

**STUDI LABORATORIUM AWAL KARAKTERISTIK  
MINYAK ATSIRI KULIT JERUK MANIS (*CITRUS  
SINENSIS*) SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF  
SURFAKTAN PADA METODE PRODUKSI  
MINYAK TAHAP TERSIER**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik*

Oleh

**ARIK DANIATI**

**NPM 163210044**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU**

**2020**

**STUDI LABORATORIUM AWAL KARAKTERISTIK  
MINYAK ATSIRI KULIT JERUK MANIS (*CITRUS  
SINENSIS*) SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF  
SURFAKTAN PADA METODE PRODUKSI  
MINYAK TAHAP TERSIER**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik*

Oleh

**ARIK DANIATI**

**NPM 163210044**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU**

**2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun oleh :

Nama : Arik Daniati  
NPM : 163210044  
Program Studi : Teknik Perminyakan  
Judul Skripsi : Studi Laboratorium Awal Karakteristik Minyak  
Atsiri Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis*) Sebagai  
Bahan Alternatif Surfaktan Pada Metode  
Produksi Minyak Tahap Tersier

Telah berhasil dipertahankan di depan 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 : Muhammad Khairul Afdhol, S.T., M.T (.....)  
Ditetapkan di : Pekanbaru  
Tanggal : 24 September 2020

Disahkan Oleh :

**KETUA PROGRAM STUDI  
TEKNIK PERMINYAKAN**

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

**PEMBIMBING**

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

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

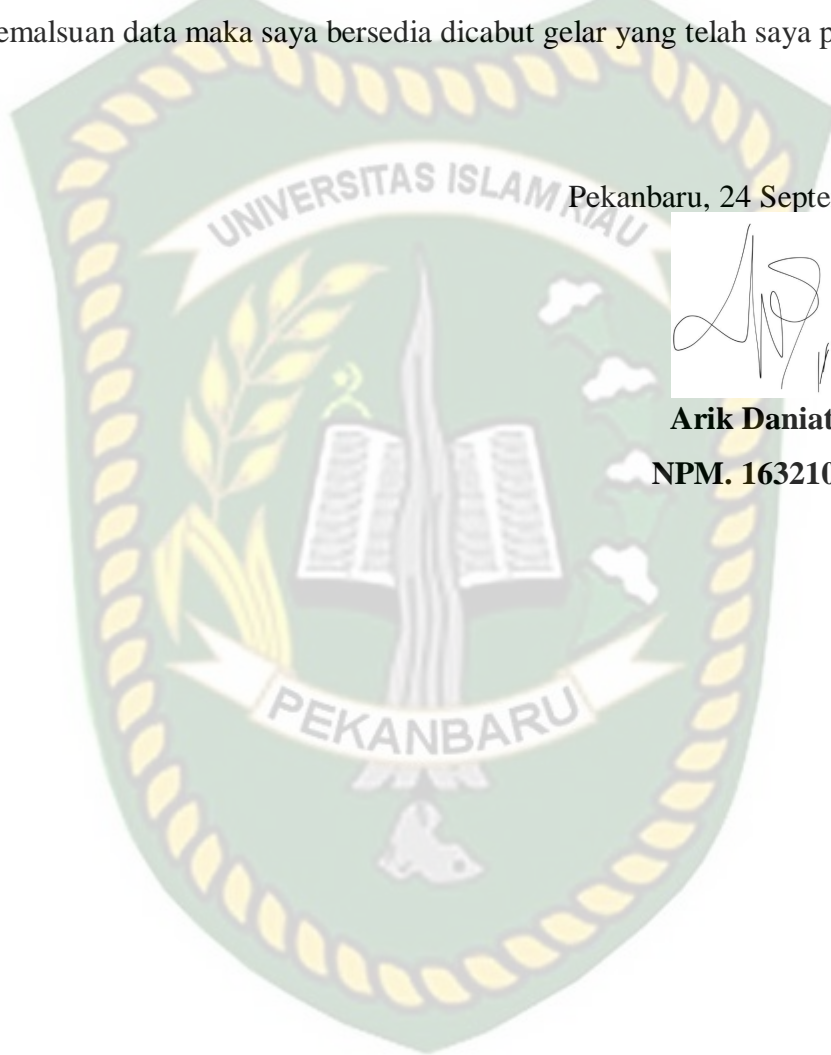
Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum didalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya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

Pekanbaru, 24 September 2020



**Arik Daniati**

**NPM. 163210044**





## KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya 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. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Novia Rita, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, Ketua Prodi Teknik Perminyakan, sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir serta memberikan semangat selama perkuliahan di Teknik Perminyakan.
2. Bapak Tomi Erfando, ST., MT selaku Sekretaris Prodi serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
3. Orang tua saya Bapak Mariyadi dan Ibu Tetty Minaraya Simanungkalit, kakak saya Kak Okta Nancy Mariyetti dan adik saya Triami Lestari serta keluarga yang selalu memberikan semangat dan doa, serta bantuan materil dan moral sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Sahabat saya Yovi Veron S, Mila Chairani, Surya Pratama, dan yang lainnya angkatan 2016 yang sedang menuju S.T.

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

Pekanbaru, 24 September 2020



Arik Daniati

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	xi
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xii
<b>ABSTRAK</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 <i>Surfactant Flooding</i> (Injeksi Surfaktan) .....	4
2.2 Minyak Atsiri Kulit Jeruk Sebagai Alternatif Surfaktan .....	6
2.3 Surfaktan Organik dari Bahan Baku Lain .....	8
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	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 .....	25
3.4 Prosedur Penelitian .....	28
3.4.1 Proses Pembuatan Surfaktan .....	28
3.4.2 Pembuatan <i>Brine</i> .....	29
3.4.3 Pembuatan Larutan Surfaktan .....	29
3.4.4 Uji Nilai Densitas Menggunakan Alat Piknometer .....	30
3.4.5 Uji Nilai Viskositas Menggunakan <i>Viscometer Ostwald</i> .....	30

3.4.6 Uji Ph.....	31
3.4.7 Uji Bilangan Asam.....	31
3.4.8 Uji Kompatibilitas.....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>33</b>
4.1 Reaksi Transesterifikasi dan Sulfonasi .....	34
4.2 Karakteristik MES Sebagai Surfaktan Alternatif.....	35
4.3 Kompatibilitas Surfaktan.....	41
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>45</b>
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>49</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Mikroemulsi yang dibentuk surfaktan .....	4
<b>Gambar 2.2</b>	Jenis surfaktan .....	5
<b>Gambar 2.3</b>	Reaksi esterifikasi antara asam lemak dengan metanol .....	7
<b>Gambar 2.4</b>	Reaksi transesterifikasi antara trigliserida dengan metanol.....	7
<b>Gambar 2.5</b>	Metil ester dan reaksi sulfonasi menghasilkan MES menggunakan natrium bisulfit.....	7
<b>Gambar 2.6</b>	Metil ester dan reaksi sulfonasi menghasilkan MES menggunakan asam sulfat .....	7
<b>Gambar 3.1</b>	<i>Flowchart</i> .....	11
<b>Gambar 3.2</b>	Peralatan yang Digunakan pada Penelitian.....	25
<b>Gambar 3.3</b>	Aquades. ....	25
<b>Gambar 3.4</b>	Methanol.....	26
<b>Gambar 3.5</b>	Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis ( <i>Citrus Sinensis</i> ).....	26
<b>Gambar 3.6</b>	<i>Natrium Chloride</i> (NaCl).....	27
<b>Gambar 3.7</b>	Reaktan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	27
<b>Gambar 3.8</b>	Fenolftalein.....	28
<b>Gambar 4.1</b>	Rangkaian Alat Proses Transesterifikasi.....	34
<b>Gambar 4.2</b>	MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk .....	35
<b>Gambar 4.3</b>	F1 (Minyak Atsiri Kulit Jeruk), F2 (MES Minyak Atsiri Kulit Jeruk), F3 (MES Komersil), F4 (SLS).....	37
<b>Gambar 4.4</b>	F1 (Minyak Atsiri Kulit Jeruk), F2 (MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk).....	38
<b>Gambar 4.5</b>	pH Minyak Atsiri Kulit jeruk (sebelah kiri) dan PH MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk (sebelah kanan).....	39
<b>Gambar 4.6</b>	F1 (Minyak Atsiri Kulit Jeruk), F2 (MES dari Kulit Jeruk), F3 (MES Komersil), F4 (SLS).....	39
<b>Gambar 4.7</b>	F1 (Minyak Atsiri Kulit Jeruk), F2 (MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk), F3 (MES Komersil), F4 (SLS).....	41
<b>Gambar 4.8</b>	Uji <i>Aqueous Stability</i> MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk dengan Skenario Konsentrasi 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7%, dan 1 % pada <i>brine</i> 15.000 ppm. ....	42



**Gambar 4. 9** Uji Thermal Stability MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk dengan Skenario Konsentrasi 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7%, dan 1 % pada *brine* 15.000 ppm dengan suhu 60°C selama 180 menit. .... 43



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> <i>State Of The Art</i> .....	8
<b>Tabel 3.1</b> Jadwal penelitian.....	10
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Pengamatan Karakteristik Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis.....	33
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengamatan Karakteristik Surfaktan MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk. ....	35
<b>Tabel 4.3</b> Karakteristik Surfaktan MES Komersil dan SLS.....	35
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Uji Kompatibilitas Surfaktan MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk.....	41
<b>Tabel 4.5</b> Karakteristik MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk, MES Komersil, dan SLS.....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Surat Keterangan Hasil Pengujian Kompatibilitas.....	50
<b>Lampiran 2.</b> Sertifikat Analisis Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis.....	53



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
Perpustakaan Universitas Islam Riau

## DAFTAR SINGKATAN

<b>EOR</b>	<i>Enhanced Oil Recovery</i>
<b>NaCl</b>	<i>Sodium Chloride</i>
<b>rpm</b>	<i>Rate Per Minute</i>
<b>ppm</b>	<i>Parts Per Million</i>
<b>cP</b>	<i>CentiPoise</i>
<b>gr</b>	Gram
<b>mg</b>	Miligram
<b>kg</b>	Kilogram
<b>ml</b>	Mililiter
<b>s</b>	<i>Seconds</i>
<b>cm</b>	Sentimeter
<b>m</b>	Meter
<b>MAKJ</b>	Minyak atsiri kulit jeruk
<b>MES</b>	Metil Ester Sulfonat
<b>MES K</b>	Metil Ester Sulfonat Komersil
<b>M<sub>1</sub></b>	Konsentrasi larutan sebelum pengenceran
<b>V<sub>1</sub></b>	Volume larutan sebelum pengenceran
<b>M<sub>2</sub></b>	Konsentrasi larutan sesudah pengenceran
<b>V<sub>2</sub></b>	Volume larutan sesudah pengenceran



## DAFTAR SIMBOL

$^{\circ}\text{C}$	Temperatur dalam <i>celcius</i>
$\rho$	Massa jenis suatu zat
$m$	Massa suatu zat
$v$	Volume suatu zat
$\mu$	Viskositas
$t$	Waktu alir



# STUDI LABORATORIUM AWAL KARAKTERISTIK MINYAK ATSIRI KULIT JERUK MANIS (*CITRUS SINENSIS*) SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF SURFAKTAN PADA METODE PRODUKSI MINYAK TAHAP TERSIER

ARIK DANIATI  
163210044

## ABSTRAK

*Surfactant flooding* menjadi salah satu jenis EOR yang memiliki konsep menurunkan tegangan permukaan antar dua fluida yang tidak bercampur. Pada minyak atsiri kulit jeruk manis (*citrus sinensis*) mengandung gugus metil ester yang terdapat pada pektin kulit jeruk manis sehingga berpotensi sebagai bahan baku pembuatan surfaktan MES dengan proses transesterifikasi dan sulfonasi. Penelitian ini difokuskan pada uji karakteristik MES dari minyak atsiri kulit jeruk berupa uji densitas, viskositas, pH, bilangan asam dan kompatibilitas.

Pembuatan surfaktan dilakukan dengan proses transesterifikasi dan sulfonasi menggunakan reaktan  $H_2SO_4$ . Pengujian densitas dilakukan menggunakan alat piknometer dengan menghitung selisih berat piknometer yang diisi MES dan piknometer kosong yang dilanjutkan dengan membagikan selisih berat keduanya dengan volume piknometer. Setelah itu dilanjutkan dengan pengujian viskositas dengan menggunakan alat *viscosimeter oswald* untuk mengetahui kekentalan MES kemudian dilanjutkan dengan uji pH surfaktan menggunakan *pH stick*. Setelah uji pH maka dilanjutkan dengan uji bilangan asam untuk mengetahui berapa banyak NaOH yang digunakan untuk menetralkan satu gram MES MAKJ. Pengujian kompatibilitas dilakukan diakhir menggunakan surfaktan dengan skenario konsentrasi (0,1 %; 0,3%; 0,5%, 0,7%, dan 1%) terhadap *brine* 15.000 ppm dengan variasi *temperature* ruangan dan 60°C.

Berdasarkan pengujian densitas dan viskositas ternyata densitas MAKJ mengalami penurunan setelah proses transesterifikasi dan sulfonasi menjadi MES MAKJ karena penambahan methanol yang mengakibatkan turunnya densitas menjadi 0,9 gr/cm<sup>3</sup> dan viskositas 1,36 cP kemudian setelah dibandingkan dengan densitas dan viskositas MES komersil dan SLS, baik densitas maupun viskositas MES MAKJ lebih rendah karena bobot molekul bahan rendah. Pada pengujian pH nilai MES MAKJ dipertahankan sama dengan MES komersil dan SLS yaitu bernilai netral 7 sesuai dengan *screening* injeksi surfaktan pada EOR. Pada pengujian bilangan asam MES MAKJ yang bernilai 3,048% memiliki nilai bilangan asam yang lebih rendah dibandingkan MES komersil dan SLS yang menandakan MES MAKJ lebih baik karena kandungan asam lemaknya sedikit dibandingkan kedua jenis surfaktan komersil tersebut. Hasil uji kompatibilitas dengan berbagai skenario juga mendapatkan hasil keseluruhan yang kompatibel.

**Kata kunci:** injeksi surfaktan, metil ester sulfonat (MES), kompatibilitas, karakteristik surfaktan, kulit jeruk manis (*citrus sinensis*).

# INITIAL LABORATORY STUDIES THE CHARACTERISTICS OF SWEET ORANGE (*CITRUS SINENSIS*) PEEL ESSENTIAL OILS AS AN ALTERNATIVE SURFACTANT IN THE TERTIARY OIL RECOVERY METHOD

ARIK DANIATI  
163210044

## ABSTRACT

*Surfactant flooding is one type of EOR which has the concept of reducing the surface tension between two immiscible fluids. The essential oil of sweet orange peel (citrus sinensis) contains a methyl ester group found in the pectin of sweet orange peel so that it has the potential as a raw material for making MES surfactants by transesterification and sulfonation processes. This research is focused on testing the MES characteristics of the essential oil of orange peel in the form of density, viscosity, pH, acid number and compatibility tests.*

*The surfactant preparation was carried out by transesterification and sulfonation processes using H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> reactants. Density testing is carried out using a pycnometer by calculating the difference in weight of the pycnometer filled with MES and empty pycnometer followed by distributing the difference in weight between the two with the pycnometer volume. After that, it was continued with viscosity testing using an ostwald viscosimeter to determine the viscosity of the MES then followed by a surfactant pH test using a pH stick. After the pH test, it is continued with the acid number test to find out how much NaOH is used to neutralize one gram of MES MAKJ. Finally, compatibility testing was carried out using surfactants with a concentration scenario (0.1%; 0.3%; 0.5%, 0.7%, and 1%) for brine 15,000 ppm with temperature variations of room's temperature and 60°C.*

*Based on the density and viscosity test, it turns out that the density of MAKJ has decreased after the transesterification and sulfonation processes into MES MAKJ due to the addition of methanol which resulted in a decrease in density to 0.9 g / cm<sup>3</sup> and viscosity of 1.36 cP then after being compared with the density and viscosity of commercial MES and SLS, both the density and viscosity of MES MAKJ are lower due to the low molecular weight of the material. In the pH test, the MES MAKJ value was maintained the same as the commercial MES and SLS, namely a neutral value of 7 according to the surfactant injection screening on the EOR. In testing the MES MAKJ acid number which is 3.048% has a lower acid number value than the commercial MES and SLS which indicates that MES MAKJ is better because the fatty acid content is less than the two types of commercial surfactants. Compatibility test results with various scenarios also get compatible overall results.*

**Key words:** *surfactant injection, methyl ester sulfonate (MES), compatibility, surfactant characteristics, sweet orange peel (citrus sinensis).*



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Setelah minyak di *reservoir* tidak dapat diproduksi dengan metode *primary recovery* dan *secondary recovery*, maka perlu dilakukan tahapan lanjut *tertiary recovery* yang biasa disebut *EOR (Enhanced Oil Recovery)* untuk memproduksi minyak yang tersisa di *reservoir* secara maksimal. Injeksi kimia yang terdiri dari injeksi surfaktan, injeksi polimer dan injeksi alkali merupakan salah satu tahapan *tertiary recovery*. Di Indonesia tahap EOR dilakukan karena sumur-sumur minyak di Indonesia banyak termasuk ke dalam sumur-sumur tua (*mature field*) yang kurang efektif jika minyaknya diproduksi dengan *secondary recovery* (Anam & Purwono, 2015).

Dasar dari injeksi *surfactant* atau *surface active agent* yang menjadi salah satu injeksi kimia pada perolehan minyak tahap lanjut berkonsep menurunkan tegangan antar muka (*interfacial tension, IFT*) pada minyak/air serta menstabilkan emulsi pada fluida dengan menginjeksikan zat aktif ke dalam *reservoir*, yang mana hal tersebut dapat mengubah keterbasahan (*wettability*) pada batuan untuk meningkatkan perolehan minyak (Li et al., 2018). Jenis surfaktan berdasarkan muatannya terdiri dari surfaktan anionik, surfaktan kationik, surfaktan nonionik dan surfaktan amfoterik (Erfando, Rita, & Cahyani, 2018; Pratomo, 2005; Sheng, 2011; Sugihardjo, 2016).

Menurut (Rivai, 2011) surfaktan yang sering digunakan berjenis anionik. Surfaktan komersil yang umum digunakan adalah surfaktan berbasis *petroleum sulfonate* salah satunya *Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS)* dan *Alpha Olefin Sulfonate* dimana *chemical surfactant* dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan yang telah menjadi perhatian publik (Hope & Gideon, 2015). Hal tersebut menjadi peluang untuk mengembangkan surfaktan berbasis alam dari tumbuhan atau biasa disebut dengan *biosurfactant*.

*Biosurfactant* memiliki sifat yang mirip dengan surfaktan sintetik, hanya saja biosurfaktan diketahui bersifat *biodegradable* (dapat terurai dengan lingkungan), *environment friendly* (ramah lingkungan), dan dapat bekerja dengan baik pada suhu dan salinitas yang tinggi. Surfaktan berbasis alam banyak diketahui berjenis surfaktan anionik yang muatannya berasal dari karboksilat,



fosfat atau kelompok sulfat. Kandungan pada minyak atsiri kulit jeruk terdiri dari senyawa alkaloid, flavonoid, likopen, vitamin C, serta pektin dan tannin mendominasi (Widiastuti, 2015). Pektin tersusun dari asam pektinat bagian dari asam galakturonat yang mengandung sejumlah metil ester yang mendasari minyak atsiri kulit jeruk berpotensi sebagai surfaktan alternatif jenis anionik (Hanum, Kaban, & Tarigan, 2012).

Produksi Buah Jeruk (*citrus sp*) di Indonesia berada pada peringkat 10 sebagai penghasil jeruk di dunia (Wijana et al., 2016). Berdasarkan data (BPS, 2019) produksi jeruk siam Indonesia mencapai 2,4jt ton pada tahun 2018 . Dengan kandungan bioaktif seperti pektin yang banyak terletak pada bagian dalam kulit dari jeruk (*albedo*) yaitu 20-35% (Putri & Martati, 2017; Widiastuti, 2015) serta kandungan metil ester pada pektin kulit jeruk berpotensi sebagai surfaktan alternatif dengan mengekstrak minyak atsirinya.

Minyak atsiri kulit jeruk sudah pernah diteliti oleh (Febrianti, S, & Indrayudha, 2013) dan (Nata, Ma'rifah, & Herlina, 2014) tetapi pemanfaatannya untuk pembuatan sabun. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan minyak atsiri kulit jeruk manis sebagai bahan utama pembuatan alternatif surfaktan dalam skala laboratorium dan untuk melihat apakah surfaktan tersebut dapat diaplikasikan pada metode *enhanced oil recovery* dalam hal ini adalah *surfactant flooding*. Pengujian yang dilakukan adalah studi awal yang diantaranya uji karakteristik surfaktan yang terdiri dari uji densitas, uji viskositas, uji pH, uji bilangan asam dan uji kompatibilitas dari surfaktan berbasis minyak atsiri kulit jeruk manis.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Melakukan uji karakteristik berupa uji densitas, uji viskositas, uji pH, dan uji bilangan asam minyak atsiri kulit jeruk manis sebagai surfaktan alternatif.
2. Melakukan uji kompatibilitas minyak atsiri kulit jeruk manis sebagai surfaktan alternatif.

### 1.3 Manfaat Penelitian

Berdasarkan dari penulisan proposal penelitian kali ini terdapat beberapa manfaat antara lain sebagai berikut:

- 1 Mengidentifikasi surfaktan berbasis alam terbarukan yang mudah diolah dan di peroleh disekitar alam sebagai bahan baku surfaktan alternatif untuk dapat digunakan sebagai *surfactant flooding* pada produksi minyak tahap tersier.
- 2 Menjadikan publikasi ilmiah berupa paper atau jurnal nasional maupun internasional sehingga menjadi acuan referensi dalam penelitian selanjutnya.

### 1.4 Batasan Masalah

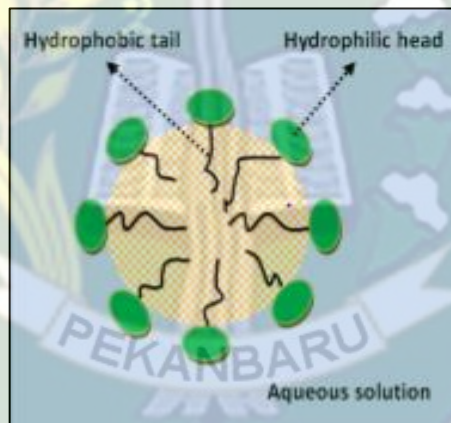
Agar penelitian ini tidak keluar dari tujuan yang diharapkan, maka penelitian ini hanya membatasi mengenai beberapa hal sebagai berikut:

- 1 Bahan yang digunakan untuk surfaktan Mestil Ester Sulfonat (MES) merupakan minyak atsiri kulit jeruk manis.
- 2 Tidak menganalisis proses ekstraksi kulit jeruk menjadi minyak atsiri kulit jeruk.
- 3 Hanya menguji karakteristik berupa uji densitas, uji viskositas, uji pH, dan uji bilangan asam serta kompatibilitas minyak atsiri kulit jeruk manis sebagai surfaktan alternatif.
- 4 Tidak menganalisis keekonomian dari penelitian ini.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

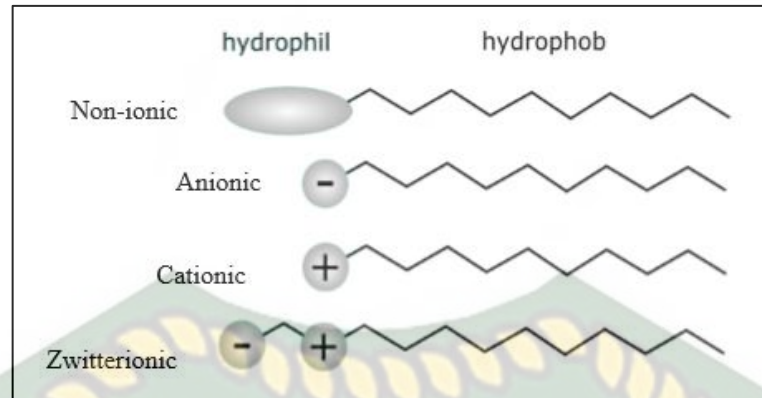
### 2.1 *Surfactant Flooding* (Injeksi Surfaktan)

Surfaktan memiliki struktur kimia yang terdiri dari molekul yang berbeda yaitu hidrofilik (larut dalam air) yang disebut “kepala” dan hidrofobik (tidak larut dalam air) disebut “ekor” seperti yang digambarkan pada gambar 2.1. Kepala dan ekor inilah yang berperan dalam mengurangi tegangan permukaan antar dua fluida yang tidak bercampur (ElMofty, 2012). Kepala hidrofilik bereaksi dengan fluida air sedangkan ekor hidrofobik bereaksi dengan komponen minyak mentah sehingga interaksi keduanya menyebabkan menurunnya IFT dan minyak dapat dengan mudah mengalir dari pori-pori (Gbadamosi, Junin, Manan, Agi, & Yusuff, 2019).



**Gambar 2. 1** Mikroemulsi yang dibentuk surfaktan (Chauhan, 2014)

Terdapat beberapa jenis surfaktan berdasarkan ion diantaranya jenis anionik, kationik, nonionik dan amfoterik seperti yang terlihat pada gambar 2.2 (Pratomo, 2005; Sheng, 2011; Sugihardjo, 2016). Kelompok surfaktan terbesar adalah anionik yang terdiri dari alkilbenzen sulfonat linear (LAS) merupakan jenis surfaktan yang paling banyak digunakan, alcohol sulfat (AS), sodium lauryl sulfonat (SLS), alcohol eter sulfat (AES), alfa olefin sulfonat (AOS), secondary alkane sulfonate, SAS), dan alfa sulfo metil ester (metil ester sulfonat, MES). Kelompok surfaktan yang konsumsinya tertinggi di dunia adalah jenis anionik yaitu sekitar 70-75% (Myers, 2006). Surfaktan anionik banyak digunakan dalam tahapan EOR dikarenakan menunjukkan adsorpsi yang relatif rendah pada batu pasir dan stabil pada suhu tinggi (Sheng, 2011).



**Gambar 2.2** Jenis surfaktan (Schramm, 2000)

Terdapat beberapa *screening criteria* dari penerapan EOR. Menurut Taber dari data lapangan dan mekanisme perolehan minyak menggunakan metode EOR yang umumnya dilakukan viskositas minyak harus <35 cP, permeabilitas *reservoir* >10 md. Menurut Goodlett dari kesimpulan yang dibuat berdasarkan studi-studi sebelumnya mengenai *chemical flooding*, porositas batuan >20 %, suhu <200°F (93,33°C), kedalaman <9000ft dan salinitas <140.000 ppm. Penerapan metode EOR memiliki *screening criteria* khusus seperti disebutkan sebelumnya tersebut harus dipertimbangkan untuk kesuksesan penerapan metode EOR (Chauhan, 2014).

Sebelum proses *surfactant flooding* dilakukan, maka perlu dilakukan penelitian laboratorium untuk mendapatkan surfaktan yang cocok dengan reservoir. Menurut Lake (1989) salah satu pengujian yang perlu dilakukan adalah uji densitas dan uji viskositas. Adapun persamaan rumus menghitung densitas sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m' - m}{v} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- m : Massa piknometer kosong, gr
- m' : Massa piknometer berisi cairan, gr
- v : Volume piknometer, ml

Adapun persamaan rumus menghitung viskositas sebagai berikut:

$$\mu_2 = \mu_1 \times \frac{\rho_2^2 t_2}{\rho_1^2 t_1} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :



$\mu_1$	= viskositas absolut air (cP)
$\mu_2$	= viskositas absolut surfaktan (cP)
$\rho_1$	= densitas air (g/ml)
$\rho_2$	= densitas surfaktan (g/ml)
t1	= waktu air mengalir (detik)
t2	= waktu surfaktan mengalir (detik)

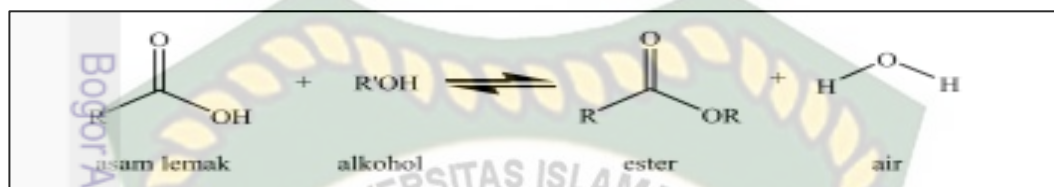
Karena konsep surfaktan menurunkan IFT dua permukaan yang berpengaruh pada wettabilitas batuan, maka salah satu yang mempengaruhi wettabilitas adalah pH sehingga pengujian pH perlu dilakukan karena pH merupakan salah satu factor yang mempengaruhi adsorpsi surfaktan terhadap batuan (Ayirala, 2002). Karakteristik surfaktan yang baik untuk EOR diharapkan memiliki nilai pH 6-8 (Rivai, 2011). Selain ketiga karakteristik yang telah disebutkan, uji bilangan asam tidak kalah penting karena untuk mengetahui berapa banyak NaOH yang dibutuhkan untuk menetralkan surfaktan. Uji kinerja surfaktan yang menjadi screening awal adalah uji kompatibilitas karena degradasi surfaktan dipengaruhi oleh kenaikan temperatur.

## 2.2 Minyak Atsiri Kulit Jeruk Sebagai Alternatif Surfaktan

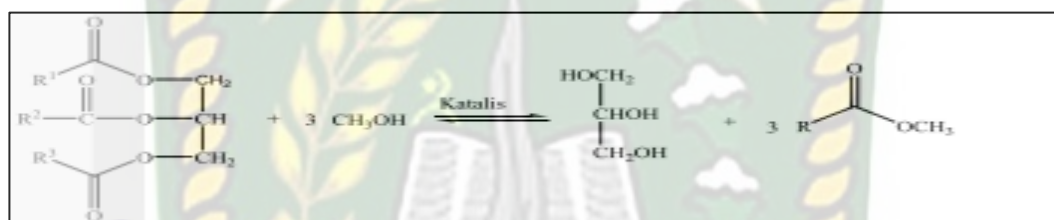
Penggunaan *petroleum surfactant* berbasis sintetis yang sudah komersial dianggap memiliki dampak negatif terhadap lingkungan karena tidak dapat diurai secara alami (unbiodegradable) (Hope & Gideon, 2015; Madani et al., 2019; Murni, Widayati, Sulistyowati, & Rakhul, 2015) sehingga pemanfaatan surfaktan berbasis alam yang lebih ramah lingkungan dengan bahan yang dapat diperbaharui berpotensi untuk dikembangkan untuk mengatasinya. Metil ester sulfonat (MES) yang terbuat dari minyak nabati menjadi salah satu surfaktan alternatif yang dapat dikembangkan karena memiliki karakter yang biodegradable (mudah terurai) dan ketersediaan bahan baku yang melimpah di Indonesia.

Sejauh ini minyak atsiri kulit jeruk sudah pernah diteliti namun fokusnya pada pembuatan sabun (Nata et al., 2014). Kulit jeruk banyak mengandung pektin pada bagian albedo mencapai 20-35%, dimana pektin tersusun dari asam pektinat yang menjadi bagian dari asam galakturonat dan terkandung gugus metil ester dengan rumus senyawa  $\text{RCOOCH}_3$  mencapai 50% yang dapat dimanfaatkan

sebagai surfaktan anionik dengan tahap sulfonasi menjadi Metil Ester Sulfonat (MES) (Hanum et al., 2012). Proses sintesa mendapatkan metis ester dapat dilakukan dengan proses esterifikasi atau transesterifikasi menggunakan methanol yang berfungsi sebagai pereaksi pemberi gugus CH<sub>3</sub> dan berperan sebagai pemurnian MES yang reaksinya dijelaskan pada gambar 2.3 dan 2.4.

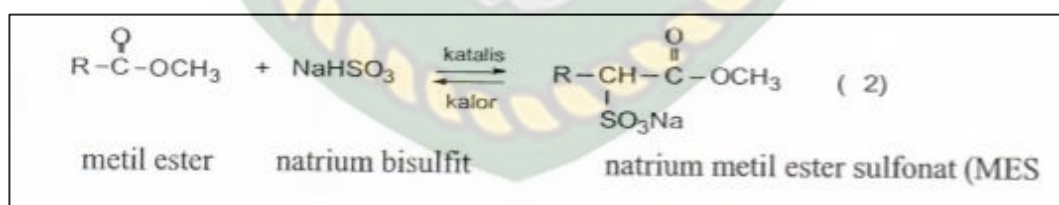


**Gambar 2.3** Reaksi esterifikasi antara asam lemak dengan metanol (Eni, 2017)

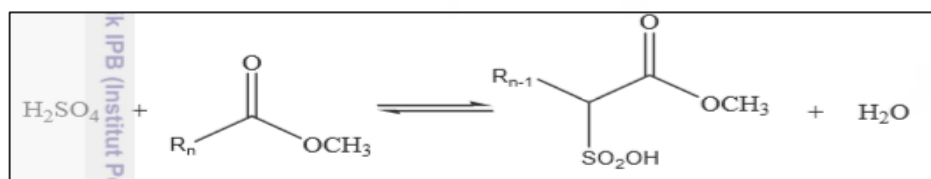


**Gambar 2.4** Reaksi transesterifikasi antara trigliserida dengan metanol (Eni, 2017)

Setelah mendapatkan metil ester, konversi dari metil ester menjadi Metil Ester Sulfonat (MES) dilakukan dengan proses sulfonasi dengan menggunakan reaktan seperti natrium bisulfit (NaHSO<sub>3</sub>) atau asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Reaksi sulfonasi dapat dilihat pada gambar 2.5 dan 2.6.



**Gambar 2.5** Metil ester dan reaksi sulfonasi menghasilkan MES menggunakan natrium bisulfit (Murni et al., 2015).



**Gambar 2.6** Metil ester dan reaksi sulfonasi menghasilkan MES menggunakan asam sulfat (Eni, 2017).

### 2.3 Surfaktan Organik dari Bahan Baku Lain

Beberapa referensi penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya menggunakan konsep yang hampir sama dengan penelitian ini guna sebagai panduan pembuatan hal baru untuk menghindari pengulangan penelitian yang sama dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2. 1** *State Of The Art.*

No	Judul Penelitian	Bahan Baku	Metode	Hasil dan Kegunaan
1.	Penentuan Kondisi Proses Produksi Surfaktan untuk Aplikasi pada Karbonat  (Rivai, Suryani, & Setyaningsih, 2011)	Olein minyak sawit	Menyiapkan bahan baku dari olein minyak sawit dan menghitung waktu sulfonasinya serta efek penambahan <i>methanol</i> terhadap pemurnian surfaktan.	Surfaktan yang dihasilkan nilai IFT $10^{-2}$ dyne/cm yang berarti surfaktan mempunyai peluang untuk diaplikasikan pada EOR.
2.	<i>Water-Oil Interfacial Tension Reduction And Wettability Alteration in Surfactant Flooding Process Using Extracted Saponin from Anabasis Setifera Plant.</i>	<i>Anabasis Setifera</i>	Ekstraksi maserasi <i>anabasis setifera</i> kering sebanyak 400 gram dengan pelarut 80% alcohol pada <i>temperature</i> ruangan.	Surfaktan berbasis alami yang ramah lingkungan dengan biaya yang jauh lebih murah dibandingkan dengan surfaktan komersil
	(Nowrouzi, Mohammadi, & Manshad, 2020).			
3.	Pembuatan Surfaktan Metil Ester Sulfonat dari Minyak Kelapa	Minyak kelapa	Transesterifikasi dan sulfonasi	Surfaktan Metil Ester Sulfonat (MES) yang belum dapat



	untuk Teknologi EOR ( <i>Enhanced Oil Recovery</i> ).		diaplikasikan pada teknologi EOR.
	(Murni et al., 2015)		
4.	Pemanfaatan Metil Ester jarak Pagar Menjadi Surfaktan MES untuk Aplikasi Sebagai <i>Oil Well Stimulation Agent</i> .	MES dari jarak pagar	Surfaktan MES dari jarak pagar Dengan dilarutkan dengan air injeksi suatu lapangan lalu ditambahkan NaCl, NaOH dan Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
	(Hambali, Rukmana, & Nurfitri, 2012)		Surfaktan MES jarak pagar kompatibel, kelakuan fasa bawah serta recovery minyak meningkat 13,34%.
5.	Sintesa Metil Ester Sulfonat dari Minyak Jathropa Curcas dan Aplikasinya pada Proses Enhanced Oil Recovery.	MES dari Minyak jathropa curcas	Transesterifikasi dan sulfonasi dengan menggunakan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> sebagai reaktan dengan variasi sulfonasi dan persentase metanol sebagai pemurni.
	(Nugroho & Buchori, 2019)		Hasil MES terbaik pada proses sulfonasi selama 90 menit dan persentase metanol 40%.
6.	Sintesis, Pemurnian dan Karakterisasi Metil Ester Sulfonat (MES) Sebagai Bahan Inti Deterjen dari Minyak Biji Nyamplung ( <i>Calophyllum inophyllum</i> L)	Minyak biji nyamplung	Transesterifikasi dan sulfonasi dengan membandingkan MES yang dimurnikan dan MES tanpa proses pemurnian.
	(Widyaningsih, Budiasih, Kurniawan, Chasani, & Nursalim, 2014)		MES dengan proses pemurnian yang menghasilkan karakteristik yang lebih baik daripada MES tanpa pemurnian untuk dimanfaatkan sebagai MES pada detergent.



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

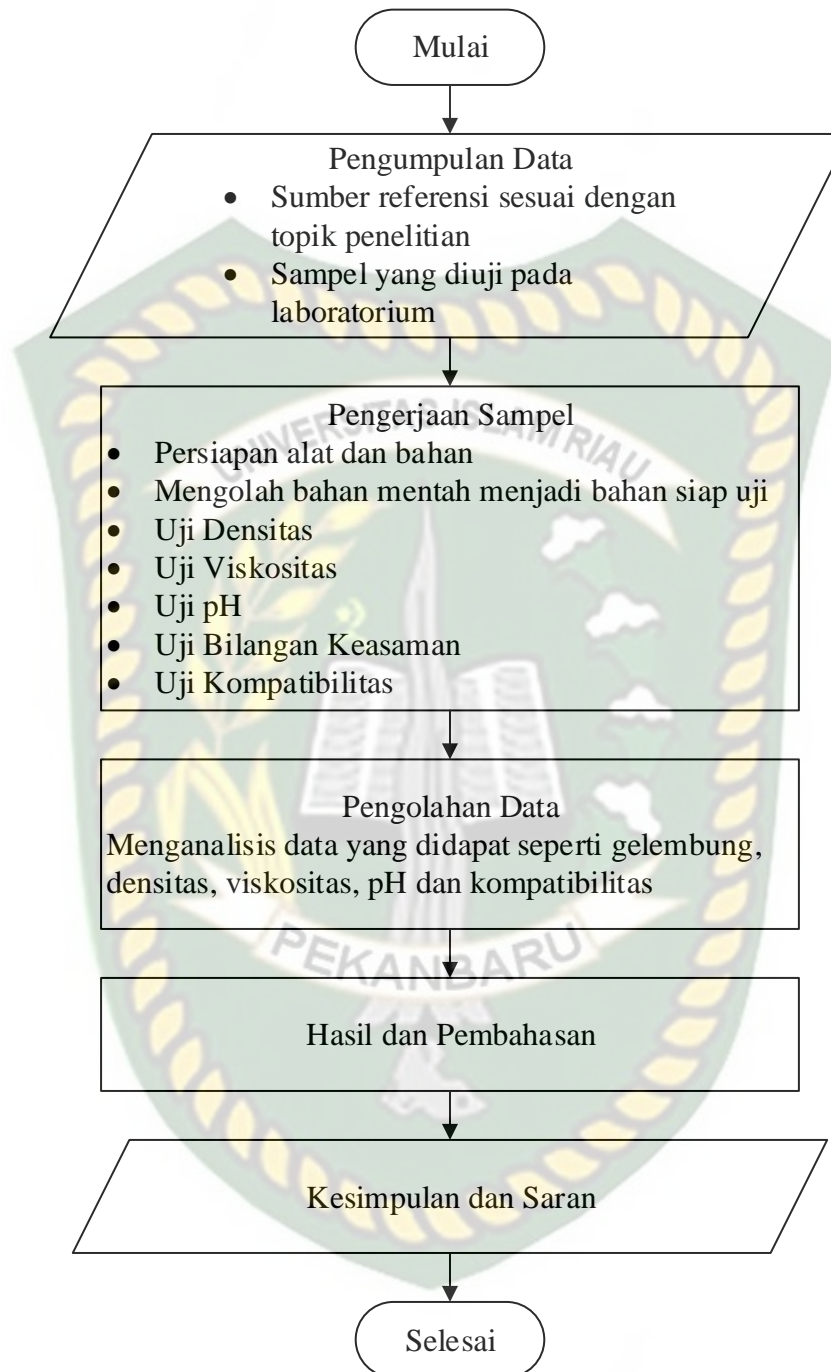
### 3.1 Uraian Metode Penelitian

Penelitian ini berjudul Studi Laboratorium Awal Pemanfaatan Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis*) Sebagai Bahan Alternatif Surfaktan Pada Metode Produksi Minyak Tahap Tersier. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan uji gelembung kulit jeruk manis sebagai surfaktan alternatif, mengetahui nilai densitas, viskositas dan pH kulit jeruk manis sebagai surfaktan alternatif dan mengetahui kompatibilitas kulit jeruk manis sebagai surfaktan alternatif. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium *Reservoir* Teknik Perminyakan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dengan metode *Experiment Research*. Jadwal kegiatan selama penelitian berlangsung dapat dilihat pada table 3.1.

**Tabel 3. 1 Jadwal penelitian**

TAHAP PENELITIAN	TAHUN 2020															
	Mei				Juni				Juli				Agustus			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur																
Persiapan alat dan bahan penelitian																
Proses transesterifikasi																
Proses sulfonasi																
Pembuatan <i>brine</i>																
Uji Densitas																
Uji Viskositas																
Uji pH																
Uji Bilangan Asam																
Uji Kompatibilitas																
Pengolahan Data																
Analisis Hasil dan Pembahasan																

### 3.2 Flowchart



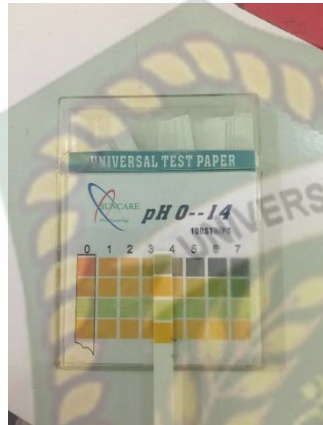
**Gambar 3. 1** Flowchart

### 3.3 Alat dan Bahan

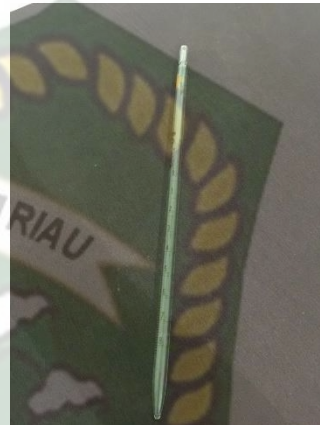
Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk pengujian kompatibilitas dan stabilitas thermal dijelaskan di bawah ini:

#### 3.3.1 Alat

Adapun alat yang digunakan didalam penelitian kali ini adalah:



a. pH Stick



b. Pipet Volume



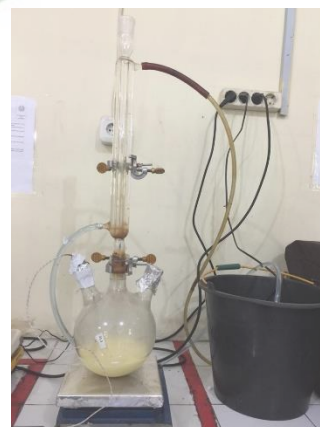
c. Centrifuge Tube



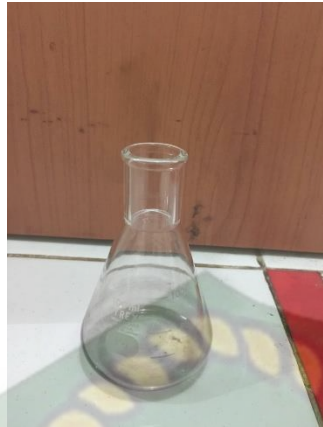
d. Labu Volumetrik



e. Gelas Ukur 500 ml



f. Peralatan Transesterifikasi



g. Labu *Erlenmeyer*



h. Corong



i. *Heater*



j. *Thermometer Batang*



k. *Magnetic Stirrer*



l. *Neraca Digital*





m. Oven



n. Piknometer 10 mL



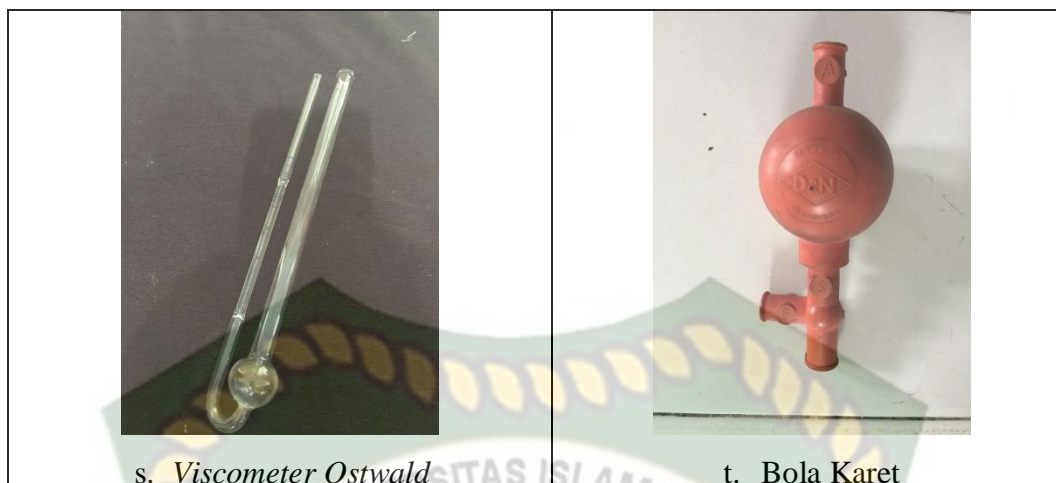
o. Pipet Tetes



p. Rak dan Tabung Reaksi

q. *BS & W Machine*

r. Thermometer Batang

s. *Viscometer Ostwald*

t. Bola Karet

**Gambar 3. 2** Peralatan yang Digunakan pada Penelitian**3.3.2 Bahan**

Adapun bahan yang digunakan didalam penelitian kali ini diantaranya sebagian berikut :

## a. Natrium hydroxide (NaOH)

NaOH digunakan sebagai katalis pada saat proses transesterifikasi serta menjadi bahan penetral MES setelah proses sulfonasi hingga derajat keasaman mencai nilai pH 7.

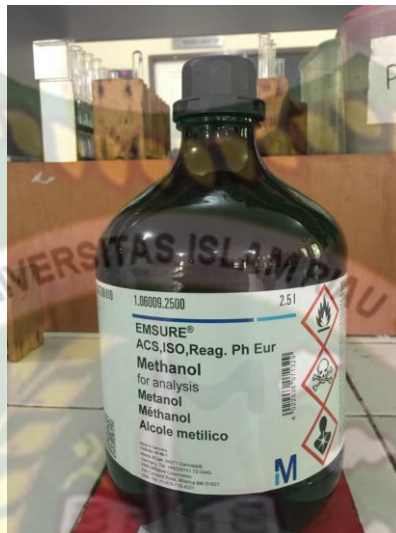
## b. Akuades

Aquades digunakan sebagai air yang dicampurkan dengan NaCl untuk proses pembuatan *brine*.

**Gambar 3. 3** Aquades.

c. Metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )

Metanol digunakan sebagai bahan alkoholisis pemberi gugus OH pada proses transesterifikasi serta menjadi bahan yang digunakan untuk memurnikan MES setelah proses sulfonasi.



**Gambar 3. 4** Methanol.

d. Minyak atsiri kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*)

Minyak atsiri digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan MES dari minyak atsiri kulit jeruk dalam penelitian ini.

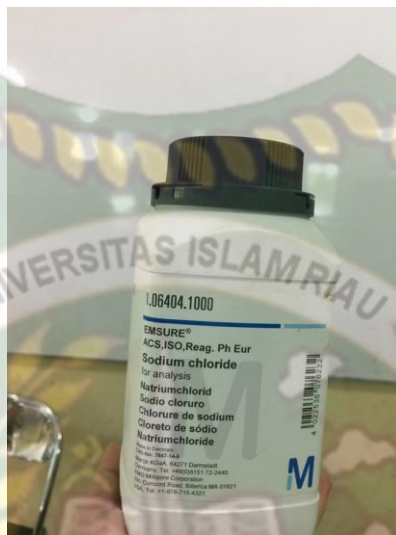


**Gambar 3. 5** Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis (*Citrus Sinensis*).



e. *Natrium chloride* (NaCl)

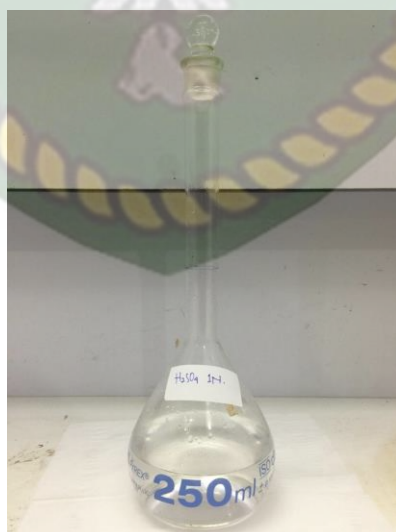
NaCl digunakan sebagai bahan kimia yang digunakan untuk pembuatan salinitas pada *brine* yang dalam hal ini salinitas yang akan dibuat yaitu sebesar 15.000 ppm.



**Gambar 3. 6** *Natrium Chloride* (NaCl).

f. Reaktan  $\text{H}_2\text{SO}_4$

$\text{H}_2\text{SO}_4$  merupakan bahan kimia yang digunakan sebagai reaktan pada proses sulfonasi untuk memberikan gugus sulfonat pada metil ester dari hasil transesterifikasi minyak atsiri kulit jeruk hingga terbentuknya MES.

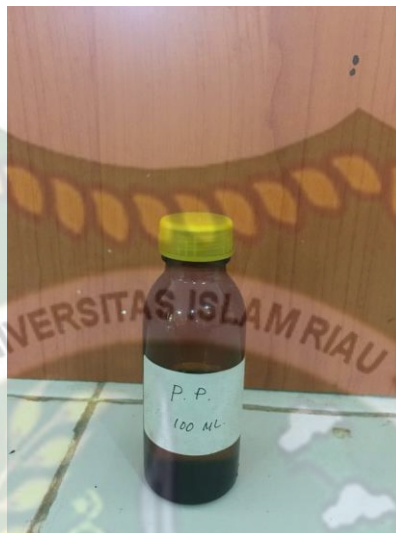


**Gambar 3. 7** Reaktan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .



## g. Fenolftalein

Fenolftalein digunakan sebagai indikator pada proses titrasi pada pengujian bilangan asam.



**Gambar 3. 8** Fenolftalein.

### 3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang digunakan dijelaskan di bawah ini:

#### 3.4.1 Proses Pembuatan Surfaktan

1. Proses Transesterifikasi (Murni et al., 2015)
  - a. Memasukkan minyak atsiri kulit jeruk manis 200 ml ke dalam labu leher tiga dilengkapi pengaduk, panaskan pada suhu 60°C
  - b. Memanaskan pada suhu 60°C *methanol* 44ml dan NaOH 0.5% (w/w *methanol*) dengan bejana berbeda
  - c. Memasukkan *methanol* dan NaOH 0.5% (w/w *methanol*) tersebut ke dalam labu leher tiga berisi minyak atsiri yang dipanaskan dengan suhu 60°C
  - d. Menghidupkan motor pengaduk dengan kecepatan putar 800 rpm selama 90 menit
  - e. Mengeluarkan produk kemudian cuci dengan 150 ml aquades panas pada suhu 80°C.
  - f. Memisahkan gliserol, *methanol* dan air (lapisan bawah) dan metil ester serta trigliserida (lapisan atas) dengan centrifuge selama 20 menit.

- g. Mencuci kembali lapisan atas hasil pemisahan langkah 5 menggunakan 200 ml aquades panas pada suhu 80°C.
  - h. Memisahkan air yang berasal dari campuran metil ester dan trigliserida menggunakan centrifuge dalam waktu 20 menit.
2. Proses Sulfonasi (Supriningsih, 2010).
- a. Mencampurkan metil ester minyak atsiri kulit jeruk sebanyak 100 gram dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebanyak 22 ml secara tetes demi tetes kedalam labu leher tiga.
  - b. Memanaskan campuran tersebut dengan suhu 65°C menggunakan *hotplate stirrer* dengan pengadukan konstan dalam waktu 1,5 jam.
  - c. Memurnikan MES dengan menambahkan methanol sebesar 30% (% wt terhadap total wt ME dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
  - d. Menetralkan MES dengan menambahkan NaOH 30% hingga mencapai pH netral.

### 3.4.2 Pembuatan *Brine*

*Brine* diketahui sebagai suatu air yang dicampurkan dengan NaCl dengan konsentrasi tertentu yang menentukan tingkat salinitas dari *brine* tersebut. Pada penelitian ini kadar salinitas yang digunakan bernilai 15.000 ppm (part per million). Perhitungan salinitas dan pembuatan *brine* dapat dilakukan sebagai berikut:

Perhitungan:

1 ppm larutan = 1 mg zat terlarut / 1 kg larutan

$$15.000 \text{ ppm (NaCl)} = \frac{15.000 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} = 15.000 \text{ mg/kg}$$

### 3.4.3 Pembuatan Larutan Surfaktan

Pada penelitian ini yang dibuat berupa surfaktan anionik jenis Metil Ester Sufonat (MES). Pembuatan larutan surfaktan memiliki konsentrasi bernilai 0,1%, 0,3 %, 0,5%, 0,7% dan 1%. Perhitungan larutan sebagai berikut:

Konsentrasi surfaktan yang diinginkan	= 0,1 %
Total volume larutan	= 500 ml
Volume surfaktan	= 500 ml x 0,1%

Volume Surfaktan = 0,5 ml

Maka untuk surfaktan MES 0,1%

Volume Larutan = MES 0,1% + Larutan *brine*

= 0,5 ml + 499,5 ml

= 500 ml

#### 3.4.4 Uji Nilai Densitas Menggunakan Alat Piknometer

Adapun tahapan prosedur pengujian densitas antara lain sebagai berikut :

1. Menentukan densitas larutan surfaktan dengan menggunakan piknometer.

Berat jenis suatu larutan disebut juga sebagai densitas. Nilai dari suatu densitas larutan dinyatakan dalam satuan gram per mili-liter atau (gr/ml). Adapun prosedur pengukuran densitas larutan dengan menggunakan alat piknometer berupa sebagian berikut :

- a. Menyiapkan piknometer dengan volume 10 ml
- b. Menimbang piknometer dalam keadaan kosong pada timbangan digital.
- c. Mengisi piknometer dengan air hingga penuh lalu ditutup.
- d. Menimbang massa piknometer yang berisi air dengan timbangan digital lalu catat hasilnya.
- e. Mengulang prosedur pada jenis larutan yang ingin di ukur densitasnya, lalu hitung densitas larutan dengan persamaan di atas.

#### 3.4.5 Uji Nilai Viskositas Menggunakan *Viscometer Oswald*

Pengujian viskositas pada larutan surfaktan dilakukan untuk mengetahui nilai kekentalan dari suatu fluida. Alat yang digunakan pada pengujian viskositas berupa *Viscometer Oswald*.

Kekentalan suatu larutan disebut juga sebagai viskositas. Nilai dari suatu viskositas larutan dinyatakan dalam satuan *centipoise* atau (cP). Adapun prosedur pengukuran viskositas larutan dengan menggunakan alat *viscometer oswald* berupa sebagian berikut :

- a. Menyiapkan *viscometer oswald* dan larutan surfaktan.
- b. Memasukan 10 ml larutan surfaktan kedalam *viscometer oswald*.

- c. Menghisap cairan yang berada pada *viscometer oswald* menggunakan *filler* (bola karet) hingga berada 2 cm di atas batas atas *ostwald*.
- d. Melepas *filler* dan biarkan cairan turun melewati batas atas.
- e. Menjalankan *stopwatch* dan ukur waktu pengaliran larutan surfaktan dari batas atas menuju batas bawah *ostwald*.
- f. Mencatat waktu pengaliran, dan menghitung nilai viskositas.

#### 3.4.6 Uji Ph

Pengujian pH dilakukan untuk mengetahui derajat keasaman atau kadar pH surfaktan dengan menggunakan pH stick. Pada surfaktan MES sebelum proses netralisasi bersifat asam dikarenakan pada proses sulfonasi dilakukan penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sehingga harus dinetralkan karena dalam tahapan EOR penginjeksian surfaktan nilai pH harus berkisar 6-8.

#### 3.4.7 Uji Bilangan Asam

Uji bilangan asam dilakukan untuk mengetahui banyaknya NaOH yang digunakan untuk menetralkan minyak dengan menggunakan pelarut methanol 96% dan dinetralkan dengan NaOH. Adapun prosedur pengujian bilangan asam sebagai berikut (Widyaningsih et al., 2014) :

- a. Menimbang 1 gram MES.
- b. Mencampurkan MES tersebut dengan methanol sebanyak 5 ml.
- c. Memanaskan dan mengaduk larutan tersebut selama 10 menit.
- d. Mentritasi menggunakan NaOH menggunakan indikator fenolftalein tetes demi tetes sampai warna berubah menjadi merah jambu.

#### 3.4.8 Uji Kompatibilitas

Uji kompatibilitas dilakukan untuk mengetahui tingkat kelarutan atau tingkat kecerahan (Putra, Ismayanti, & Kalista, 2018) surfaktan terhadap *brine* yang nilainya positif jika surfaktan larut pada air injeksi dengan sempurna dan nilai kompatibilitas bernilai negatif jika surfaktan tidak larut dalam *brine* dengan sempurna (Hambali et al., 2012). Uji kompatibilitas terbagi atas dua diantaranya *aqueous stability* dan *thermal stability* yang mana pengujian ini dilakukan untuk menghindari terjadinya pengendapan surfaktan. *Thermal stability* dilakukan untuk mengetahui ketahanan surfaktan pada suhu *reservoir* (60°C) dalam waktu tertentu (Eni, Sutriah, & Muljani, 2017; Syed, Idris, Mohshim, Yekeen, & Buriro,



2019). Uji dilakukan dengan prosedur menurut (Eni, Sutriah, & Muljani, 2017) sebagai berikut:

- a. Melarutkan surfaktan dengan *brine* dalam konsentrasi yang ditentukan.
- b. Mengambil sampel ke dalam botol sebanyak 25 ml
- c. Menutup botol menggunakan aluminium foil dengan kuat
- d. Memasukkan kedalam oven yang suhunya sudah diatur sesuai dengan suhu *reservoir* (60°C).
- e. Mengamati perubahan pada botol dalam waktu tertentu.



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini didasari dari perintah Allah SWT untuk terus berusaha dalam mendapatkan suatu manfaat dari segala sesuatu yang disediakan oleh-Nya yang tercatat di dalam QS An Nahl ayat 14 yang artinya “Dan Dialah yang menundukkan lautan (untukmu) agar kamu dapat memakan daging yang segar (ikan) darinya, dan (dari lautan itu) kamu mengeluarkan perhiasan yang kamu pakai. Kamu (juga) melihat perahu berlayar padanya, dan agar kamu mencari sebagian karunia-Nya, dan agar kamu bersyukur”. Meneliti hal baru yaitu pembuatan surfaktan alternatif dari minyak atsiri kulit jeruk yang bisa diperbaharui yang nantinya akan dimanfaatkan untuk memproduksi minyak bumi yang tersisa di dalam reservoir yang tidak dapat diproduksi dengan *primary recovery* dan *secondary recovery* sehingga harus diterapkan EOR. Tahapan tersebut diawali dengan penelitian ini yaitu menguji karakteristik berupa uji densitas, viskositas, pH, dan bilangan asam serta dilakukan pengujian kompatibilitas surfaktan MES dari minyak atsiri kulit jeruk dengan skenario konsentrasi surfaktan 0,1 %, 0,3 %, 0,5 %, 0,7%, 1% pada *brine* 15.000 ppm.

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak atsiri kulit jeruk. Sebelum dilakukannya konversi minyak atsiri kulit jeruk menjadi metil ester maka perlu analisis terlebih dahulu karakteristik dari bahan baku yang digunakan. Karakteristik yang dianalisis pada penelitian ini meliputi uji densitas, uji viskositas, uji pH dan uji bilangan asam dari bahan baku. Hasil analisis pengujian karakteristik minyak atsiri kulit jeruk sebelum dilakukannya konversi menjadi metil ester dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4. 1** Hasil Pengamatan Karakteristik Minyak Atsiti Kulit Jeruk Manis.

Parameter	Satuan	Hasil
Densitas	(g/cm <sup>3</sup> )	0,922
Viskositas	(Cp )	3,688
pH	-	4
Bilangan Asam	(%)	0,46

#### 4.1 Reaksi Transesterifikasi dan Sulfonasi

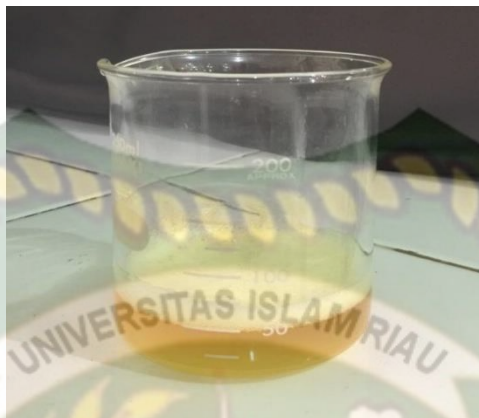
Pada reaksi transesterifikasi sebelum dihasilkan metil ester produk terlebih dahulu dipisahkan antara metil ester dan gliserolnya. Cairan tersebut umumnya berwarna kuning yang terpisah jelas sesuai dengan densitas masing-masing dimana lapisan bawah berupa gliserol berwarna kuning pucat dan lapisan atas merupakan metil ester yang terlihat kuning terang dan lebih encer. Pada penelitian ini yang dimanfaatkan untuk ke tahap sulfonasi adalah metil esternya dengan mencuci produk tersebut dengan aquades untuk memisahkan metil ester dengan gliserol menggunakan *centrifuge base sediment and water mechine*. Rangkaian peralatan proses transesterifikasi secara garis besar dapat dilihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4. 1** Rangkaian Alat Proses Transesterifikasi

Setelah metil ester dihasilkan dari reaksi transesterifikasi maka dilanjutkan dengan tahapan sulfonasi dengan mereaksikan metil ester dengan  $H_2SO_4$  untuk memaksimalkan proses sulfonasi untuk membentuk gugus sulfonat. Reaksi sulfonasi dilanjutkan dengan proses pemurnian dengan methanol untuk mengurangi *di-salt* (disodium karboksi sulfonat) karena hasil sulfonasi masih mengandung *di-salt* yang dapat menurunkan kinerja surfaktan karena *di-salt* bersifat tidak larut dalam air yang berdampak pada naiknya tegangan permukaan (Iman, Razak, & Nurhaeni, 2016; Widyaningsih et al., 2014). Peran methanol bukan hanya sebagai pengikat *di-salt* (garam) pada MES tetapi dapat mengikat kandungan air yang terdapat pada MES serta mempengaruhi nilai viskositas MES menjadi lebih rendah (encer) (Iman et al., 2016). Setelah pemurnian dilanjutkan

dengan proses penetralan dengan menambahkan NaOH menghasilkan rendemen MES sebanyak 80 ml yaitu 40 % dari bahan baku awal minyak atsiri kulit jeruk sebanyak 200 ml. Hasil akhir MES dapat dilihat pada gambar 4.2.



**Gambar 4. 2** MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk

#### 4.2 Karakteristik MES Sebagai Surfaktan Alternatif.

Hasil karakteristik surfaktan MES alternatif dari minyak atsiri kulit jeruk manis sebagai surfaktan alternatif dapat dilihat pada table 4.2.

**Tabel 4. 2** Hasil Pengamatan Karakteristik Surfaktan MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk.

Parameter	Satuan	Hasil
Densitas	(g/cm <sup>3</sup> )	0,9
Viskositas	(Cp )	1,36
pH	-	7
Bilangan Asam	(%)	3,048

Sedangkan hasil karakteristik surfaktan MES komersil dan surfaktan SLS dapat dilihat pada tabel 4.3 (Sampepana, Yustini, Rinaldi, & Amiroh, 2016).

**Tabel 4. 3** Karakteristik Surfaktan MES Komersil dan SLS.

Parameter	Satuan	Hasil	
		MES Komersil	SLS
Densitas	(g/cm <sup>3</sup> )	1,16	1,16
Viskositas	(Cp )	-	45915
pH	-	7	7
Bilangan Asam	(%)	8,42	3,93

*Sumber: Sampepana, Yustini, Rinaldi, & Amiroh (2016)*

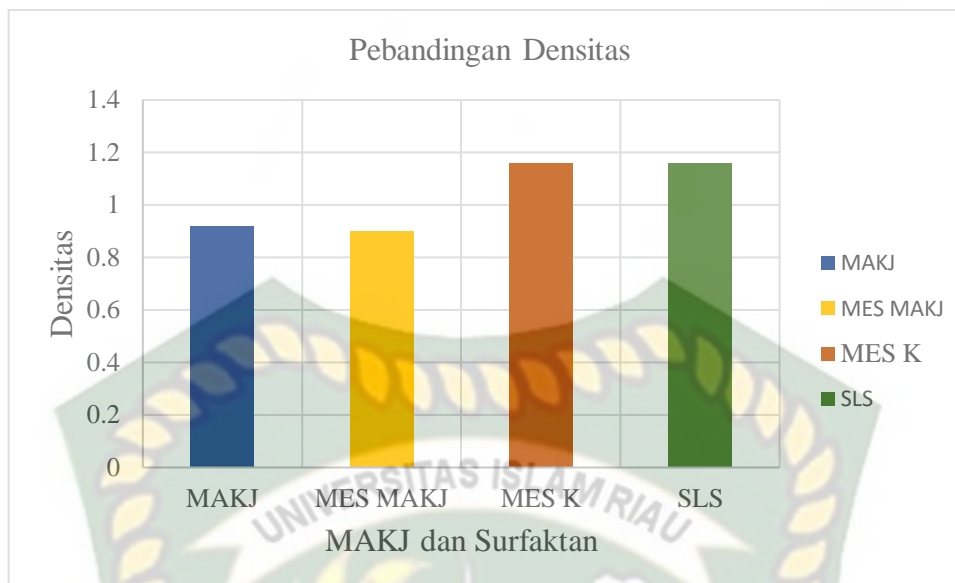


#### 4.1.1 Densitas Surfaktan

Densitas yang merupakan massa per satuan volume. Uji densitas MES perlu dilakukan karena densitas berpengaruh terhadap kelarutan di dalam *brine* dan minyak bumi (Putra et al., 2018). Nilai densitas pada MES dari minyak atsiri kulit jeruk sebagai surfaktan alternatif ini mengalami penurunan dari nilai densitas minyak atsiri kulit jeruk sebagai bahan baku yaitu dari  $0,922 \text{ gr/cm}^3$  menjadi  $0,9 \text{ gr/cm}^3$ . Hal tersebut dikarenakan adanya penambahan methanol dan juga larutan NaOH dalam proses transesterifikasi dan sulfonasi yang berdampak pada menurunnya nilai densitas.

Jika dibandingkan dengan MES yang sudah komersil dan jika dibandingkan dengan surfaktan SLS yang memiliki nilai densitas sama yaitu  $1,16 \text{ gr/cm}^3$  berarti MES pada penelitian ini memiliki densitas yang lebih rendah. Hal tersebut menandakan MES komersil dan surfaktan SLS memiliki bobot molekul bahan yang tinggi dari pada MES dari minyak atsiri kulit jeruk. Perbandingan nilai densitas dari minyak atsiri, MES dari minyak atsiri, MES komersil dan surfaktan SLS dapat dilihat pada gambar 4.3.

Pada penelitian ini nilai densitas yang dihasilkan MES dari minyak atsiri kulit jeruk yang bernilai  $9 \text{ gr/cm}^3$  memiliki tingkat kelarutan MES yang baik karena mendekati nilai densitas pelarutnya yaitu air dengan nilai densitas  $1 \text{ gr/cm}^3$  (Bantacut & TIP, 2014). Pada metode produksi EOR, parameter densitas penting karena berpengaruh pada penurunan dan kenaikan tegangan antarmuka fluida minyak dan air. Meningkat atau menurunnya tegangan antarmuka minyak dan air dapat dilihat dari selisih densitas antara densitas larutan surfaktan dengan densitas minyak bumi yang nilainya berkisar  $0,85174 \text{ gr/cm}^3$ . Selisih nilai densitas yang semakin kecil akan mengakibatkan nilai tegangan antarmuka antara minyak dan air menjadi lebih rendah (Rivai, 2011).



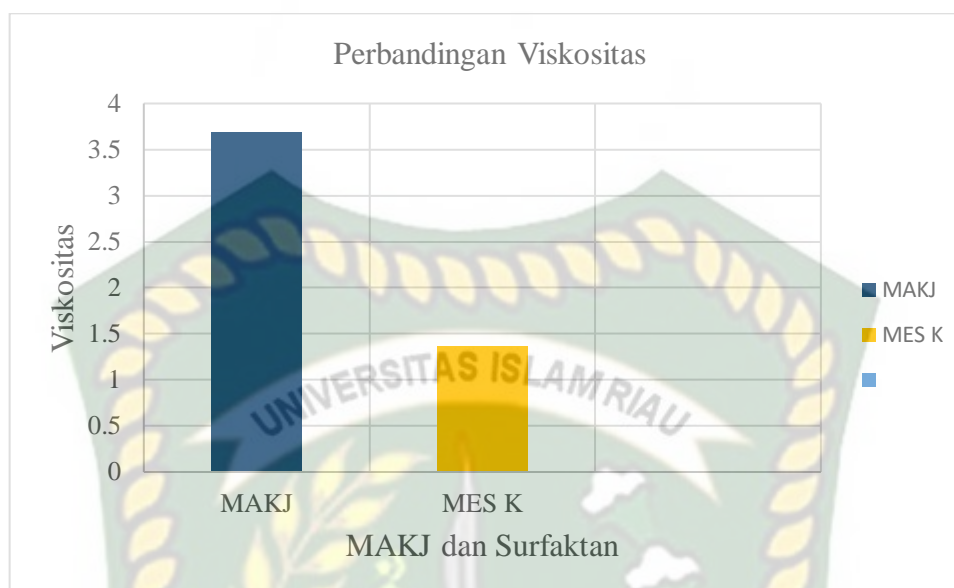
**Gambar 4.3** F1 (Minyak Atsiri Kulit Jeruk), F2 (MES Minyak Atsiri Kulit Jeruk), F3 (MES Komersil), F4 (SLS).

#### 4.1.2 Viskositas Surfaktan

Viskositas atau kekentalan fluida merupakan salah satu karakteristik suatu fluida. Viskositas perlu diujikan untuk mengetahui berapa nilai kekentalan surfaktan MES dari minyak atsiri kulit jeruk. Nilai viskositas bahan baku yaitu minyak atsiri kulit jeruk yang didapat dari penelitian ini sebesar 3,688 cP dan nilai viskositas MES dari minyak atsiri kulit jeruk sebesar 1,36 cP. Nilai viskositas MES lebih rendah dikarenakan pada proses pemurnian menggunakan methanol berhasil dilakukan karena methanol bersifat mengikat garam atau *di-salt* yang terkandung pada MES serta mengikat air yang terkandung pada MES sehingga MES menjadi lebih murni karena zat pengotor telah dimurnikan oleh methanol yang berefek pada turunnya nilai viskositas (Iman et al., 2016).

Jika dibandingkan dengan nilai viskositas surfaktan komersil jenis anionik SLS sebesar 45915 cP maka viskositas MES dari minyak atsiri kulit jeruk jauh lebih rendah sedangkan nilai viskositas untuk MES komersil tidak terdeteksi dikarenakan berbentuk padatan. Nilai viskositas SLS sangat jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan surfaktan MES alternatif dari minyak atsiri kulit jeruk dikarenakan bentuk dari SLS berupa gel sedangkan surfaktan MES alternatif dari minyak atsiri kulit jeruk berupa cairan yang encer. Pada gambar 4.4 perbandingan viskositas minyak atsiri kulit jeruk dan MES dari minyak atsiri kulit jeruk

ditampilkan namun tidak disertakan dengan perbandingan viskositas surfaktan SLS dikarenakan perbedaan nilai yang terlalu jauh.



**Gambar 4.** 4 F1 (Minyak Atsiri Kulit Jeruk), F2 (MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk).

#### 4.1.3 Derajat Keasaman Surfaktan (pH)

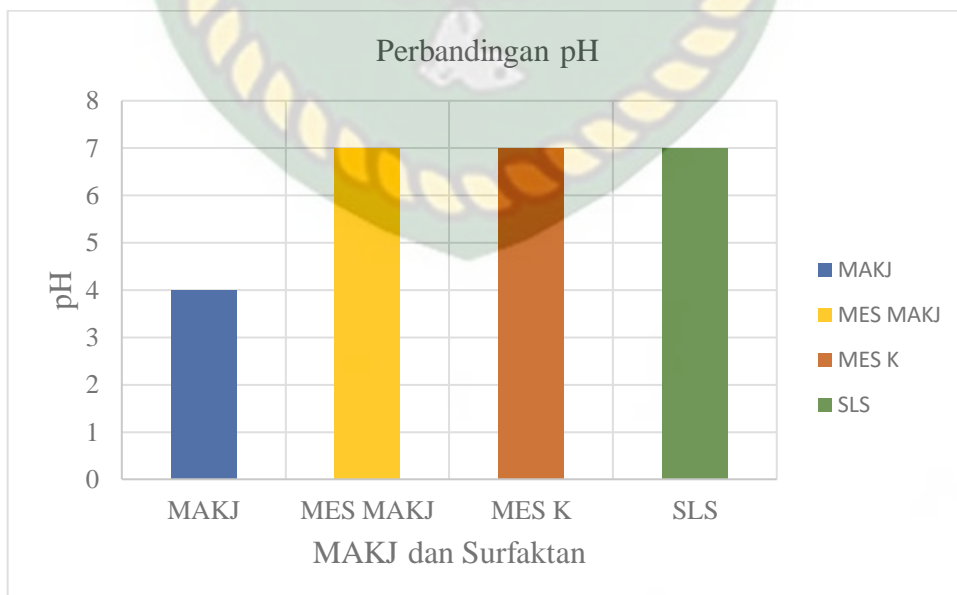
pH merupakan derajat keasaman dari suatu fluida. Derajat keasaman minyak atsiri kulit jeruk bernilai 4 yang berdasarkan nilai tersebut menandakan minyak tersebut bersifat asam. Derajat keasaman surfaktan MES setelah proses sulfonasi pada penelitian ini sangat rendah karena terikatnya reaktan  $H_2SO_4$  yang bersifat asam dengan metil ester dari minyak atsiri kulit jeruk. Surfaktan pada EOR menurut yang diharapkan adalah pH netral sehingga setelah proses sulfonasi harus dilanjutkan dengan proses penetralan pH sampai didapatkan nilai akhir pH MES 7 dan nilai pH tersebut setara dengan nilai pH surfaktan MES komersil dan surfaktan SLS. Hasil uji nilai pH minyak atsiri kulit jeruk dapat dilihat pada gambar 4.5 dan perbandingan nilai pH minyak atsiri kulit jeruk, MES dari minyak atsiri kulit jeruk, MES komersil dan surfaktan SLS dapat dilihat pada gambar 4.6.





**Gambar 4. 5** pH Minyak Atsiri Kulit jeruk (sebelah kiri) dan PH MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk (sebelah kanan).

Pada penginjeksian surfaktan dalam tahapan produksi EOR pH surfaktan harus dipertahankan netral atau bernilai 6-8. Nilai pH diharapkan netral karena jika nilai pH di atas 8 maka surfaktan tersebut bersifat basa dan dapat menyebabkan hidrolisis MES menjadi *di-salt* (Widyaningsih et al., 2014). Selain tidak boleh bersifat basa, surfaktan pada tahapan produksi EOR juga diharapkan tidak bersifat asam atau nilai pH kecil dari 6 karena hal tersebut berdampak pada kerusakan *surface facilities* yang mengakibatkan proses EOR menjadi kurang maksimal (Bantacut & TIP, 2014).



**Gambar 4. 6** F1 (Minyak Atsiri Kulit Jeruk), F2 (MES dari Kulit Jeruk), F3 (MES Komersil), F4 (SLS).



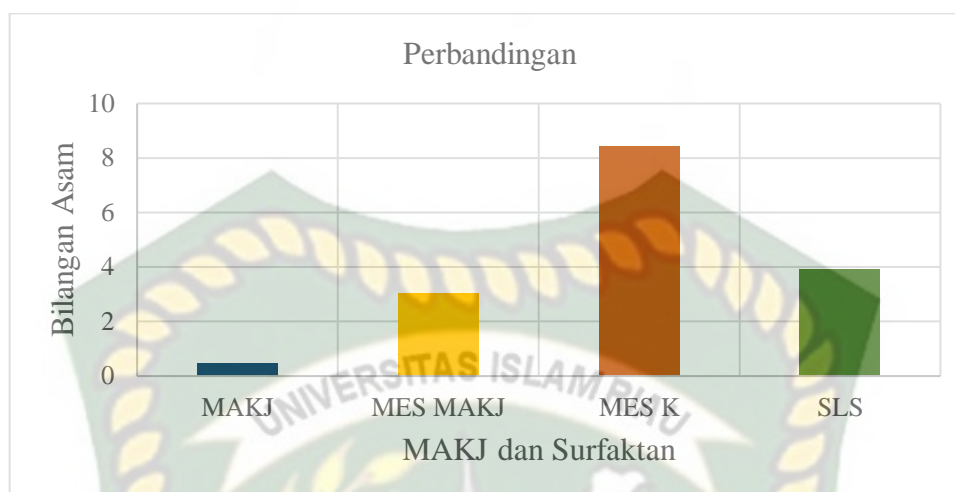
Selain dari pada hal yang disebutkan di atas, pada EOR nilai pH dipertahankan netral dikarenakan berhubungan terhadap gugus hidrofilik dan gugus hidrofobik dari surfaktan yang berakibat pada gaya kohesi dan gaya adhesi antara molekul minyak dan air formasi. Saat pH surfaktan bernilai berkisar 6-8 maka gaya kohesi antara minyak dan air formasi akan menurun sedangkan gaya adhesi antara minyak dan air formasi akan meningkat setelah surfaktan ditambahkan. Meningkatnya gaya adhesi akan menurunkan gaya kohesi minyak yang berakibat pada menurunnya tegangan antarmuka antara minyak dan air formasi (Rivai, 2011).

#### 4.1.4 Bilangan Asam Surfaktan

Bilangan asam perlu diuji karena untuk mengetahui berapa banyak NaOH yang diperlukan untuk menetralkan MES pada surfaktan. Semakin banyak NaOH yang digunakan untuk menetralkan MES berarti semakin tinggi pula nilai bilangan asam yang didapat. Bilangan asam minyak atsiri kulit jeruk yang didapat dari penelitian ini bernilai 0,46 %. Bilangan asam MES dari minyak atsiri kulit jeruk dari penelitian ini bernilai 3,048 %. Berdasarkan hasil analisis tersebut nilai bilangan asam MES lebih besar dari bilangan asam minyak atsiri kulit jeruk. Hal tersebut menandakan proses sulfonasi yang mengkonversi metil ester dari minyak atsiri kulit jeruk menjadi Metil Ester Sulfonat menggunakan  $H_2SO_4$  sebagai reaktan untuk menghasilkan gugus sulfonat berhasil dilakukan (Widyaningsih et al., 2014).

Jika dibandingkan dengan surfaktan komersil memiliki nilai bilangan asam sebesar 8,42 % dan jika dibandingkan dengan surfaktan SLS yang memiliki bilangan asam 3,93 %, nilai bilangan asam surfaktan komersil dan SLS lebih besar dari nilai bilangan asam surfaktan MES dari minyak atsiri pada penelitian ini yang bernilai 3,048 %. Perbandingan nilai bilangan asam tersebut dapat dilihat pada gambar 4.7. Nilai bilangan asam dipengaruhi oleh lama proses sulfonasi. Semakin lama proses sulfonasi maka semakin tinggi nilai bilangan asam karena gugus sulfonat yang terbentuk lebih banyak (Sampepana et al., 2016). Semakin tinggi bilangan asam menandakan terjadi kerusakan pada minyak karena terjadinya degradasi trigliserida minyak menjadi asam lemak bebas (Hidayati, Zuidar, & Yanto, 2012). Semakin banyak asam lemak bebas, maka nilai bilangan

asam akan semakin tinggi dan menyebabkan MES sukar larut dalam air. (Rivai, 2011).



**Gambar 4. 7** F1 (Minyak Atsiri Kulit Jeruk), F2 (MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk), F3 (MES Komersil), F4 (SLS).

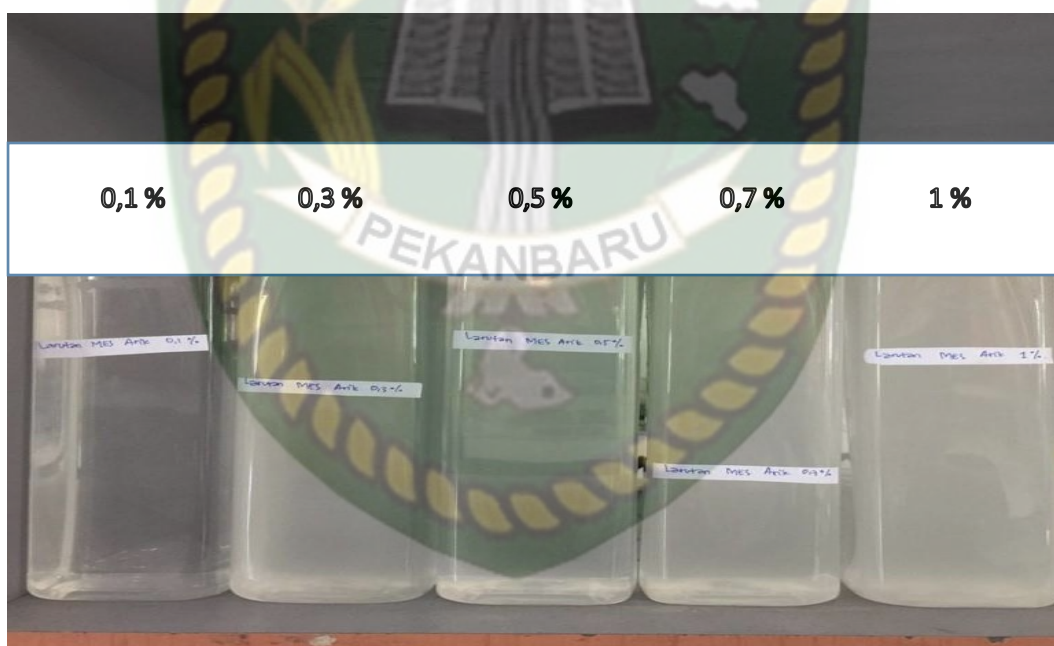
### 4.3 Kompatibilitas Surfaktan

Uji kompatibilitas merupakan uji pertama kali yang dilakukan untuk mengetahui apakah surfaktan cocok terhadap air formasi dari suatu reservoir. Surfaktan yang sering digunakan dalam dunia perminyakan merupakan surfaktan anionik yang tahan terhadap salinitas dari air formasi. Surfaktan yang diinjeksikan harus larut dan stabil dalam kondisi reservoir sehingga harus diuji kestabilan larutan dan stabilitas termal karena jika larutan tidak stabil seperti terjadi pengendapan hal tersebut akan menghalangi pori-pori batuan serta merusak formasi (Syed et al., 2019). Pengujian kompatibilitas dengan suhu ruang dan 60°C dari penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.3.

**Tabel 4. 4** Hasil Uji Kompatibilitas Surfaktan MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk.

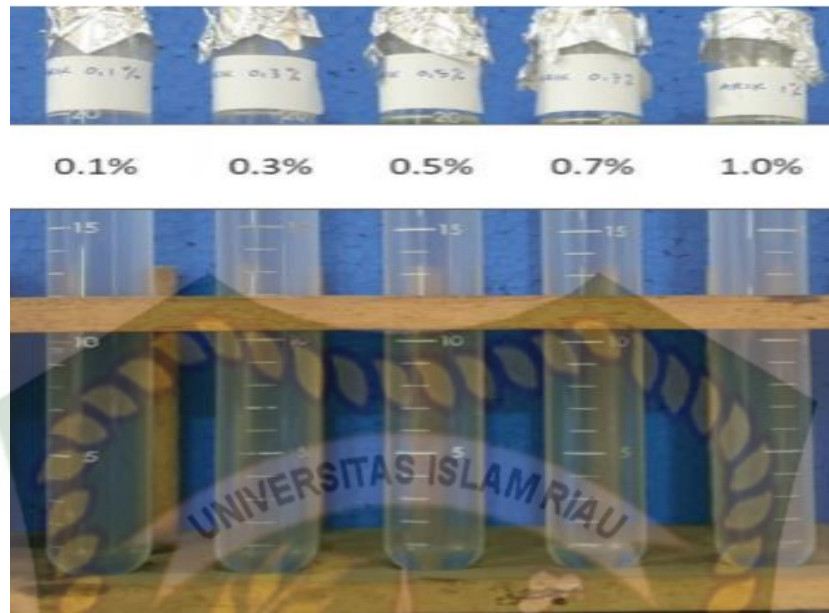
No	Konsentrasi	<i>Aqueous Stability</i>	<i>Thermal Stability (60°C)</i>
1	0,1 %	Jernih	Jernih
2	0,3 %	Keruh	Keruh
3	0,5 %	Keruh	Keruh
4	0,7 %	Keruh	Keruh
5	1 %	Keruh	Keruh

Pengujian kompatibilitas larutan yang diharapkan adalah larutan yang sempurna yaitu larutan yang jernih satu fasa dan koloid yaitu larutan yang terlihat keruh satu fasa, sedangkan larutan suspensi yang membentuk dua fasa yaitu larutan dan gumpalan tidak diharapkan karena gumpalan dapat menyebabkan penyumbatan pada pori-pori batuan (Supriningsih, 2010). Pada penelitian ini larutan surfaktan MES dari minyak atsiri kulit jeruk dengan berbagai skenario konsentrasi yaitu 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7%, dan 1% pada *brine* dengan salinitas 15.000 ppm menghasilkan skenario konsentrasi surfaktan MES 0,1% dengan *brine* 15.000 ppm yang sangat baik karena larutannya yang jernih. Namun, dikarenakan skenario lainnya yaitu 0,3%, 0,5%, 0,7% dan 1% pada *brine* 15.000 ppm tidak ada yang membentuk suspensi atau gumpalan maka dapat disimpulkan seluruh skenario pada pengujian kompatibilitas ini kompatibel (Muhpidah, Suryani, & Kartika, n.d.; Supriningsih, 2010). Hasil dari uji kompatibilitas *aqueous stability* dapat dilihat pada gambar 4.8 dan *thermal stability* pada gambar 4.9.



**Gambar 4. 8** Uji *Aqueous Stability* MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk dengan Skenario Konsentrasi 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7%, dan 1 % pada *brine* 15.000 ppm.





**Gambar 4. 9** Uji *Thermal Stability* MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk dengan Skenario Konsentrasi 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7%, dan 1 % pada *brine* 15.000 ppm dengan suhu 60°C selama 180 menit.

Surfaktan MES MAKJ pada penelitian ini tidak berpengaruh yang signifikan terhadap perubahan suhu dibuktikan dari uji *aqueous stability* dan *thermal stability* pada gambar 4.9 yang menghasilkan analisis tidak terlalu signifikan perbedaannya. Tidak terbentuknya dua fasa atau suspensi pada uji kompatibilitas tersebut dikarenakan surfaktan ini memiliki sifat kepolaran yang tinggi sehingga gugus hidrofilik pada surfaktan ini lebih kuat daripada gugus hidrofobik (Juita, Arnelli, & Yusniati, 2016).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui *screening* awal skala laboratorium surfaktan alternatif berupa MES dari minyak atsiri kulit jeruk dengan menganalisis karakteristik MES berupa uji densitas, uji viskositas, uji pH, uji bilangan asam serta menguji *screening* awal kinerja MES ini dengan menganalisis pengujian kompatibilitas dengan skenario konsentrasi surfaktan MES dari minyak atsiri kulit jeruk 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7% dan 1% pada *brine* dengan salinitas 15.000 ppm. Penggabungan hasil analisis karakteristik MES dari minyak atsiri kulit jeruk dengan MES komersil dan SLS dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut ini:



**Tabel 4. 5** Karakteristik MES dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk, MES Komersil, dan SLS

Parameter	Satuan	Hasil		
		MES MAKJ	MES Komersil	SLS
Densitas	(g/cm <sup>3</sup> )	0,9	1,16	1,16
Viskositas	(Cp )	1,36	-	45915
pH	-	7	7	7
Bilangan Asam	%	3,048	8,42	3,93

Berdasarkan hasil uji densitas, uji viskositas, uji pH dan uji bilangan asam yang terlihat pada tabel 4.5 di atas, MES dari minyak atsiri kulit jeruk yang dianalisis pada penelitian ini masuk ke dalam *screening* awal menjadi surfaktan alternatif karena nilai dari pengujian keempat karakteristik awal tersebut mendekati nilai uji karakteristik MES komersil dan SLS yang telah diujikan oleh peneliti lain sebelumnya. Jika ditinjau dari uji kompatibilitas dengan skenario konsentrasi surfaktan MES dari minyak atsiri kulit jeruk 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7% dan 1% pada *brine* dengan salinitas 15.000 menghasilkan keseluruhan skenario yang kompatibel. Namun, untuk dapat menjadi surfaktan alternatif yang diterapkan pada tahapan produksi EOR pada dunia perminyakan, MES dari minyak atsiri kulit jeruk perlu nantinya dapat dilanjutkan pada penelitian selanjutnya sehingga MES dari minyak atsiri kulit jeruk menjadi surfaktan MES yang dapat diimplementasikan pada produksi minyak tahap tersier atau sering disebut dengan *Enhanced Oil Recovery* (EOR) pada Lapangan Migas. Hal tersebut karena penelitian ini tahap awal yang dilakukan dalam skala laboratorium.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan judul penelitian “Studi Laboratorium Awal Karakteristik Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis*) Sebagai Bahan Alternatif Surfaktan Pada Metode Produksi Minyak Tahap Tersier” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian karakteristik Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis diperoleh densitas sebesar 0,9 gr/cm<sup>3</sup>, viskositas sebesar 1,36 cP, pH netral 7, dan bilangan asam sebesar 3,048% maka berdasarkan nilai karakteristik tersebut MES dari minyak atsiri kulit jeruk masuk dalam *screening* awal MES alternatif.
2. Berdasarkan uji kompatibilitas surfaktan dengan skenario konsentrasi 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7% dan 1% pada *brine* dengan salinitas 15.000ppm yang paling baik adalah skenario surfaktan 0,1%. Namun seluruh skenario memenuhi syarat kompatibel.

### 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dijabarkan oleh peneliti tentang penelitian yang berjudul “Studi Laboratorium Awal Karakteristik Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis*) Sebagai Bahan Alternatif Surfaktan Pada Metode Produksi Minyak Tahap Tersier” diharapkan penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian terhadap parameter lain seperti uji gugus fungsi, uji densitas, viskositas dan pH berdasarkan variasi *temperature* dan waktu, stabilitas busa, uji kelakuan fasa, uji wettabilitas, uji ketahanan *thermal*, dan uji *interfacial tension*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anam, M. K., & Purwono, S. (2015). Modifikasi Sodium Lignosulfonat Melalui Epoksidasi Minyak Biji Kapuk dan Penambahan Kosurfaktan. *Jurnal Rekayasa Proses*, 9(2), 36–43.
- Ayirala, S. C. (2002). *Surfactant-induced relative permeability modifications for oil recovery enhancement*. Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Bantacut, T., & TIP, W. D. (2014). Sifat Korosif Surfaktan MES (Metil Ester Sulfonat) dari Minyak Sawit dalam Pemilihan Bahan Surface Facilities untuk Aplikasi EOR (Enhanced Oil Recovery). *Journal of Agroindustrial Technology*, 24(2).
- BPS. (2019). *Produksi Tanaman Holtikultura Dinamis*. Indonesia.
- Chauhan, P. D. (2014). *Data Analysis and Summary for Surfactant-Polymer Flooding Based on Oil Field Projects and Laboratory Data*. Missouri University of Science and Technology.
- ElMofty, O. (2012). *Surfactant Enhanced Oil Recovery by Wettability Alteration in Sandstone Reservoirs*. Missouri University of Science and Technology.
- Eni, H. (2017). *Surfaktan Berbasis Minyak Sawit untuk Aplikasi Enhanced Oil Recovery (EOR) pada Lapangan Minyak Intermediet*. Institut Pertanian Bogor.
- Eni, H., Sutriah, K., & Muljani, S. (2017a). *Surfactant based on Palm Oil for EOR Application at Intermediate Oil Field*. 51(1), 2–7.
- Eni, H., Sutriah, K., & Muljani, S. (2017b). Surfaktan Berbasis Minyak Sawit untuk Aplikasi EOR pada Lapangan Minyak Intermediet (Surfactant based on Palm Oil for EOR Application at Intermediate Oil Field). *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi*, 51(1), 13–21.
- Erfando, T., Rita, N., & Cahyani, S. R. (2018). Identifikasi Potensi Jeruk Purut Sebagai Demulsifier Untuk Memisahkan Air Dari Emulsi Minyak Di Lapangan Minyak Riau Identification of Potential Kaffir Lime As Demulsifier To Separate Water From Oil Emulsion in Riau ' S Oil Field. *Kimia Mulawarman*, 15, 117–121.
- Febrianti, D. R., S, T. N. S., & Indrayudha, P. (2013). *Formulasi Sediaan Sabun Mandi Transparan Minyak Atsiri Jeruk Purut*. 15.
- 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. *International Nano Letters*, 1–32.
- 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.



- Hanum, F., Kaban, I. M. D., & Tarigan, M. A. (2012). Ekstraksi Oektin dari Kulit Buah Pisang Raja (*Musa sapientum*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(2), 21–26.
- Hidayati, S., Zuidar, A. S., & Yanto, F. (2012). Optimasi Proses Pembuatan Metil Ester Sulfonat (MES) Dari Minyak Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*) DAN Pengaruhnya Terhadap Nilai Tegangan Antarmuka Menggunakan Metode Permukaan Respon. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 14(2), 160–172.
- Hope, N., & Gideon, A. (2015). Biosurfactant Production from Palm Oil Mill Effluent (POME) for Applications as Oil Field Chemical in Nigeria. *SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Iman, N., Razak, A. R., & Nurhaeni, N. (2016). Sintesis Surfaktan Metil Ester Sulfonat (Mes) Dari Metil Laurat. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 2(2).
- Juita, R., Arnelli, A., & Yusniati, Y. (2016). Telaah Surfaktan untuk Proses Enhanced Oil Recovery (EOR) dan Profil Adsorpsi Surfaktan A-Olefin Sulfonates (AOS). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(1), 27–31.
- Li, Z., Lu, Y., Wu, H., Yang, M., Feng, H., Xu, D., ... Zhao, Y. (2018). A Novel Ultra-Low IFT Spontaneous Emulsification System for Enhanced Oil Recovery in Low Permeability Reservoirs. *SPE EOR Conference at Oil and Gas West Asia*. Society of Petroleum Engineers.
- Madani, M., Zargar, G., Takassi, M. A., Daryasafar, A., Wood, D. A., & Zhang, Z. (2019). Fundamental Investigation of an Environmentally-Friendly Surfactant Agent for Chemical Enhanced Oil Recovery. *Fuel*, 238, 186–197.
- Muhipdah, E., Suryani, A., & Kartika, I. A. (n.d.). *Palm oil anionic surfactants based emulsion breaker (Case study of emulsions breaker at Semanggi Field production wells)*.
- Murni, S. W., Widayati, T. W., Sulistyowati, D., & Rakhul, F. Z. (2015). *Pembuatan Surfaktan Metil Ester Sulfonat dari Minyak Kelapa untuk Teknologi EOR (Enhanced Oil Recovery)*.
- Myers, D. (2006). *Surfactant Science and Technology* (Third Edit). Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Nata, I. F., Ma'rifah, Y. N., & Herlina, H. (2014). Minyak Kulit Jeruk Pakis Sebagai Essential Oil Dalam Pembuatan Sabun: Ekstraksi Dan Karakterisasi. *Konversi*, 3(2), 30–36.
- Nowrouzi, I., Mohammadi, A. H., & Manshad, A. K. (2020). Water-Oil Interfacial Tension (IFT) Reduction and Wettability Alteration in Surfactant Flooding Process Using Extracted Saponin from *Anabasis Setifera* plant. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 106901.
- 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), 19–24.



- Pratomo, A. (2005). Pemanfaatan Surfaktan Berbasis Minyak Sawit pada Industri Perminyakan. *Prosiding Seminar Nasional Pemanfaatan Oleokimia Berbasis Minyak Sawit Pada Berbagai Industri*, (24 November 2005), 76–86.
- 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), 77–82.
- Putri, D. A., & Martati, E. (2017). *Ekstraksi Maserasi Senyawa Polifenol pada Kulit Jeruk Baby Java ( Citrus Sinesis L . Osbeck ) : Kajian Pustaka*. (2011), 1–9.
- Rivai, M. (2011). *Produksi dan Formulasi Surfaktan Berbasis Metil Ester Sulfonat dari Olein Sawit untuk Aplikasi Enhanced Oil Recovery*.
- Rivai, M., Irawadi, T. T., Suryani, A., & Setyaningsih, D. (2011). Penentuan Kondisi Proses Produksi Surfaktan MES Untuk Aplikasi EOR Pada Batuan Karbonat. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 5(1), 45–52.
- Sampepana, E., Yustini, P. E., Rinaldi, A., & Amiroh, A. (2016). Perbandingan Karakteristik Surfaktan Metil Ester Sulfonat dan Sodium Lauril Sulfonat sebagai Bahan Emulsifier. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 9(2), 167–176.
- Schramm, L. L. (2000). *Surfactants: fundamentals and applications in the petroleum industry*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Sheng, J. J. (2011). *Modern Chemical Enhanced Oil Recovery*. Elsevier.
- Sugihardjo, S. (2016). Kriteria Uji Penyaringan Injeksi ASP dalam Implementasi Teknologi EOR. *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi*, 50(1), 9–11.
- Supriningsih, D. (2010). *Pembuatan Metil Ester Sulfonat (MES) sebagai Surfaktan untuk Enhanced Oil Recovery (EOR)*. Tesis. Jakarta: Universitas Indonesia.
- 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.
- Widiastuti, D. R. (2015). *Ekstraksi Pektin Kulit Jeruk Bali Dengan Microwave Assisted Extraction Dan Aplikasinya Sebagai Edible Film*. UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG.
- Widyaningsih, W., Budiasih, I. N. B. I. N., Kurniawan, W. A. K. W. A., Chasani, M. C. M., & Nursalim, V. H. N. V. H. (2014). Sintesis, Pemurnian Dan Karakterisasi Metil Ester Sulfonat (MES) Sebagai Bahan Inti Deterjen Dari Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L). *Molekul*, 9(1), 63–72.
- Wijana, S., Citraresmi, A. D. P., Dewanti, B. S. D., Pranowo, D., Perdani, C. G., & Rahmah, N. L. (2016). Production Process Analysis of Baby Java's Orange Syrup in Pilot Plant Scale. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 17(3), 213–230.