

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Bahan Baku Pembuatan MES

##### 2.1.1 Minyak Sawit

Minyak sawit kasar merupakan hasil ekstraksi dari tubuh buah (mesokarp) tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis JACQ*) kaya dengan minyak. Dalam tandan buah sawit yang dipanen, terdiri dari kulit dan tandan (29%), biji atau inti sawit (11%), dan daging buah (60%). Hal ini merupakan karakteristik unik dan unggul dari buah kelapa sawit jika dibandingkan dengan jenis tanaman penghasil minyak lainnya, karena kelapa sawit bisa menghasilkan dua (2) jenis minyak dari buah yang sama. Proses pengepresan (i) daging buah sawit akan menghasilkan minyak sawit kasar (*crude palm oil*, CPO) dan (ii) inti sawit akan menghasilkan minyak inti sawit kasar (*crude palm kernel oil*, CPKO); sebagaimana terlihat pada Gambar 2.1



**Gambar 2. 1** Buah kelapa sawit akan menghasilkan dua jenis minyak yang berbeda; yaitu CPO dan CPKO.

Kedua jenis minyak ini; CPO dan CPKO bisa diproses dan diolah menjadi aneka jenis produk turunannya. Lebih lanjut, CPO dan CPKO mempunyai karakteristik kimia, fisik dan gizi unik yang berbeda. CPO kaya dengan asam palmitat (C16) sedangkan CPKO kaya dengan asam laurat (C12) dan asam miristat (C14). Pada

prakteknya, dibandingkan CPKO, CPO lebih banyak diproses lanjut menjadi minyak goreng, yang sering disebut sebagai minyak sawit.

Minyak sawit salah satu jenis minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi surfaktan metil ester sulfonat (MES). Pemanfaatan minyak sawit sebagai bahan baku produksi surfaktan metil ester sulfonat dapat meningkatkan nilai tambah minyak sawit. Komposisi asam lemak minyak sawit (Tabel 2.1.) terdiri dari sekitar 40% asam oleat (asam lemak tidak jenuh tunggal), 10% asam linoleat (asam lemak tidak jenuh ganda), 44% asam palmitat (asam lemak jenuh) dan 4,5% asam stearat (asam lemak jenuh). Jadi secara umum, minyak sawit mempunyai komposisi asam lemak jenuh dan tidak jenuh dengan proporsi yang seimbang.

**Tabel 2.1** Komposisi asam lemak pada minyak sawit

Asam Lemak *)	% Terhadap asam lemak total	
	Kisaran	Rata-rata
Asam Laurat (C <sub>12</sub> :0)	0,1-1,0	0,2
Asam Miristat (C <sub>14</sub> :0)	0,9-1,5	1,1
Asam Palmitat (C <sub>16</sub> :0)	41,8-45,8	44,0
Asam Palmitoleat (C <sub>16</sub> :1)	0,1-0,3	0,1
Asam Strearate (C <sub>18</sub> :0)	4,2-5,1	4,5
Asam Oleat (C <sub>18</sub> :1)	37,3-40,8	39,2
Asam Linoleiat (C <sub>18</sub> :2)	9,1-11,0	10,1
Asam Linolenat (C <sub>18</sub> :3)	0,0-0,6	0,4
Asam Arakidonat (C <sub>20</sub> :0)	0,2-0,7	0,4

(Hariyadi, 2014) )

Crude Palm Oil (CPO) merupakan bahan yang potensial sebagai bahan dasar pembuatan surfaktan MES. Keunggulan CPO sebagai bahan baku surfaktan MES yaitu ramah lingkungan dan bersifat terbarukan. (Nirwana, dkk., 2015)

### 2.1.2 Metil Ester

Metil ester termasuk 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. (Sulastri, 2013).

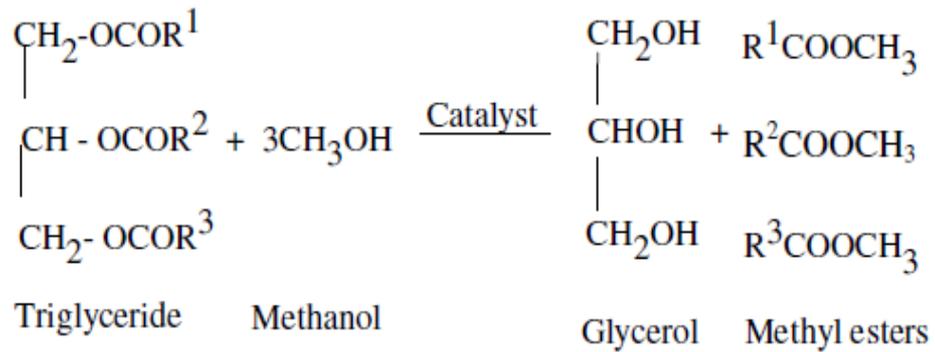
Proses *esterifikasi* dengan katalis asam diperlukan jika minyak nabati mengandung FFA di atas 5%. Jika minyak berkadar FFA tinggi (>5%)

langsung *ditransesterifikasi* dengan katalis basa maka FFA akan bereaksi dengan katalis membentuk sabun. Terbentuknya sabun dalam jumlah yang cukup besar dapat menghambat pemisahan gliserol dari metil ester dan berakibat terbentuknya emulsi selama proses pencucian. 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. Katalis yang digunakan untuk reaksi *esterifikasi* adalah asam, biasanya asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) atau asam fosfat ( $H_3PO_4$ ).

Proses *transesterifikasi* adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol atau etanol (pada saat ini sebagian besar produksi *biodiesel* menggunakan metanol) menghasilkan metil ester asam lemak (*Fatty acids Methyl Esters/FAME*) atau *biodiesel* dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping berjalan pada temperatur 60-80°C. Standar mutu *biodiesel* menurut SNI dapat dilihat pada Tabel 2.2. Katalis yang digunakan natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Untuk mendorong reaksi agar bergerak ke kanan sehingga meningkatkan konversi metil ester (*biodiesel*) maka perlu ditambahkan alkohol dalam jumlah berlebih atau salah satu produk yang dihasilkan harus dipisahkan (Yuniwati dan Karim, 2009).

Berdasarkan kandungan FFA dalam minyak nabati maka proses maka proses pembuatan *biodiesel* secara komersial dibagi menjadi dua macam :

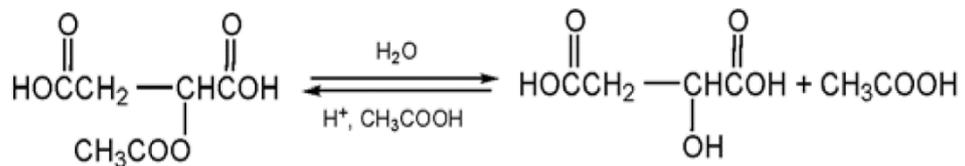
1. Transesterifikasi dengan katalis basa (sebagian besar menggunakan kalium hidroksida) untuk bahan baku *refined oil* atau minyak nabati dengan kandungan FFA rendah.



(Reddy, dkk 2006)

**Gambar 2.2** Reaksi Transesterifikasi

2. Esterifikasi dengan katalis asam (umumnya menggunakan asam sulfat) untuk minyak nabati dengan kandungan FFA tinggi dilanjutkan dengan transesterifikasi dengan katalis basa.



(Reddy, dkk 2006)

**Gambar 2.3** Reaksi Esterifikasi

**Tabel 2.2** SNI 7182:2015: Biodiesel Quality Requirements in Indonesia

Parameter Kualitas dan Unit	Batas	Metode Uji	Metode Alternatif
Densitas pada 40°C, kg/m <sup>3</sup>	850-890	ASTM D 1298 atau ASTM D 4052	ISO 3675
Viskositas 40°C, mm <sup>2</sup> /s	2,3-6,0	ASTM D 445	ISO 3104
Angka setana	min. 51	ASTM D 613 atau ASTM D 6890	ISO 5165
Titik nyala °C	min. 100	ASTM D 93	ISO 2710
Titik kabut, °C	max. 18	ASTM D 2500	
Kadar korosi Cu (3 jam, 50 °C)	max. no. 1	ASTM D 130	ISO 2160
Residu karbon (%-b)			
- Sample murni	max. 0,05	ASTM D 4530 atau D 189	ISO 10370

- Residu destilasi pada 10%	max. 0,3		
Air dan endapan, %-vol	max. 0,05	ASTM D 2709	
Temp. destilasi pada 90%, °C	max. 360	ASTM D 1160	
Abu sulfat, %-w	max. 0,02	ASTM D 874	ISO 3987
Belerang, ppm-w (mg/kg)	max. 100	ASTM D 5453	prEN ISO 20884
Posfor, ppm-w (mg/kg)	max. 10	AOCS Ca 12-55	FBI-A05-03
Angka asam, mg-KOH/g	max. 0,5	AOCS Cd 3d-63	FBI-A01-03
Gliserol bebas, %-w	max. 0,02	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Total gliserol, %-w	max. 0,24	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Kadar ester metil, %-w	min. 96,5	Calculated	FBI-A03-03
Angka iodine, %-b (g-12/100g)	max. 115	AOCS Cb 1-25	FBI-A04-03
Kadar monogliserida, %-w	max. 0,8	ASTM D 6584	FBI-A05-03
Kestabilan oksidasi			
- Periode induksi metode rancimant, menit	360	EN 15751	
- Periode induksi metode petro oksidasi, menit	27	ASTM D 7545	

(SNI 7182:2015)

### 2.1.3 NaHSO<sub>3</sub> (Natrium Bisulfit)

Sodium bisulfite (atau sodium bisulphite, sodium hydrogen sulfite) adalah campuran kimia dengan rumus kimia NaHSO<sub>3</sub>. Natrium bisulfit sebenarnya bukanlah senyawa nyata, melainkan campuran garam yang larut dalam air menghasilkan larutan yang terdiri dari ion natrium dan bisulfit. Bentuknya adalah padatan putih dengan bau sulfur dioksida. Natrium bisulfit menghasilkan lebih sedikit sulfite ketika kita melarutkannya dalam air. Lebih lanjut, natrium bisulfit bermanfaat sebagai zat pereduksi ringan, zat penghilang warna dalam sintesis organik. Diantara beberapa penggunaan senyawa ini, yang paling terkenal menggunakan sebagai aditif makanan. Tujuan utama menambahkan natrium bisulfit sebagai zat tambahan makanan adalah karena kemampuannya berfungsi sebagai penghambat bakteri.

Pada proses pembuatan surfaktan MES dari minyak kelapa sawit, natrium bisulfit berfungsi sebagai agent pensulfonasi pada proses sulfonasi yang mengkonversi metil ester menjadi methyl ester sulfonic acid. Sifat fisik dan kimia natrium bisulfit antara lain dapat dilihat pad Tabel 2.3

**Tabel 2. 3** Sifat Fisik dan Kimia NaHSO<sub>3</sub>

Nama IUPAC	Sifat Fisik dan Kimia
Natrium Bisulfit	Rumus Molekul : NaHSO <sub>3</sub>
	Massa Mollar : 104,061 g/mol
	<u>Kepadatan</u> : 1,48 g/cm <sup>3</sup>
	<u>Titik Lebur</u> : 150°C
	<u>Larut Dalam</u> : Air

(Clough, 2014)

#### 2.1.4 CH<sub>3</sub>OH (Metanol)

Metanol merupakan pereaksi untuk proses esterifikasi-transesterifikasi yang berfungsi sebagai pemberi gugus CH<sub>3</sub>. Selain itu metanol juga berperan dalam proses pemurnian MES. Beberapa sifat fisik dan kimia metanol antara lain dapat dilihat pada Tabel 2.4

**Tabel 2.4** Sifat fisik dan kimia metanol

Nama IUPAC	Sifat Fisik dan Kimia
Metanol	Rumus Kimia : CH <sub>3</sub> OH
	Massa Molar : 32,04 gr/mol
	Penampilan : Berupa cairan tanpa warna
	Densitas : 0,7918 gr/ml
	Titik Lebur : -97°C
	Titik Didih : 64,7°C
	Viskositas (20 <sup>0</sup> C) : 0,59 mPa.s
	Kelarutan Dalam Air : Sangat larut
Keasaman (Pka) : ~ 15,5	

(Yanti, dkk 2019)

### 2.1.5 NaOH (Natrium Hidroksida)

Natrium hidroksida (NaOH) dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium Oksida yang dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Natrium hidroksida digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. 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%. Natrium hidroksida bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Natrium hidroksida sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. Natrium hidroksida juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH.

Pada proses pembuatan surfaktan MES dari minyak kelapa sawit, natrium hidroksida berfungsi sebagai penetral MES hasil sulfonasi. Beberapa sifat fisik dan kimia natrium hidroksida antara lain dapat dilihat pada Tabel 2.5

**Tabel 2.5** Sifat fisik dan kimia Natrium hidroksida

Nama IUPAC	Sifat fisik dan kimia
Natrium Hidroksida	Rumus kimia : NaOH
	Massa Molar : 39,9971 gr/ml
	Penampilan : berupa padatan berwarna putih
	Densitas : 2,1 gr/ml
	Titik lebur : 318°C (591 K)
	Titik didih : 1390°C (1663 K)
	Kelarutan dalam air (20°C) : 111 gr/ 100 ml
Kebasaan ( $pK_b$ ) : -2,43	

---

Titik nyala : tidak mudah terbakar

---

(Perry,1984)

## 2.2 Katalis

Katalis merupakan suatu senyawa yang dapat meningkatkan laju reaksi tetapi tidak dikonsumsi oleh reaksi dan zat yang mampu meningkatkan laju suatu reaksi kimia agar reaksi tersebut dapat berjalan lebih cepat Katalis digunakan secara luas baik di alam, laboratorium dan industri (Shriver dan Atkins 1999). Dalam suatu reaksi sebenarnya katalis ikut terlibat, tetapi pada akhir reaksi terbentuk kembali seperti bentuknya semula. Dengan demikian, katalis tidak memberikan tambahan energi pada sistem dan secara termodinamika tidak dapat mempengaruhi keseimbangan. Katalis mempercepat reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksi. Penurunan energi aktivasi tersebut terjadi sebagai akibat dari interaksi antara katalis dan reaktan. Katalis menyediakan situs- situs aktif yang berperan dalam proses reaksi. Situs-situs aktif ini dapat berasal dari logam-logam yang terdeposit pada permukaan atau dapat pula berasal dari permukaan sendiri. Logam-logam tersebut umumnya adalah logam-logam transisi yang menyediakan orbital d kosong atau elektron tunggal yang akan disumbangkan pada molekul reaktan sehingga terbentuk ikatan baru dengan kekuatan ikatan tertentu.

Katalis yang berada pada fase yang sama (*liquid*) dengan reaktan disebut sebagai katalis homogen. Sedangkan katalis yang berada pada fase yang berbeda dengan reaktannya (dapat berupa padatan, cairan yang tidak dapat bercampur ataupun gas) disebut sebagai katalis heterogen (Helwani, 2009). Walaupun banyak keuntungan dari katalis homogen, kekurangannya adalah pada proses pemisahan dari campuran terkadang juga menghambat penggunaannya dalam industri. Katalis Heterogen menghasilkan kemudahan dalam pemisahan dan penggunaan ulang katalis dari suatu campuran. Keuntungan pemakaian katalis heterogen (berupa padatan) adalah jenis katalisnya banyak, mudah dimodifikasi dan dapat diregenerasi pada suhu pemisahan serta dapat digunakan untuk mereaksikan senyawa yang peka terhadap suasana asam dan tidak merusak warna hasil reaksi. Persyaratan utama suatu katalis heterogen adalah permukaan

yang aktif dan mampu mengadsorpsi reaktan. Kelebihan utama katalis heterogen adalah kemudahannya dipisahkan dari hasil reaksi.

### 2.2.1 CaO (Kalsium Oksida)

Kalsium oksida juga disebut kapur tohor yang memiliki rumus kimia CaO. Kalsium oksida merupakan kapur non-hidrolik yang diperoleh dari hasil pembakaran batu alam. Kalsium oksida (CaO) terbentuk dengan adanya reaksi kalsinasi. Reaksi kalsinasi tersebut menggunakan pemanasan dengan suhu kira-kira 900 °C, akibat proses tersebut karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang terkandung dalam kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) keluar, dan yang tertinggal hanya kapurnya saja yaitu kalsium oksida (CaO). Menurut penelitian, CaO merupakan katalis yang paling aktif dibandingkan Ca(OH)<sub>2</sub> dan CaCO<sub>3</sub> (Arzamedi dkk., 2008). CaO memiliki tingkat alkalinitas yang tinggi, kelarutan yang rendah, harga yang relatif lebih murah dibandingkan KOH ataupun NaOH, serta mudah proses pemisahannya dari produk (Reddy, dkk. 2006). Beberapa material alam yang dianggap sebagai limbah ternyata mengandung unsur Ca yang cukup tinggi sebagai contohnya cangkang moluska dan tulang. Limbah inilah yang kemudian dimanfaatkan menjadi katalis untuk meningkatkan nilai kemanfaatannya dan untuk mengurangi jumlah limbah di alam (Budiman, 2014). Di sisi lain, katalis basa heterogen seperti CaO, meskipun memiliki kemampuan katalisator yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan katalis basa homogen, dapat menjadi alternatif yang baik dalam proses pembuatan biodiesel. Katalis basa heterogen dapat dengan mudah dipisahkan dari campuran reaksi sehingga dapat digunakan kembali.

Pada proses pembuatan surfaktan MES dari minyak kelapa sawit, kalsium oksida berfungsi sebagai katalis pada proses sulfonasi yang mengkonversi metil ester menjadi methyl ester sulfonic acid. Sifat fisik dan kimia kalsium oksida antara lain dapat dilihat pada Tabel 2.6

**Tabel 2.6** Sifat fisik dan kimia kalsium oksida

Nama IUPAC	Sifat fisik dan kimia
Kalsium Oksida	Rumus kimia : CaO
	Berat molekul : 56,0774 gr/mol
	Penampilan : Serbuk putih sampai kuning pucat/coklat
	Bau : Tidak berbau
	Densitas : 3,34 gr/cm <sup>3</sup>
	Titik lebur : 2613 °C, 2886 K, 4735 °F
	Titik didih : 2850 °C, 3123 K (100 hPa)
	Kelarutan dalam air : 1,19 g/L (25 °C); 0,57 g/L (100 °C); reaksi eksoterm
	Kelarutan dalam asam : Larut (juga dalam gliserol, larutan gula)
	Kelarutan dalam methanol : Tidak larut (juga dalam dietil eter, n-oktanol)
	Keasaman (pKa) : 12,8
	Entropi molar standar $S_{0298}$ : 40 J·mol <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>
	Entalpi pembentukan standar $\Delta_f H_{0298}$ : -635 kJ·mol <sup>-1</sup>
Titik nyala : Tidak terbakar	

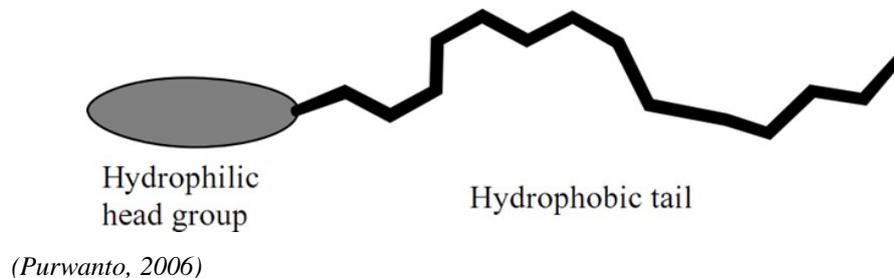
(Aziz, 2010)

### 2.3 Surfaktan

Surfaktan merupakan molekul-molekul amfipatik yang terdiri dari bagian hidrofobik yang nonpolar, biasanya rantai hidrokarbon atau fluorokarbon lurus ataupun bercabang beratom karbon 8 hingga 18, yang berikatan dengan bagian hidrofilik yang polar atau ionik. Bagian hidrofilik tersebut dapat bersifat nonionik, ionik atau zwitterionik (Tadros, 2005).

Beberapa sifat surfaktan secara umum sebagai berikut :

1. Aktif pada antarmuka (*interface*) antara udara-air atau air-minyak.
2. Mengurangi ketegangan dua permukaan yang tidak saling bercampur.
3. Memungkinkan terjadinya reaksi.
4. Memungkinkan terjadinya pencampuran.



**Gambar 2.4** Struktur surfaktan

Struktur surfaktan terdiri dari 2 bagian:

1. Bagian hidrofilik (kepala gugus): bagian polar yang berikatan dengan air.
2. Bagian hidrofobik (ekor): bagian nonpolar yang tidak berikatan dengan air.

Di dalam air, gugus hidrofil akan menarik molekul air dalam larutan (adsorpsi), sedangkan gugus hidrofob biasanya lebih menolak molekul air tersebut (agregasi). Jika terdapat kesetaraan dengan dua gugus tersebut, maka zat terlarut dan pelarutnya akan tertarik pada bidang antar muka, di mana gugus hidrofob akan tertuju pada medium yang relatif bersifat non polar. Sedangkan pada gugus hidrofil akan tertuju pada medium yang bersifat polar. Petroleum sulfonat merupakan bahan utama surfaktan yang mempunyai rumus kimia  $R-SO_3H$ , "R" adalah susunan atom-atom karbon aromatik. Gugus hidrofil pada umumnya berupa senyawa hidrokarbon atom C8 sampai dengan C22, sedangkan hidrofob biasanya berupa karboksilat, sulfonat, fosfat dan sisa asam lainnya (Supriningsih,

2010). Pemilihan surfaktan yang akan digunakan dalam EOR mencakup empat kriteria utama yaitu:

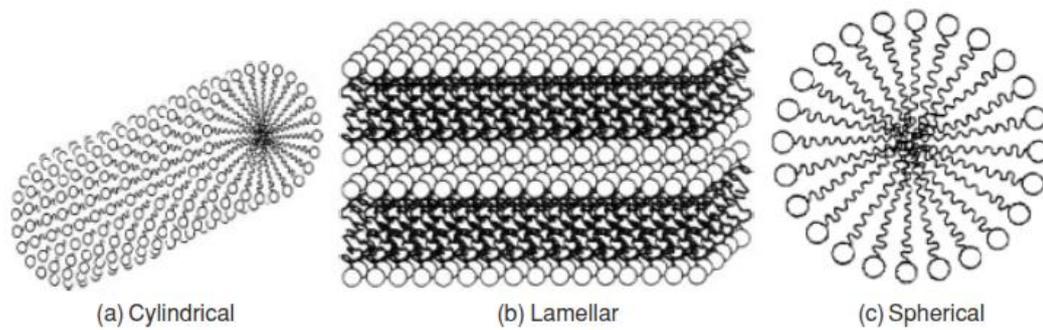
1. Tegangan antar muka minyak air yang rendah
2. Adsorpsi rendah
3. Kesesuaian dengan fluida reservoir
4. Biaya rendah (Supriningsih, 2010).

Surfaktan yang digunakan dalam proyek EOR biasanya surfaktan anionik. Jika surfaktan anionik dilarutkan ke dalam larutan encer, maka surfaktan akan berdisosiasi (terpisah) menjadi kation dan monomer. Kenaikan jumlah surfaktan menyebabkan gugus hidrofob (gugus yang suka minyak) akan saling berkumpul membentuk kumpulan yang disebut misel (agregasi), di mana tiap-tiap misel terdiri dari beberapa monomer. Misel-misel yang terbentuk di dalam campuran senyawa tersebut tersusun secara sterik, silinder atau lamelar. Struktur misel tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.5

Pada konsentrasi surfaktan masih rendah, misel belum terbentuk. Apabila konsentrasi kritik misel sudah tercapai, misel akan terbentuk, dengan kata lain *Critical Micellar Concentration* (CMC) adalah titik konsentrasi di mana molekul surfaktan mulai membentuk misel. Karena harga CMC ini sangat kecil yaitu  $10^{-5}$  sampai  $10^{-4}$  kg mol/m<sup>-3</sup> maka praktis larutan surfaktan selalu terdapat dalam bentuk misel. Struktur misel ini tidak stabil dan berubah dalam berbagai bentuk. Bila larutan surfaktan bertemu dengan fasa berminyak (oleic phase), surfaktan lebih terkumpul 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 (Supriningsih, 2010).

Berdasarkan sifat kelistrikkannya, surfaktan dapat digolongkan menjadi:

1. Surfaktan anionik yang bermuatan negatif
2. Surfaktan kationik yang bermuatan positif
3. Surfaktan non ionik tidak terionisasi dalam larutan
4. Surfaktan amfoter yang bermuatan positif dan negative tergantung dari harga pH larutan



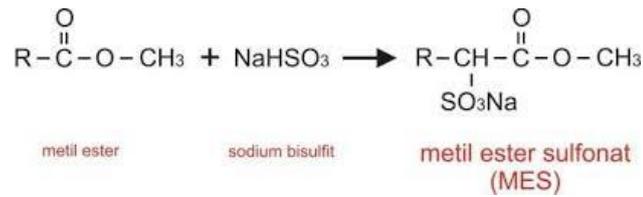
**Gambar 2.5** Bentuk misel

( Karsa, 2006)

#### 2.4 Surfaktan Metil Ester Sulfonat (MES)

Surfaktan Metil Ester Sulfonat (MES) adalah surfaktan anionik dengan struktur umum  $RCH(CO_2ME)SO_3Na$  (Gambar 2.7). Surfaktan ini dapat dihasilkan dari bahan baku yang beraneka ragam baik minyak nabati maupun minyak hewani seperti minyak kelapa, minyak sawit, minyak inti sawit, minyak kedelai, dan lemak sapi (*tallow*). Surfaktan ini diperoleh melalui dua tahap utama yaitu esterifikasi-transesterifikasi bahan baku menghasilkan metil ester yang dilanjutkan dengan proses sulfonasi metil ester untuk menghasilkan MES (Watkins, 2001).

Menurut Matheson (1996), MES memperlihatkan karakteristik yang baik, sifat detergensi yang baik terutama pada air dengan tingkat kesadahan yang tinggi (*hard water*) dan tidak adanya fosfat, serta bersifat mudah didegradasi (*good digredability*). Dibandingkan umum yang digunakan seperti petroleum sulfonat, surfaktan MES menunjukkan beberapa kelebihan diantaranya yaitu pada konsentrasi 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.



(Imelda, 2012)

**Gambar 2.6** Struktur Kimia Metil Ester Sulfonat

Metil ester sulfonat dapat disintesa dari metil ester dengan pensulfonasi pada umumnya  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , natrium bisulfit, natrium metabisulfit dan dapat juga digunakan  $\text{ClHSO}_3$ . Surfaktan MES merupakan proses pengolahan tahap lanjut dari metil ester dengan cara disulfonasi. Sifat fisik kimia dari metil ester sulfonat dapat dilihat pada Tabel 2.7 menurut standar hasil penelitian Bantacut dan Darmanto, 2014.

**Tabel 2.7** Sifat Fisika Kimia dari Metil Ester Sulfonat

Parameter	Satuan	Nilai
Bilangan Asam	mg KOH/g sampel	7,47
Densitas	g/cm <sup>3</sup>	0,92
Stabilitas Emulsi	%	50
Viskositas (0,1% sampel)	cP	1,38
Bilangan Iod	mg iod/ g sampel	35,55
Bahan Aktif (0,1% sampel)	%	12
pH (0,3% dalam air injeksi)	-	7,84

## 2.5 Deskripsi Proses Metil Ester Sulfonat

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

### 1. Proses Sulfonasi

Salah satu proses untuk menghasilkan surfaktan adalah proses sulfonasi untuk menghasilkan MES. MES termasuk golongan surfaktan anionik yaitu surfaktan yang bermuatan negatif pada gugus hidrofiliknya atau bagian aktif permukaan (surface-active). Sulfonasi merupakan proses dengan menggunakan pereaksi kimia yang mengandung gugus sulfat atau sulfit. Dalam proses pembuatan metil ester sulfonat (MES) reaktan atau agen pensulfonasi yang terkandung gugus sulfit seperti  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Chalim, dkk. 2017) dan  $\text{ClHSO}_3$ . Sedangkan jenis katalis yang digunakan berupa  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  dan  $\text{TiO}_2$ . Jenis katalis  $\text{Al}_2\text{O}_3$  biasanya dipakai dalam reaksi hidrokarbon berkatalis dan pada reaksi sulfonasi.  $\text{CaO}$  dapat dipakai pada kondisi asam atau basa dan serta memiliki kemampuan mereduksi, Sedangkan  $\text{TiO}_2$  termasuk logam oksida, kebanyakan bersifat asam atau basa sesuai teori Bronsted-Lawry (Hagen, 2006). Katalis-katalis ini digunakan untuk meningkatkan kecepatan reaksi. Proses sulfonasi berlangsung selama 5 jam dengan temperatur 100-110°C

Proses sulfonasi dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  akan menghasilkan produk berwarna gelap, sehingga dibutuhkan proses pemurnian meliputi pemucatan dan netralisasi (Watkins, 2001). Sebelum dilakukan proses pemucatan dan netralisasi hasil proses sulfonasi dilakukan terlebih dahulu proses pemisahan campuran sulfonasi. Tujuan dilakukan pemisahan adalah memisahkan MES dengan katalis yang digunakan. MES adalah fasa cair yang berada dilapisan atas berupa *methyl ester sulfonic acid* yang berasal dari proses sulfonasi antara metil ester dengan pereaksi kimia yang mengandung gugus sulfit yaitu natrium bisulfit dan katalis berada pada fasa padat yang terdapat pada lapisan bawah.

Proses sulfonasi akan menghasilkan produk berwarna gelap sehingga dilakukan proses pemurnian meliputi pemucatan dan netralisasi. Untuk mengurangi warna gelap tersebut, ditambahkan larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$  atau larutan metanol pada tahap pemucatan dan menambahkan larutan  $\text{NaOH}$  pada tahap penetralan.

## 2. Proses *Bleaching*

Setelah proses sulfonasi, metanol (30% berat basis MESA) (Iman, dkk., 2016) dan hidrogen peroksida (50% berat basis MESA) ditambahkan ke produk hasil sulfonasi yang dipanaskan pada temperatur 75°C (Foster, dkk, 2009). Penambahan metanol pada proses ini dapat menaikkan produk MES sebesar 15-20%. Pada proses ini membutuhkan waktu sekitar 60-90 menit (Foster, dkk., 2009) dengan tekanan proses minimal 100 kPa.

### 3. Proses Penetralan

MES hasil proses sulfonasi dan *bleaching* masih bersifat asam. Maka dari itu diperlukan proses penetralan. Proses netralisasi MES menggunakan NaOH menurut Chasani, dkk., (2014) (20% berat basis MESA) pada suhu 50-55 °C selama 30 menit. Pada proses netralisasi ini diperoleh produk sodium  $\alpha$ -sulfonilmetil ester, MES yang mengandung ion Na<sup>+</sup> yang terikat pada grup sulfonat.

Proses ini dilakukan pada rentang pH 4-9 (sangat dianjurkan pH 5,5) dengan konsentrasi NaOH 50% dari massa basis MESA (Foster, dkk., 2009) pada suhu 40-70 °C (Foster, 1997). Menurut Chalim, dkk., (2017) proses netralisasi dilakukan sampai pH 8-9 dengan konsentrasi NaOH 40% dari massa basis MESA, pH proses netralisasi ini pH tidak boleh lebih dari 9, hal ini dapat menyebabkan proses terbentuknya di-*salt* (disodium karboksi sulfonat), merupakan produk samping yang tidak diharapkan dan dipanaskan pada temperatur 90°C.

### 4. Proses Pengeringan

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

## 2.6 Kelebihan Metil Ester Sulfonat

Kelebihan dibanding surfaktan yang berbasis Petrokimia yaitu:

1. *Renewable* (terbarukan) berupa bahan metil ester berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui, yakni tumbuhan (kelapa, kelapa sawit, kedelai) maupun lemak hewan,
2. MES lembut dan tidak mengiritasi kulit
3. Ketersediaan bahan mentah yang cenderung meningkat dari waktu ke waktu terutama untuk CPO,
4. Mudah terurai sifat deterjen yang baik meskipun berada pada air dengan tingkat kesadahan yang tinggi. Hal ini dikarenakan MES tidak sensitif terhadap ion kalsium,
5. Mempertahankan aktivitas enzim yang lebih baik,
6. Toleransi yang lebih baik terhadap mikro emulsi berupa salinitas, zat adiktif, kesadahan, suhu dan tekanan (Hidayati, dkk., 2016).