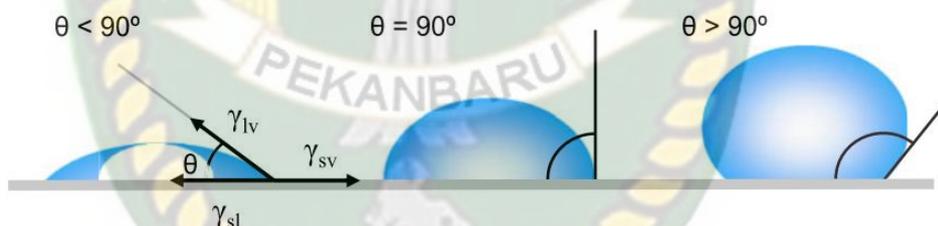
Selanjutnya yang kedua pada ketinggian busa maksimal lebih tinggi dari ketinggian busa stabil dapat terjadi karena tumbukan pada lapis tipis fluida akan semakin habis seiring dengan semakin lamanya surfaktan itu didiamkan, batas waktu yang diperlukan untuk melihat turunnya fluida lapis tipis itu 5 menit sesuai dengan penelitian Charlena et al. (2011). Surfaktan masih memiliki busa bahkan setelah didiamkan adalah keadaan normal pada surfaktan metil ester sulfonat pada minyak goreng bekas ini. Hal ini dapat terjadi karena sifat surfaktan ini yang mempunyai bilangan penyabunan yang tinggi sehingga akan tetap memiliki busa tetapi tidak setinggi pada saat surfaktan berhenti diaduk, hal ini untuk mengetahui keadaan surfaktan jika memungkinkan untuk diinjeksikan ke *reservoir*.

Skema ketiga yang dapat dibahas adalah semakin tinggi konsentrasi surfaktan maka akan semakin tinggi busa yang akan terbentuk, dilihat dari 2 gambar diatas baik pada saat ketinggian busa maksimal maupun ketinggian busa stabil semuanya lebih tinggi busanya pada konsentrasi 0,5 % dibanding pada

pengukuran pada konsentrasi 0,1 %. Hal ini dapat terjadi karena semakin tinggi konsentrasi surfaktan maka akan semakin tinggi nilai viskositas larutan yang menyebabkan tumbukan antar lapisan tipis fluida yang berdekatan semakin kecil yang berakibat pada akumulasi busa yang terbentuk akan lebih banyak dibandingkan dengan surfaktan yang memiliki konsentrasi rendah karena nilai viskositasnya yang rendah (Charlena et al., 2011). Foto hasil pengamatan uji busa terdapat pada lampiran VI.

4.4 Uji Wettabilitas

Dalam menentukan nilai wettabilitas pada surfaktan dapat diketahui melalui pengaruh kinerja surfaktan dalam menyapu minyak yang terjebak didalam pori batuan *reservoir* (Adibhatla & Mohanty, 2006). Terdapat dua keadaan yang harus diketahui dalam uji wettabilitas yaitu *oil wet* dan *water wet*. *Water wet* adalah keadaan dimana surfaktan mampu merubah keadaan *reservoir* yang sebelumnya terjenuhi oleh minyak menjadi terjenuhi oleh air sehingga minyak terangkat, keadaan *water wet* inilah yang diharapkan dapat terbentuk. Sedangkan *oil wet* adalah keadaan dimana minyak masih menempel di *reservoir* dan surfaktan tidak mampu untuk mengangkat minyak tersebut (Grundke et al., 2015).



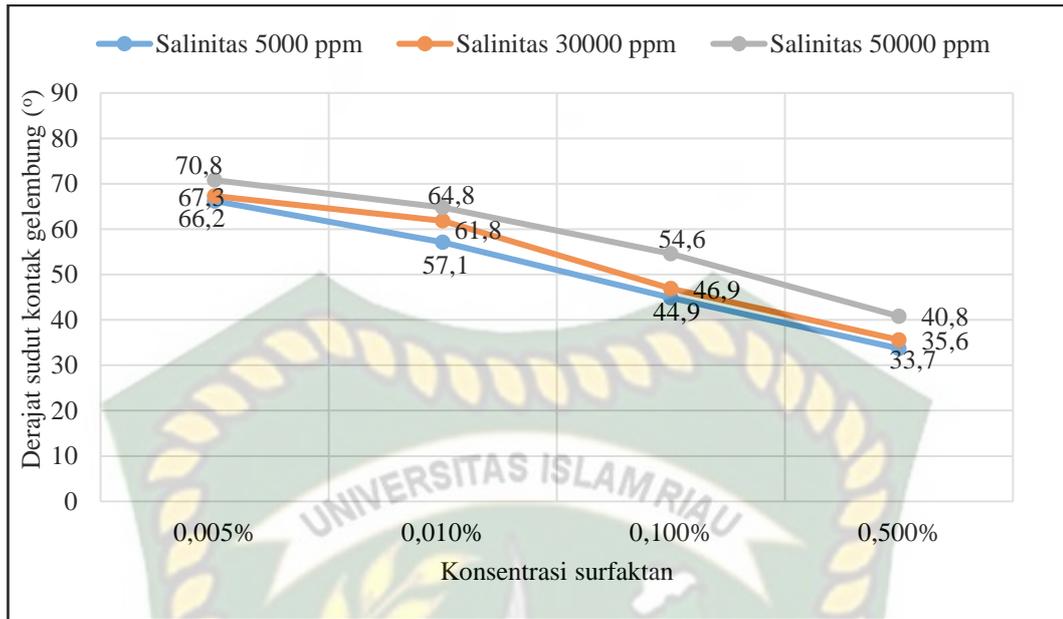
Gambar 4.7 Ilustrasi sudut kontak pada *sessile drop goniometer* (Yuan & Lee, 2013)

Pada pengukuran di *sessile drop* dengan menggunakan alat *rame hart goniometer* jika sudut kontak kurang dari 90° menunjukkan tipe fluida berjenis *water wet*, sudut 90° menunjukkan fasa tengah, dan sudut kontak lebih dari 90° menunjukkan tipe fluida berjenis *oil wet* (Costa & Aquilano, 2018). Dibawah ini adalah hasil dari uji wettabilitas surfaktan dengan media sampel *core* sintetik menggunakan *ramehart goniometer* yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Uji Wettabilitas pada minyak goreng bekas

Salinitas <i>Brine</i>	Konsentrasi Surfaktan	Uji Wettabilitas				
		Tinggi (mm)	Lebar (mm)	Sudut Kontak (°)		
				Kiri	Kanan	Rata-rata
5.000 ppm	0,005 %	0,580	2,416	63,6	68,8	66,3
	0,01 %	0,607	2,397	59,7	54,5	57,1
	0,1 %	0,469	3,063	49,0	40,9	44,9
	0,5 %	0,388	2,724	33,7	33,6	33,7
30.000 ppm	0,005 %	0,797	2,550	70,3	64,3	67,3
	0,01 %	0,684	2,420	63,7	59,9	61,8
	0,1 %	0,437	2,152	49,3	44,6	46,9
	0,5 %	0,311	2,339	32,1	39,0	35,6
50.000 ppm	0,005 %	0,982	2,801	70,9	70,7	70,8
	0,01 %	0,780	2,763	63,7	66,0	64,8
	0,1 %	0,551	2,329	56,5	52,6	54,6
	0,5 %	0,431	2,424	40,8	40,9	40,8

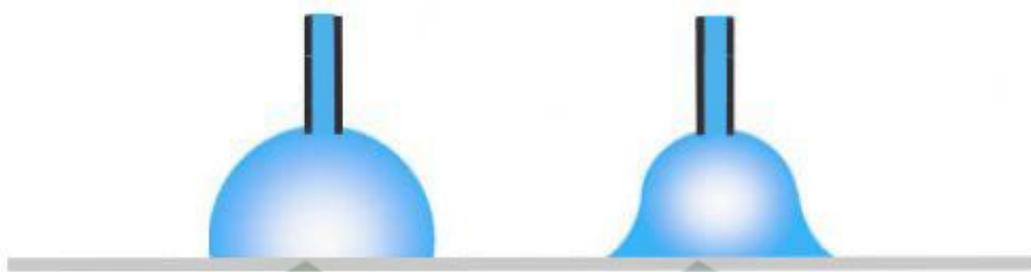
Hasil pengamatan 12 larutan konsentrasi surfaktan dan salinitas yang berbeda-beda seperti pada tabel diatas diukur menggunakan *rame hart goniometer*. Mediana menggunakan sampel *core* sintetik dengan nilai porositas 23-26% dan permeabilitas 108-123 mD, yang perhitungannya terlampir pada lampiran III. *Core* sintetik ini dijenuhkan dengan *crude oil* selama 24 jam sehingga didapatkan kondisi yang serupa dengan *reservoir*, yang mana setelah itu ditetesi dengan larutan surfaktan. Hasilnya didapatkan sudut-sudut yang berbeda pada nilai rata-rata disetiap salinitas dan konsentrasinya yang jika dibandingkan secara grafik adalah sebagai berikut:



Gambar 4.8 Grafik pengaruh derajat sudut kontak fluida surfaktan terhadap konsentrasi surfaktan pada salinitas 5.000 ppm, 30.000 ppm, dan 50.000 ppm

Berdasarkan gambar 4.8 didapatkan nilai-nilai sudut kontak yang berbeda pada setiap konsentrasi dan salinitas yang berbeda, terlihat pula surfaktan dengan salinitas 50.000 ppm lebih besar sudut kontak yang terbentuk dibandingkan dengan salinitas 30.000 ppm, dan surfaktan dengan salinitas 30.000 ppm lebih besar sudut kontak dibandingkan dengan 5.000 ppm. Hal ini dapat terjadi karena salinitas yang lebih tinggi mengandung lebih banyak garam akibatnya surfaktan bekerja kurang optimal karena dipengaruhi kadar garam yang tinggi tetapi masih mampu memasuki sampel *core* (Haagh et al., 2017).

Selanjutnya dilihat pada grafik semakin tinggi konsentrasi surfaktan maka akan semakin rendah pula derajat sudut kontak yang terbentuk, contohnya dilihat pada salinitas 5.000 ppm konsentrasi 0,005% menghasilkan nilai sudut 66,2°, konsentrasi 0,01% menghasilkan 57,1°, konsentrasi 0,1% menghasilkan 44,9°, dan pada konsentrasi 0,5% menghasilkan sudut kontak 33,7°. Hal ini dapat dilihat bahwa dengan penambahan konsentrasi surfaktan menyebabkan sudut kontak bekerja lebih baik lagi artinya sifat surfaktan tersebut dalam membasahi batuan akan semakin *water wet*, yang mana sudut kontak surfaktan ini dapat menambah kinerja penyapuan fluida terhadap minyak (Setiati et al., 2018).



Gambar 4.9 Fluida yang ditetesi pada *plate* hingga membentuk sudut kontak (Yuan & Lee, 2013)

Selanjutnya dari nilai-nilai sudut kontak yang dihasilkan dari pengamatan *ramenart goniometer* ini semuanya menghasilkan sudut dibawah 90° yang artinya fluida mampu membuat batuan bersifat *water wet* yang berarti surfaktan mampu menyapu minyak yang ada pada sampel *core* sintetik dengan cukup baik walaupun tidak sampai membentuk sudut yang lebih kecil lagi dari $33,7^\circ$, nilai *water wet* yang dihasilkan bernilai antara $70,8^\circ$ sampai $33,7^\circ$.

Dari uji wettabilitas diatas dapat dilihat bahwa salinitas dan konsentrasi surfaktan dapat mempengaruhi laju pembentukan sudut kontak fluida terhadap batuan untuk semakin baik angkanya jika ditambahkan dengan konsentrasi surfaktan dan pengurangan kadar salinitasnya untuk mencapai sudut kontak yang lebih maksimal (Setiati et al., 2018). Foto hasil pengamatan uji wettabilitas secara lengkap terdapat pada lampiran VII.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan berjudul “Analisis Penentuan Stabilitas dan Wettabilitas Surfaktan Berbahan Dasar Minyak Goreng Bekas Sebagai Fluida Injeksi Untuk *Chemical EOR*” dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan penelitian untuk mengetahui stabilitas emulsi melalui uji fasa surfaktan dengan konsentrasi 0,005%, 0,01%, 0,1%, dan 0,5% pada salinitas 5.000 ppm, 30.000 ppm, dan 50.000 ppm yang keseluruhan total 12 larutan mampu menghasilkan mikroemulsi yang baik pada konsentrasi 0,1% salinitas 5.000 ppm dan konsentrasi 0,5% pada salinitas 30.000 ppm. Lalu pada uji kompatibilitas larutan surfaktan dengan konsentrasi dan salinitas yang sama pada 3 suhu yang berbeda dengan suhu 60°C, 70°C, dan 80°C didapatkan sampel yang *compatible* dilihat dari kejernihan surfaktannya yaitu pada konsentrasi 0,005% dan 0,01% pada semua jenis salinitas, lalu pada konsentrasi 0,1% dan 0,5% salinitas 50.000 ppm.
2. Pada uji sudut kontak wettabilitas, 12 sampel diperoleh nilai sudut kontak pada *range* 70,8° sampai 33,7° hal ini menunjukkan sudut kontak tersebut lebih kecil dari 90°. Maka jenis wettabilitas dari 12 sampel tersebut bersifat *water wet*.
3. Pada uji *foamy* menghasilkan busa pada konsentrasi 0,1% dan 0,5% surfaktan pada semua jenis *salinity* dan *non salinity*, dengan tinggi busa maksimal mencapai 18 mm dan tinggi busa stabil 7 mm pada konsentrasi 0,5% surfaktan (*non salinity*). Semakin rendah salinitas dan semakin tinggi konsentrasi maka menghasilkan busa yang semakin tinggi.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dijabarkan, diharapkan peneliti selanjutnya dapat melakukan pengujian terhadap parameter lain seperti pengujian nilai *IFT (Interfacial Tension)*, uji adsorpsi, uji mobilitas rasio, dan uji *recovery factor*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adibhatla, B., & Mohanty, K. K. (2006). Oil recovery from fractured carbonates by surfactant-aided gravity drainage: Laboratory experiments and mechanistic simulations. *Proceedings - SPE Symposium on Improved Oil Recovery*, 2(1).
- Ahmed, T. (2010). Reservoir Engineering handbook. In *Elsevier Inc* (Vol. 27, Issue 7).
- Andriyan, R., Setiati, R., Kasmungin, S., Pratiwi, R., & Pustaka, S. (2018). Pengaruh Tes Uji Fasa Dan Interfacial Tension (IFT) Terhadap Kinerja Surfaktan dalam Proses EOR. *Seminar Nasional Cendekiawan Ke 4 Tahun 2018*, 4(1), 695–700.
- Aoudia, M., Al-Shibli, M. N., Al-Kasimi, L. H., Al-Maamari, R., & Al-Bemani, A. (2006). Novel surfactants for ultralow interfacial tension in a wide range of surfactant concentration and temperature. *Journal of Surfactants and Detergents*, 9(3).
- Ardy, A., Lestari, A. H., Legawati, L., & Rionaldo, H. (2011). Produksi Methyl Ester Sulfonate dari Methyl Ester : 1 . Review Teknologi dan Produksi Methyl Ester Sulfonate dari Methyl Ester : 1 . Review Teknologi dan Seleksi Proses. *Prosiding Sntk Topi 2011, Juli*, 1–6.
- 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.
- Brock, M. A., & Shiel, R. J. (1983). The composition of aquatic communities in saline wetlands in Western Australia. *Hydrobiologia*, 105(1), 77–84.
- Bromberg, L., Liu, X., Wang, I., Smith, S., Schwicker, K., Eller, Z., & German, G. K. (2017). Control of human skin wettability using the pH of anionic surfactant solution treatments. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 157, 366–372.
- Budiono, M., & Panggabean, A. S. (2017). Sintesis Surfaktan Metil Ester Sulfonat Dari Metil Ester Minyak Biji Karet (*Havea Brasiliensis*) Melalui Reaksi Sulfonasi Dengan Pengaruh Variasi Katalis. *Prosiding Seminar Nasional*

Kimia, 199–204.

- Chalim, A., Agung, A. W., Suryandari, A. S., Syarifuddin, M. M., & Tohir, M. (2017). Studi Kinetika Reaksi Metanolisis Pembuatan Metil Ester Sulfonat (MES) Menggunakan Reaktor Batch Berpengaduk. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 1(1).
- Charlena, Sjahrizal, A., & Roni. (2011). Profil Kelarutan Limbah Minyak Bumi dalam Air dengan Penambahan Surfaktan Anionik dan Laju Pengadukan. *Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia*, 248–255.
- Costa, E., & Aquilano, D. (2018). Experimental Value of the specific surface energy of the cleavage. *Journal of Materials Chemistry*, 6(35), 1–3.
- D. Gunstone, F. (2004). The Chemistry of Oil and Fats (Sources, Composition, Properties, and Uses). In *Blackwell Publishing Ltd*.
- Eni, H., Suwartiningsih, & Sugihardjo. (2008). Studi Laboratorium Untuk Reaktivasi Lapangan-X Dengan Injeksi Kimia. *Journal of IATMI*, November, 12–14.
- Eris, F. R., Hambali, E., Suryani, A., & Permadi, P. (2016). Kinerja media pembawa untuk surfaktan mes dari minyak sawit untuk penerapannya pada. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 26(3), 266–275.
- Febrian, A. N., Wahyuni, S., & Satiawati, L. (2015). Studi Laboratorium Pengaruh Penggunaan Fluida Kompleksi CaBr₂ Terhadap Sifat Fisik Batuan Sandstone Sintetik. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 1993, 24.
- 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).
- Grundke, K., Pöschel, K., Synytska, A., Frenzel, R., Drechsler, A., Nitschke, M., Cordeiro, A. L., Uhlmann, P., & Welzel, P. B. (2015). Experimental studies of contact angle hysteresis phenomena on polymer surfaces - Toward the understanding and control of wettability for different applications. *Advances in Colloid and Interface Science*, 222, 350–376.
- Haagh, M. E. J., Siretanu, I., Duits, M. H. G., & Mugele, F. (2017). Salinity-Dependent Contact Angle Alteration in Oil/Brine/Silicate Systems: the Critical Role of Divalent Cations. *Langmuir*, 33(14), 3349–3357.

- 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.
- Hardianti, Kasmungin, S., Pramadika, H., Suryati, E., Rinanto Suhadi, T., & Yulianti, Y. (2019). Pengaruh Salinitas Optimum Terhadap Surfaktan Pada Lapangan X. *Seminar Nasional Pakar*, 1–6.
- Hayes, D. G. (2017). Fatty Acids–Based Surfactants and Their Uses. In *Fatty Acids*. Elsevier Inc.
- Hidayati, S., Gultom, N., & Eni, H. (2012). Optimasi Produksi Metil Ester Sulfonat Dari Metil Ester Minyak Jelantah. *Reaktor*, 14(2), 165.
- Jin, Y., Tian, S., Guo, J., Ren, X., Li, X., & Gao, S. (2016). Synthesis, Characterization and Exploratory Application of Anionic Surfactant Fatty Acid Methyl Ester Sulfonate from Waste Cooking Oil. *Journal of Surfactants and Detergents*, 19(3), 467–475.
- Karnanda, W., Benzagouta, M. S., AlQuraishi, A., & Amro, M. M. (2013). Effect of temperature, pressure, salinity, and surfactant concentration on IFT for surfactant flooding optimization. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(9), 3535–3544.
- Kasmungin, P. (2017). Pengaruh Konsentrasi Surfaktan dan Permeabilitas pada Batuan Sandstone terhadap Perolehan Minyak dalam Proses Imbibisi (Laboratorium Study). *Seminar Nasional Cendekiawan Ke 3 Tahun 2017*, 2(1), 17–22.
- Markom, M., Singh, H., & Hasan, M. (2001). Supercritical CO2 fractionation of crude palm oil. *Journal of Supercritical Fluids*, 20(1), 45–53.
- Mulyani, Y., Afriana, D., & Dhamayanthie, I. (2016). Analisa fraksi gasoil berdasarkan uji sifat fisika. *The 2nd Conference on Innovation and Industrial Applications, Cina*, 199–207.
- Murni, S. W., Widiyati, T. W., & Sulstyawati, D. (2015). Pembuatan Surfaktan Metil Ester Sulfonat dari Minyak Kelapa untuk Teknologi EOR. *ISBN*, 602-612
- Myers, D. (2006). Surfactant science and technology. *Wiley-Interscience*.

- Negin, C., Ali, S., & Xie, Q. (2017). Most common surfactants employed in chemical enhanced oil recovery. *Petroleum*, 3(2), 197–211.
- Nurwidyanto, M. I., Yustiana, M., & Widada, S. (2006). Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Porositas Dan Permeabilitas Pada Batu pasir. *Berkala Fisika*, 9(4), 191-195–195.
- Pillai, P., Saw, R. K., Singh, R., Padmanabhan, E., & Mandal, A. (2019). Effect of synthesized lysine-grafted silica nanoparticle on surfactant stabilized O/W emulsion stability: Application in enhanced oil recovery. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 177(January), 861–871.
- Putra, R., Ismayanti, R., & Kalista, A. D. (2018). Sintesis Metil Ester Sulfonat Melalui Sulfonasi Metil Ester Minyak Kedelai Untuk Aplikasi Chemical Flooding. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 19(2), 77.
- Rahman, A. A., & Lelono, G. S. (2013). Pemanfaatan Minyak Goreng Bekas Menjadi Detergen Alami Melalui Kombinasi Reaksi Trans-esterifikasi Trans esterifikasi dan Sulfonasi. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 2(2), 84–90.
- Rita, N., Erfando, T., & Munandar, S. A. (2019). Effect Of surfactant concentration and nanosilica additive to recovery factor with spontaneous imbibition test method. *International Journal of GEOMATE*, 17(62), 113–118.
- Rosen, M. J. (2004). Surfactants and Interfacial Phenomena. In *Journal of AOAC INTERNATIONAL* (Vol. 62, Issue 3).
- Saxena, N., Goswami, A., Dhodapkar, P. K., Nihalani, M. C., & Mandal, A. (2019). Bio-based surfactant for enhanced oil recovery: Interfacial properties, emulsification and rock-fluid interactions. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 176(November 2018), 299–311.
- 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.
- Shao, J., Darkwa, J., & Kokogiannakis, G. (2015). Review of phase change emulsions (PCMEs) and their applications in HVAC systems. *Energy and Buildings*, 94(May), 200–217.

- Sheng, J. J. (2011). Modern Chemical Enhanced Oil Recovery. In *Elsevier Inc.*
- Sheng, J. J. (2015). Status of surfactant EOR technology. *Petroleum*, 1(2), 97–105.
- Syed, A. H., Idris, A. K., Mohshim, D. F., Yekeen, N., & Buriro, M. A. (2019). Influence of lauryl betaine on aqueous solution stability, foamability and foam stability. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 9(4), 2659–2665.
- Tu, J., & Sheng, J. J. (2019). Experimental and numerical study of surfactant solution spontaneous imbibition in shale oil reservoirs. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 7–27.
- Yuan, Y., & Lee, T. R. (2013). Contact Angle and Wetting Properties. In *Springer Series in Surface Sciences* (Vol. 51, Issue 1).
- Zhang, Q., Cai, B. X., Xu, W. J., Gang, H. Z., Liu, J. F., Yang, S. Z., & Mu, B. Z. (2015). The rebirth of waste cooking oil to novel bio-based surfactants. *Scientific Reports*, 5, 1–7.
- Zhang, Y., You, Q., Fu, Y., Zhao, M., Fan, H., Liu, Y., & Dai, C. (2016). Investigation on interfacial/surface properties of bio-based surfactant N-aliphatic amide-N,N-diethoxypropylsulfonate sodium as an oil displacement agent regenerated from waste cooking oil. *Journal of Molecular Liquids*, 223, 68–74.
- Zhu, Y., Hou, Q., Jian, G., Ma, D., & Wang, Z. (2013). Current development and application of chemical combination flooding technique. *Petroleum Exploration and Development*, 40(1), 96–103.
- Ziegler, V. M. (1988). Laboratory Investigation of High-Temperature Surfactant Flooding. *SPE Reservoir Engineering (Society of Petroleum Engineers)*, 3(2), 586–596.