

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

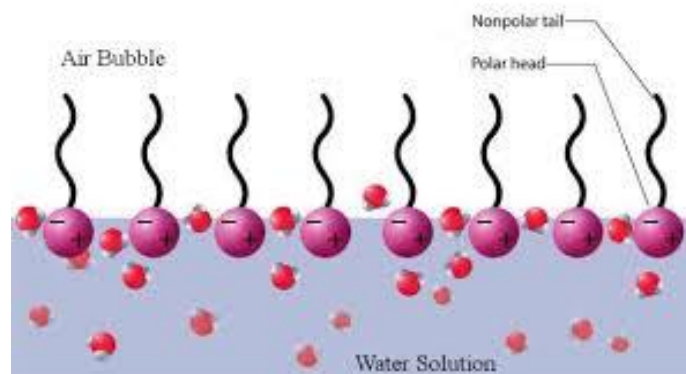
#### 2.1. Surfaktan

Surfaktan atau *surfactant* berasal dari akronim *surface active agent* merupakan suatu molekul amphipatic atau amphiphilic yang mengandung gugus hidrofilik dan lipofilik dalam satu molekul yang sama atau suatu zat aktif permukaan (*surface active agent*) yang dapat menurunkan tegangan permukaan suatu media, karena mempunyai kemampuan untuk menggabungkan bagian antar fasa yang berbeda seperti udara dan air ataupun fasa yang mempunyai kepolaran yang berbeda seperti minyak dan air. Surfaktan memiliki kecenderungan untuk menjadikan zat terlarut dan pelarutnya terkonsentrasi pada bidang permukaan. Surfaktan umumnya diproduksi dari bahan baku minyak bumi (*petroleum*), contohnya adalah surfaktan anionik seperti LAS (*Linear Alkylbenzene Sulfonate*) dan ABS (*Alkyl Benzene Sulfonate*). Surfaktan LAS yang sangat sering digunakan oleh masyarakat secara luas menimbulkan masalah yakni LAS dapat membentuk fenol yang bersifat racun bagi biota perairan. Surfaktan ABS juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan karena sulit terdegradasi secara alami oleh mikroorganisme (Utomo, 2010). Oleh karena itu, diperlukan alternatif bahan baku terbarukan yang dapat memenuhi kebutuhan surfaktan yang bersifat ramah lingkungan, yakni bahan baku yang bersumber dari minyak nabati.

Sifat-sifat surfaktan adalah mampu menurunkan tegangan permukaan, tegangan antar muka, meningkatkan kestabilan partikel yang terdispersi dan mengontrol sistem emulsi (*misalnya oil in water (o/w) atau water in oil (w/o)*). Di samping itu, surfaktan akan terserap ke dalam permukaan partikel minyak atau air sebagai penghalang yang akan mengurangi atau menghambat penggabungan dari partikel yang terdispersi. Secara umum surfaktan dibagi atas empat kelompok, yaitu kelompok anionik, nonionik, kationik dan amforterik. Jenis surfaktan yang dipilih pada proses pembuatan suatu produk tergantung pada kinerja dan karakteristik surfaktan tersebut serta karakteristik produk akhir yang diinginkan.

Penambahan surfaktan dalam larutan akan menyebabkan turunnya tegangan permukaan larutan. Setelah mencapai konsentrasi tertentu, tegangan permukaan akan konstan walaupun konsentrasi surfaktan ditingkatkan. Penggunaan surfaktan pada industri tergantung pada proses pembuatan produk dan karakteristik surfaktan serta produk akhir yang diinginkan. Peranan surfaktan yang berbeda – berbeda dikarenakan struktur molekulnya yang tidak seimbang, Molekul surfaktan dapat divisualisasikan seperti berudu yang memiliki kepala dan ekor. Bagian kepala bersifat hidrofilik (suka air), merupakan bagian yang sangat polar, sedangkan bagian ekor bersifat hidrofobik (tidak suka air/suka minyak), merupakan bagian nonpolar. Kepala dapat berupa anion, kation atau nonion, sedangkan ekor dapat berupa rantai linier atau cabang hidrokarbon. Konfigurasi kepala-ekor tersebut membuat surfaktan memiliki fungsi yang beragam di industri (Hui, 1996). Peranan surfaktan salah satunya sebagai bahan baku yang sangat penting pada proses eksploitasi minyak bumi. Surfaktan disemprotkan bersama air ke dalam bumi dan digunakan untuk meluluhkan minyak bumi yang terperangkap di dinding-dinding gua pada saat pengeboran untuk *Oil Recovery*, menyerupai sabun yang melarutkan minyak bersama air.

Surfaktan yang umum digunakan dalam proyek *Oil Recovery* adalah surfaktan anionik. Bila surfaktan anionik dilarutkan kedalam larutan encer, maka surfaktan akan berdisosiasi (terpisah) menjadi kation dan monomer. Kenaikan konsentrasi surfaktan menyebabkan gugus hidrofob (gugus yang suka minyak) akan saling berkumpul membentuk kumpulan yang disebut misel, di mana tiap-tiap misel terdiri dari beberapa monomer. Struktur misel ini tidak tetap dan dapat berubah dalam berbagai bentuk. Bila larutan surfaktan kontak dengan fasa berminyak, surfaktan cenderung berakumulasi pada permukaan (permukaan antara fasa minyak dan fasa cair). Gugus yang suka minyak larut dalam fasa berminyak sedangkan gugus yang suka air larut dalam fasa air. Karena sifat tersebut maka surfaktan akan menyebabkan tegangan permukaan antara dua fasa yang tidak campur tersebut menurun.

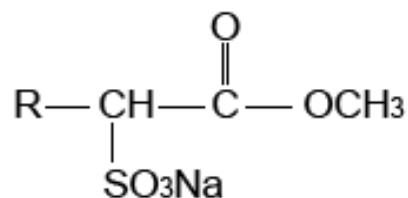


**Gambar 2. 1** Struktur Molekul Surfaktan  
(Sumber: Hovda, 1996)

## 2.2. Metil Ester Sulfonate (MES)

Metil Ester Sulfonat (MES) merupakan surfaktan anionik berbasis minyak nabati yang mengandung asam lemak rantai C16-C18 yang ramah lingkungan dan bersifat *biodegradable*. Biaya produksinya juga relatif lebih murah dibandingkan dengan biaya produksi surfaktan berbasis petrokimia (Watkins, 2001).

Proses produksi surfaktan MES dilakukan dengan mereaksikan metil ester dengan agen sulfonasi. Menurut Bernardini (1983) dan Pore (1976), pereaksi yang dapat dipakai pada proses sulfonasi antara lain asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), oleum (larutan  $SO_3$  di dalam  $H_2SO_4$ ), sulfur trioksida ( $SO_3$ ),  $NaHSO_3$ , dan  $ClSO_3H$ . Untuk menghasilkan kualitas produk terbaik, beberapa perlakuan penting yang harus dipertimbangkan adalah rasio mol, suhu reaksi, konsentrasi grup sulfat yang ditambahkan, lama proses netralisasi, jenis dan konsentrasi katalis, pH dan suhu netralisasi (Foster 1996). Struktur kimia Metil Ester sulfonat (MES) pada Gambar 2.2 sebagai berikut :

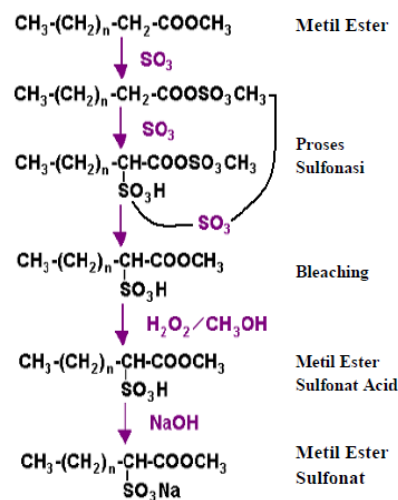


**Gambar 2. 2** Struktur MES  
(Sumber: Watkins, 2001)

Surfaktan pada umumnya dapat disintesis dari minyak nabati melalui senyawa antara metil ester dan alkohol lemak (*fatty alcohol*). Proses-proses yang

dapat diterapkan untuk menghasilkan surfaktan diantaranya yaitu asetilasi, etoksilasi, esterifikasi, sulfonasi, amidasi, sukrolisis, dan saponifikasi. Produksi surfaktan dengan bahan baku metil ester dapat berasal dari minyak kelapa, stearin sawit, kernel sawit (PKO), dan lemak hewan (Mac Arthur dan Sheats 2002).

Menurut Matheson (1996), MES memperlihatkan karakteristik dispersi yang baik, sifat deterjensi yang baik terutama pada air dengan tingkat kesadahan yang tinggi (*hard water*) dan tidak adanya fosfat, ester asam lemak C14, C16 dan C18 memberikan tingkat deterjensi terbaik, serta bersifat mudah didegradasi (*good biodegradability*). Dibandingkan petroleum sulfonat, surfaktan MES menunjukkan beberapa kelebihan di antaranya yaitu pada konsentrasi MES yang lebih rendah daya deterjensinya sama dengan petroleum sulfonat, dapat mempertahankan aktivitas enzim yang lebih baik, toleransi yang lebih baik terhadap keberadaan kalsium, dan kandungan garam (*disalt*) lebih rendah. Produksi MES dapat dilakukan dengan reaksi sulfonasi yaitu mereaksikan agen sulfonasi dengan minyak, asam lemak, ataupun ester asam lemak. Mekanisme pembuatan Metil Ester Sulfonat adalah dengan mereaksikan Metil Ester (biodiesel) dengan agen pensulfonasi gas SO<sub>3</sub> menghasilkan Metil Ester Sulfonat Acid (MESA). Dengan penambahan basa kuat (NaOH) terhadap MESA dihasilkan MES. Reaksi produksi MES seperti disajikan pada Gambar 2.3.



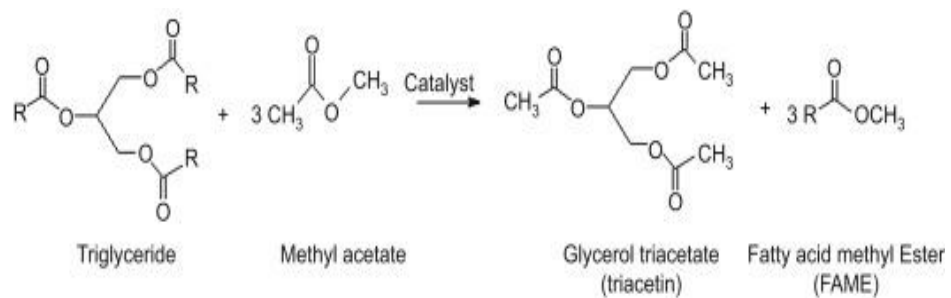
**Gambar 2. 3** Reaksi kimia produksi metil ester sulfonat  
(Sumber: Susi, 2010)

## 2.3. Bahan Baku Utama dan Penunjang

### 2.3.1 Bahan Baku Utama

#### 1. Fatty Acid Methyl Ester (FAME)

Metil ester merupakan bahan oleokimia dasar, turunan dari trigliserida (minyak atau lemak) yang dapat dihasilkan melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi. Bahan baku pembuatan metil ester antara lain minyak sawit, minyak kelapa, minyak jarak, minyak kedelai, dan lainnya.

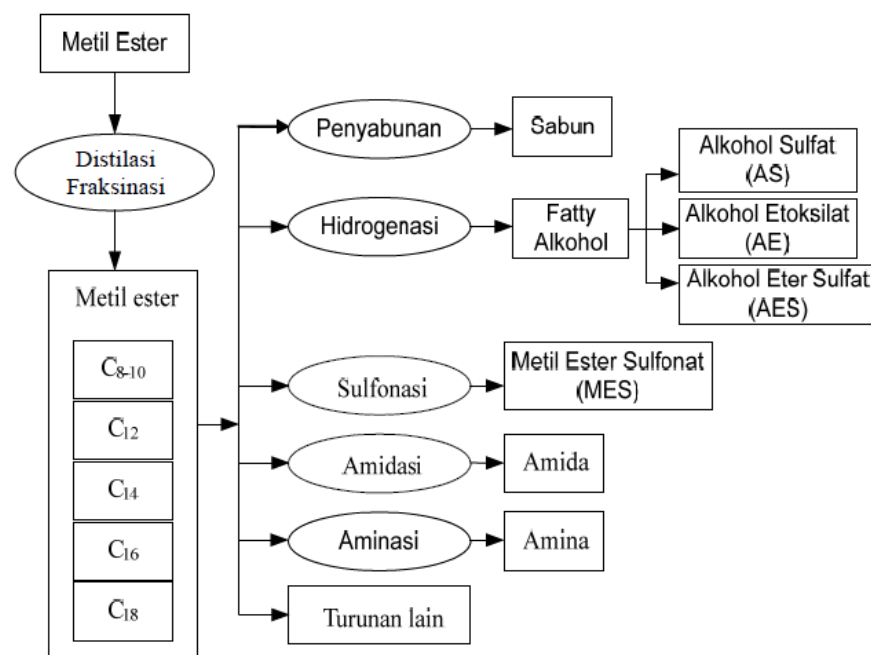


**Gambar 2. 4** Struktur Kimia FAME

(Sumber : Man, Elsheikh, Bustam, Yusup, & Mutalib, 2013)

Metil ester adalah salah satu jenis ester yang mempunyai rumus senyawa RCOOCH<sub>3</sub>-. Metil ester disintesa dengan cara esterifikasi asam lemak dengan alkohol atau transesterifikasi minyak dengan alkohol, dengan menggunakan katalis asam atau basa. Proses esterifikasi dengan katalis asam diperlukan jika minyak nabati mengandung FFA di atas 5%. Jika minyak berkadar FFA tinggi (>5%) langsung ditransesterifikasi dengan katalis basa maka FFA akan bereaksi dengan katalis membentuk sabun. Esterifikasi adalah proses yang menghasilkan metil ester asam lemak bebas (FFA) dengan alcohol rantai pendek (methanol atau etanol) menghasilkan metil ester asam lemak (FAME) dan air. Katalis yang digunakan untuk reaksi esterifikasi adalah asam, biasanya asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) atau asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). Jadi esterifikasi digunakan sebagai proses pendahuluan untuk mengkonversikan FFA menjadi metil ester sehingga mengurangi kadar FFA dalam minyak nabati dan selanjutnya ditransesterifikasi dengan katalis basa untuk mengkonversikan trigliserida menjadi metil ester.

Transesterifikasi berfungsi untuk menggantikan gugus alkohol gliserol dengan alkohol sederhana seperti metanol atau etanol. Umumnya katalis yang digunakan adalah sodium metilat, NaOH atau KOH. Definisi metil ester menurut SNI (04-7182-2006) adalah ester lemak yang dibuat melalui proses esterifikasi asam lemak dengan metil alkohol, berbentuk cairan. Menurut Hui (1996), C<sub>16</sub>-C<sub>18</sub> mempunyai daya deterjensi yang baik, sehingga metil ester C<sub>16</sub>-C<sub>18</sub>, minyak sawit merupakan sumber bahan baku yang tepat dan murah untuk produksi metil ester sulfonat (MES).



**Gambar 2. 5** Pengolahan metil ester lebih lanjut menjadi oleokimia  
(Sumber: Darnoko et al., 2001; Matheson, 1996)

## 2. Natrium Bisulfite (NaHSO<sub>3</sub>)

Sodium bisulfit atau natrium bisulfit, natrium hidrogen sulfit adalah campuran [kimia](#) dengan [rumus kimia](#) perkiraan NaHSO<sub>3</sub>. Sodium bisulfit sebenarnya bukan senyawa nyata, tetapi campuran garam yang larut dalam air untuk memberikan larutan yang terdiri dari ion natrium dan [bisulfit](#). Ini adalah padatan putih dengan bau [sulfur dioksida](#). Pada proses pembuatan surfaktan MES dari minyak kelapa sawit, natrium bisulfite berfungsi sebagai agen sulfonasi pada proses sulfonasi. Beberapa sifat natrium bisulfite antara lain:

<a href="#">Formula kimia</a>	NaHSO <sub>3</sub>
<a href="#">Masa molar</a>	104.061 g / mol
Penampilan	Padatan putih
<a href="#">Bau</a>	Sedikit bau belerang
<a href="#">Massa jenis</a>	1.48 g / cm <sup>3</sup>
<a href="#">Titik lebur</a>	150 ° C (302 ° F; 423 K)
<a href="#">Titik didih</a>	315 ° C (599 ° F; 588 K)
<a href="#">Kelarutan dalam air</a>	42 g / 100 mL
<a href="#">Indeks bias ( nD )</a>	1.526

(Sumber: [https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium\\_bisulfite](https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_bisulfite))

### 2.3.2 Bahan Baku Penunjang

#### 1. Kalsium Oksida (CaO)

[Kalsium](#) oksida ( CaO ),umumnyadikenalsebagai kapur api atau kapur bakar , adalah [senyawa kimia yang](#) banyak digunakan. Ini adalah padatan putih, [kaustik](#) , [alkali](#) , [kristal](#) pada suhu kamar. Istilah " [kapur](#) " yang digunakan secara luas berkonotasi dengan bahan anorganik yang mengandung kalsium, di mana karbonat, oksida dan hidroksida dari kalsium, silikon, magnesium, aluminium, dan besi mendominasi. Pada proses pembuatan surfaktan MES dari minyak kelapa sawit, kalsium oksida berfungsi sebagai katalis pada proses sulfonasi. Beberapa sifat kalsium oksida antara lain:

<a href="#">Formula kimia</a>	CaO
<a href="#">Masa molar</a>	56.0774 g / mol
Penampilan	Putih untuk bubuk kuning / coklat pucat
<a href="#">Bau</a>	Tidak berbau
<a href="#">Massa jenis</a>	3.34 g / cm <sup>3</sup> [1]
<a href="#">Titik lebur</a>	2,613 ° C (4,735 ° F; 2,886 K)
<a href="#">Titik didih</a>	2.850 ° C (5.160 ° F; 3.120 K) (100 <a href="#">hPa</a> )

(Sumber: [https://en.wikipedia.org/wiki/Calcium\\_oxide](https://en.wikipedia.org/wiki/Calcium_oxide))

## 2. Metanol

Metanol merupakan pereaksi untuk proses esterifikasi-transesterifikasi yang berfungsi sebagai pemberi gugus  $\text{CH}_3$ . Selain itu metanol juga berperan dalam proses pemurnian MES. Metanol, juga dikenal sebagai metil alkohol, *wood alcohol* atau spiritus, adalah [senyawa kimia](#) dengan [rumus kimia](#)  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Ia merupakan bentuk [alkohol](#) paling sederhana. Pada "keadaan atmosfer" ia berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada [etanol](#)). metanol digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan bakar dan sebagai bahan aditif bagi etanol industri. Beberapa sifat-sifat metanol antara lain :

<a href="#">Rumus kimia</a>	$\text{CH}_3\text{OH}$
<a href="#">Massa molar</a>	32.04 g/mol
Penampilan	colorless liquid
<a href="#">Densitas</a>	0.7918 g/cm <sup>3</sup> , liquid
<a href="#">Titik lebur</a>	-97 °C, -142.9 °F (176 K)
<a href="#">Titik didih</a>	64.7 °C, 148.4 °F (337.8 K)

(Sumber : <http://en.wikipedia.org/wiki/Methanol>)

## 3. Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida ([NaOH](#)), juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau sodium hidroksida, adalah sejenis [basa](#) logam kaustik. Natrium Hidroksida terbentuk dari [oksida basa](#) Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan [alkalin](#) yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Natrium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.

Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50% yang biasa disebut larutan Sorensen. Ia bersifat lembap cair dan secara spontan menyerap [karbon dioksida](#) dari udara bebas. Ia sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan, karena pada proses pelarutannya dalam air bereaksi secara eksotermis. Ia juga larut dalam [etanol](#) dan [metanol](#), walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan



ini lebih kecil daripada kelarutan [KOH](#). Ia tidak larut dalam [dietil eter](#) dan pelarut non-polar lainnya. Pada proses pembuatan surfaktan MES dari minyak kelapa sawit, natrium hidroksida berfungsi sebagai penetral MES hasil sulfonasi. Beberapa sifat natrium hidroksida antara lain:

<a href="#">Rumus kimia</a>	NaOH
<a href="#">Massa molar</a>	39,9971 g/mol
Penampilan	zat padat putih
<a href="#">Densitas</a>	2,1 g/cm <sup>3</sup> , padat
<a href="#">Titik lebur</a>	318 °C (591 K)
<a href="#">Titik didih</a>	1390 °C (1663 K)
<a href="#">Kelarutan dalam air</a>	111 g/100 ml (20 °C)

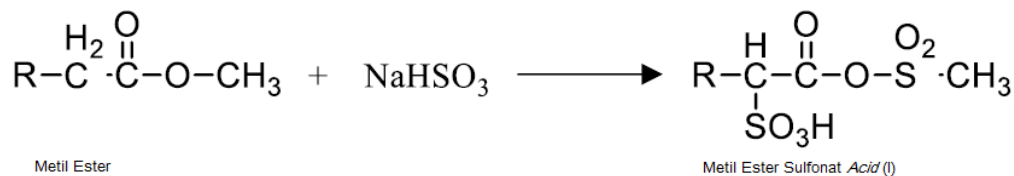
(Sumber : [http://en.wikipedia.org/wiki/sodium\\_hydroxide](http://en.wikipedia.org/wiki/sodium_hydroxide))

## 2.4. Deskripsi Proses

Proses konversi metil ester menjadi surfaktan MES melalui beberapa tahapan yaitu, sulfonasi, pemurnian, penetralan dan pengeringan.

### 1. Sulfonasi

Sulfonasi merupakan suatu reaksi substitusi elektrofilik dengan menggunakan agen pensulfonasi yang bertujuan untuk mensubstitusi atom H dengan gugus  $-\text{SO}_3\text{H}$ . Sulfonasi adalah suatu [reaksi organik](#) di mana suatu atom [hidrogen](#) pada [hidrokarbon aromatik](#) digantikan oleh suatu [gugus fungsi asam sulfonat](#) ( $\text{SO}_3\text{H}$ ) dalam suatu [substitusi elektrofilik aromatik](#). Pada proses pembuatan surfaktan MES, metil ester direaksikan dengan reaktan/agen pensulfonasi yang berasal dari kelompok sulfat. Proses sulfonasi dapat dilakukan dengan mereaksikan asam sulfat, sulfit,  $\text{NaHSO}_3$ , atau gas  $\text{SO}_3$  dengan ester asam lemak (Bernardini, 1983; Watkins 2001).

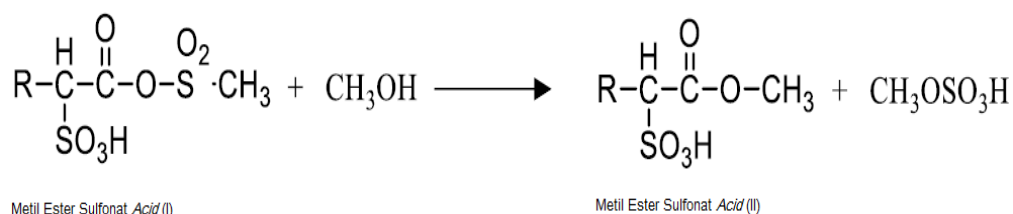


**Gambar 2. 6** Mekanisme reaksi sulfonasi antara metil ester dengan Nabisulfit

(Sumber : Chalim, Wibowo, Suryandari, Syarifuddin, & Tohir, 2017)

## 2. Pemurnian

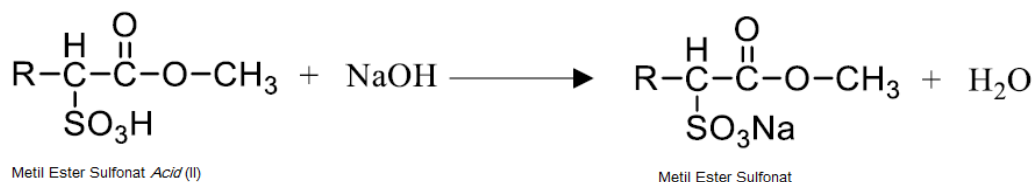
Setelah proses sulfonasi, metanol (30% berat basis MESA) ditambahkan ke produk hasil sulfonasi yang diatur pada 75°C. (Sheats dan Foster, 1997). Penambahan metanol pada tahap ini dapat meningkatkan perolehan MES dari umpan ME sebesar 15-20% (Hovda, 1997). Proses pemurnian dilakukan menggunakan metanol. Metanol berfungsi untuk mengurangi pembentukan disalt, mengurangi viskositas, dan mampu meningkatkan transfer panas dalam proses pemutihan. Metanol juga berfungsi mengurangi pembentukan garam disodium karboksi sulfonat. Kehadiran garam mampu menurunkan kelarutan MES dalam air dingin, lebih sensitif terhadap air sadah.



**Gambar 2. 7** Mekanisme reaksi metil ester sulfonat dengan metanol  
(Sumber : Chalim, Wibowo, Suryandari, Syarifuddin, & Tohir, 2017)

## 3. Penetralan

MES hasil proses sulfonasi dan pengelentangan masih bersifat asam. Untuk itu diperlukan proses penetralan. Proses penetralan dilakukan dengan menggunakan NaOH Pada proses netralisasi tersebut dapat diperoleh produk sodium  $\alpha$ -sulfonilmetillester, MES yang mengandung Na<sup>+</sup> yang terikat pada grup sulfonat. Proses ini dilakukan pada kisaran pH 4-9 (lebih utama pH 5,5). pH proses penetralan tidak boleh >pH 9, hal ini dapat menyebabkan proses terbentuknya disalt, merupakan produk yang tidak diharapkan.



**Gambar 2. 8** Mekanisme reaksi metil ester sulfonat dengan NaOH  
(Sumber : Chalim, Wibowo, Suryandari, Syarifuddin, & Tohir, 2017)

#### 4. Pengerinan

Pasta MES hasil netralisasi diproses pada sistem pemekat dan/atau penghilangan metanol seperti stripper atau pengering, di mana air dan metanol berlebih dibuang. Sedangkan untuk berat molekul yang lebih tinggi seperti metil ester palm stearin, dilakukan pengeringan yang dapat menghilangkan air dan metanol, menghasilkan produk berupa padatan ultra pekat.

#### 2.5. *EOR (Enhanced Oil Recovery)*

*Enhanced Oil Recovery* (EOR) atau pengurasan minyak tahap lanjut (tahap tersier) adalah perolehan minyak yang berasal dari salah satu atau beberapa metode pengurasan minyak yang menggunakan energi luar reservoir bertujuan peningkatan perolehan minyak setelah tahap sekunder. Peningkatan perolehan minyaknya (produksi minyak) bersumber dari penginjeksian fluida tertentu ke dalam reservoir (Ansyori, 2018).

EOR memiliki 3 macam metode yaitu *thermal*, *gas miscible*, dan *chemical flooding*. Metode *thermal* dan *gas miscible* dapat mengubah karakteristik fluida sedangkan metode *chemical flooding* dapat mengubah karakteristik dari pada fluida dan batuan. Salah satu metode *chemical flooding* adalah injeksi surfaktan. Injeksi surfaktan dapat melepaskan minyak yang menempel pada batuan. Tujuan dari injeksi EOR adalah untuk merubah sifat-sifat fisik fluida dan batuan reservoir sehingga dapat meningkatkan produksi minyak. Ada beberapa injeksi dalam metode *Enhanced Oil Recovery* tersebut yaitu dengan menginjeksikan gas, injeksi air (*waterflooding*) dan injeksi *thermal*. Beberapa faktor penting dalam menentukan keberhasilan metode EOR, diantaranya sifat fisik batuan reservoir, sifat fisik fluida reservoir, dan jenis *chemical* yang digunakan.

Pada proses peningkatan perolehan minyak dengan fluida injeksi bahan kimia, fluida yang diinjeksikan terlebih dahulu pada umumnya adalah preflush alkali. Preflush ini bertujuan untuk menghilangkan sebagian ion divalen (kalsium dan magnesium) yang terdapat pada air formasi dan permukaan batuan. Setelah diinjeksikan preflush alkali, kemudian diikuti dengan injeksi surfaktan yang

bertujuan untuk mengurangi tegangan antar muka minyak-air. Selanjutnya adalah injeksi polimer yang bertujuan untuk mengontrol mobilitas air injeksi dengan cara meningkatkan viskositasnya. Terakhir adalah injeksi air yang bertujuan untuk mendorong sisa minyak yang masih tersisa di dalam reservoir.

Penginjeksian surfaktan ke dalam reservoir dapat memperbaiki kerusakan formasi dengan menurunkan tegangan antar muka antara minyak dan air formasi dan antara minyak dengan batuan. Dengan menurunnya tegangan antar muka, menyebabkan menurunnya tekanan kapiler pada daerah penyempitan pori-pori sehingga *residual oil* yang tertinggal dapat didesak dan diproduksi. Pada stimulasi asam (*acidizing*), asam dapat bereaksi dengan mineral-mineral batuan membentuk pori-pori yang lebih besar. Dengan terbentuknya pori-pori yang semakin besar, diharapkan fluida minyak yang terjebak di dalam pori-pori dapat lebih mudah untuk didesak. Hanya saja penggunaan stimulasi asam menimbulkan masalah lain, yaitu adanya emulsi yang terbentuk ketika asam bertemu dengan fluida reservoir (minyak) dan adanya reaksi antara asam dengan mineral-mineral batuan menghasilkan partikel-partikel yang dapat menyumbat pori-pori.

## 2.6. Reaktor

Reaktor kimia merupakan suatu alat atau bejana yang didesain sebagai tempat terjadinya reaksi kimia untuk mengubah bahan baku menjadi produk (Wijaya dan Ismail, 2017). Proses di dalam reaktor kimia dibagi menjadi 2 yaitu :

### 1. Proses batch

Proses batch merupakan proses dimana semua reaktan dimasukkan secara langsung pada awal proses dan produk dikeluarkan pada akhir proses. Dalam proses ini, reagen ditambahkan pada awal proses dan tidak ada penambahan atau pengeluaran ketika proses berlangsung.

### 2. Proses kontinyu

Proses kontinyu merupakan proses dimana reaktan yang diumpankan ke dalam reaktor secara terus-menerus sehingga produk atau produk samping dapat dikeluarkan ketika proses masih berlangsung.

## 2.7. Karakteristik Analisa Produk

Karakteristik surfaktan yang ditentukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1. Densitas

Densitas merupakan perbandingan berat dari suatu volume sampel pada suhu tertentu dengan berat air pada volume dan suhu yang sama. Efek waktu reaksi pada densitas cairan tidak dapat diabaikan karena cairan akan meregang mengikuti perubahan waktu reaksi.

Densitas dihitung dengan rumus berikut :

$$Densitas = \frac{b - a}{c}$$

Keterangan :

- a = bobot piknometer kosong
- b = bobot piknometer berserta air
- c = volume piknometer

### 2. Bilangan Asam

Bilangan asam merupakan jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menetralisasi asam lemak bebas dalam satu gram bahan. Produk MES bersifat asam karena selama proses sulfonasi, SO<sub>3</sub> yang bersifat asam terikat pada rantai karbon ME. Bilangan Asam dihitung dengan rumus :

$$\text{Bilangan asam} = \frac{\text{ml NaOH} \times N \text{ NaOH} \times 56,1}{\text{Berat sampel}}$$

### 3. Tegangan Permukaan

Tegangan permukaan merupakan fenomena akibat adanya ketidakseimbangan antara gaya-gaya yang dialami oleh molekul-molekul yang berada di permukaan antara molekul molekul cairan dengan udara akibat gaya tarik menarik antara molekul-molekul cairan lebih besar dibanding pada gas. Uji kinerja yang dapat dilakukan untuk mengetahui sifat aktif permukaan suatu senyawa aktif adalah melalui uji kemampuan senyawa aktif untuk menurunkan tegangan permukaan.

Tegangan permukaan dihitung dengan rumus :

$$\gamma = \frac{1}{2} \times r \times h \times \rho \times g$$

Keterangan :

- $\gamma$  = tegangan permukaan (dyne/cm)
- $h$  = kenaikan cairan dalam pipa kapiler (cm)
- $g$  = percepatan gravitasi (980 cm/s<sup>2</sup>)
- $\rho$  = berat jenis (gr/cm<sup>3</sup>)
- $r$  = jari-jari pipa kapiler (cm)

#### 4. pH

Derajat keasaman (pH) merupakan ukuran tingkat keasaman suatu larutan. Nilai pH dapat menentukan suatu larutan bersifat asam atau basa. Pada MES, pH dapat menggambarkan keberadaan terikatnya gugus sulfonat yang bersifat asam kuat pada struktur ME selama berlangsungnya proses sulfonasi.

#### 5. Konsumsi Energi Spesifik

Merupakan suatu istilah yang digunakan untuk menyatakan besarnya pemakaian energi yang diperlukan untuk memproduksi produk. Untuk mengukur besarnya Konsumsi Energi Spesifik dapat dilakukan dengan rumus :

$$\text{Konsumsi Energi Spesifik} = \frac{\text{Konsumsi Energi}}{\text{Jumlah Produksi}}$$

#### 6. % Yield

Merupakan perbandingan antara jumlah produk yang dihasilkan dengan jumlah bahan baku yang digunakan.

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{Massa Produk (gr)}}{\text{Massa umpan (gr)}}$$