

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 *Crude Palm Oil (CPO)***

*Crude Palm Oil* (CPO) atau minyak kelapa sawit adalah minyak nabati edibel yang didapatkan dari mesocarp buah pohon kelapa sawit, umumnya dari spesies *Elaeis guineensis* dan sedikit dari spesies *Elaeis oleifera* dan *Attalea maripa*. (Reeves,1979 dalam wikipedia.org). Minyak sawit secara alami berwarna merah karena kandungan beta-karoten yang tinggi. Minyak sawit berbeda dengan minyak inti kelapa sawit (*palm kernel oil*) yang dihasilkan dari inti buah yang sama. Minyak kelapa sawit juga berbeda dengan minyak kelapa yang dihasilkan dari inti buah kelapa (*Cocos nucifera*). Perbedaan ada pada warna (minyak inti sawit tidak memiliki karotenoid sehingga tidak berwarna merah), dan kadar lemak jenuhnya. Minyak sawit mengandung 41% lemak jenuh, minyak inti sawit 81%, dan minyak kelapa 86%. (Harold McGee, 2004)

Minyak sawit kasar (*Crude Palm Oil*) merupakan minyak kelapa sawit mentah yang diperoleh dari hasil ekstraksi atau dari proses pengempaan daging buah kelapa sawit dan belum mengalami pemurnian. Minyak sawit biasanya digunakan untuk kebutuhan bahan pangan, industri kosmetik, industri kimia, dan industri pakan ternak. Kebutuhan minyak sawit sebesar 90% digunakan untuk bahan pangan seperti minyak goreng, margarin, *shortening*, pengganti lemak kakao dan untuk kebutuhan industri roti, coklat, es krim, biskuit, dan makanan ringan. Kebutuhan 10% dari minyak sawit lainnya digunakan untuk industri oleokimia yang menghasilkan asam lemak, *fatty alcohol*, gliserol, dan metil ester serta surfaktan.

Asam lemak bersama-sama dengan gliserol merupakan penyusun utama minyak nabati dan hewani. Asam lemak yang terkandung di dalam CPO sebagian besar adalah asam lemak jenuh yaitu asam palmitat. Asam lemak jenuh hanya memiliki ikatan tunggal diantara atom-atom karbon penyusunnya, sedangkan asam lemak tak jenuh mempunyai paling sedikit satu ikatan rangkap diantara atom-atom karbon penyusunnya. Asam lemak jenuh bersifat lebih stabil (tidak

mudah bereaksi) dari pada asam lemak tak jenuh. Ikatan ganda pada asam lemak tak jenuh mudah bereaksi dengan oksigen (mudah teroksidasi). Keberadaan ikatan ganda pada asam lemak tak jenuh menjadikannya memiliki dua bentuk: cis yang bersifat tidak stabil dan trans yang bersifat stabil.

Sifat fisika-kimia minyak kelapa sawit meliputi warna, bau, *flavor*, kelarutan, titik cair dan *polymorphism*, titik didih (*boiling point*), titik nyala dan titik api, bilangan iod, dan bilangan penyabunan. Sifat ini dapat berubah tergantung dari kemurnian dan mutu minyak kelapa sawit. Beberapa sifat fisika dan kimia dari minyak kelapa sawit dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 1. Komponen penyusun minyak sawit**

Komponen	Komposisi (%)
Trigliserida	95,62
Asam lemak bebas	4,00
Air	0,20
Phosphatida	0,07
Karoten	0,03
Aldehid	0,07

*Sumber : Gunstone (1997)*

**Tabel 2. Komposisi asam lemak pada minyak sawit kasar**

Jenis asam lemak	Komposisi (%)
Laurat (C12:0)	< 1,2
Miristat (C14:0)	0,5 – 5,9
Palmitat (C16:0)	32 – 59
Palmitoleat (C16:1)	< 0,6
Stearat (C18:0)	1,5 – 8
Oleat (C18:1)	27 – 52
Linoleat (C18:2)	5,0 – 14
Linolenat (C18:3)	< 1,5

*Sumber : Godin dan Spensley (1971) dalam Salunkhe et al. (1992)*

**Tabel 3. Sifat fisikokimia minyak sawit kasar**

<b>Kriteria uji</b>	<b>Syarat mutu</b>
Warna <sup>a)</sup>	Jingga kemerahan
Kadar air <sup>a)</sup>	0,5 %
Asam lemak bebas <sup>a)</sup>	0,5 %
Bilangan iod <sup>a)</sup>	50 – 55 g I/100 g minyak
Bilangan asam <sup>b)</sup>	6,9 mg KOH/g minyak
Bilangan penyabunan <sup>b)</sup>	224-249 mg KOH/g minyak
Bilangan iod (wijs) <sup>b)</sup>	44-54
Titik leleh <sup>b)</sup>	21-24°C
Indeks refraksi (40°C) <sup>b)</sup>	36,0-37,5

<sup>a)</sup> SNI (2006) <sup>b)</sup> Hui (1996)

Warna minyak ditentukan oleh adanya pigmen yang masih tersisa setelah proses pemucatan. Bau dan *flavor* dalam minyak terdapat secara alami, juga terjadi akibat adanya asam-asam lemak berantai pendek akibat kerusakan minyak.

**Tabel 4. Sifat Fisika dan Kimia Minyak Kelapa Sawit Sebelum dan Sesudah Dimurnikan**

<b>Sifat</b>	<b>Minyak sawit kasar</b>	<b>Minyak sawit murni</b>
titik cair : awal	21 – 24	29,4
Akhir	26 – 29	40,0
Indeks bias 40°C	36,0 – 37,5	46 – 49
Bilangan penyabunan	224 – 249	196 – 206
Bilangan iod	14,5 – 19,0	46 – 52

*Sumber : Naibaho, 1996*

Ketengikan terjadi karena asam lemak pada suhu ruang dirombak akibat hidrolisis atau oksidasi menjadi hidrokarbon, alkanal, atau keton. Untuk mencegah terjadinya proses ketengikan pada minyak, CPO yang dihasilkan disimpan didalam *storage tank*, dimana suhu di *storage tank* dijaga pada suhu 50-55 °C dan kadar air CPO harus rendah, karena adanya sejumlah air didalam minyak dapat menyebabkan terjadinya reaksi hidrolisis yang dapat mengakibatkan ketengik.



**Gambar 1. Crude Palm Oil**

Sumber : PT. Hindoli Cargil Company

## 2.2 Metil Ester

Metil ester merupakan monoalkil ester dari asam – asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani untuk digunakan sebagai alternatif yang tepat untuk bahan bakar mesin diesel. Metil ester merupakan ester asam lemak yang dibuat melalui proses esterifikasi dari asam lemak dengan methanol. Pembuatan metal ester ada empat macam cara, yaitu pencampuran dan penggunaan langsung, mikroemulsi, pirolisis (thermal cracking), dan transesterifikasi. Namun, yang sering digunakan untuk pembuatan metal ester adalah transesterifikasi yang merupakan reaksi antara trigliserida (lemak atau minyak) dengan methanol untuk menghasilkan metil ester dan gliserol. (Maharani,2010)

Metil ester dapat diperoleh dari hasil pengolahan bermacam-macam minyak nabati, misalnya di jerman diperoleh dari minyak rapessed, di Eropa diperoleh dari minyak biji bunga matahari dan minyak rapessed, di Prancis dari

itali diperoleh dari minyak biji bunga matahari, di Amerika Serikat dan Brazil diperoleh dari minyak kedelai, di Malaysia diperoleh dari minyak kelapa sawit, dan di Indonesia diperoleh dari minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, minyak kelapa, dan minyak kedelai. Selain minyak-minyak tersebut, minyak safflower, minyak linsedd, dan minyak zaitun juga dapat digunakan dalam pembuatan senyawa metal ester Pada pengolahan minyak nabati di atas juga di hasilkan gliserol sebagai hasil sampingnya. (Wanda,2013)

Metil ester merupakan bahan baku dalam pembuatan biodiesel atau emollen dalam produk kosmetika, sedangkan gliserol dapat digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai aplikasi industri seperti kosmetika, sabun, dan farmasi. Gliserol yang diperoleh sebagai hasil samping pengolahan minyak nabati ini bukanlah gliserol murni, melainkan gliserol mentah (crude glycerol), biasanya memiliki kemurnian kira-kira 95%. Beberapa reaksi dalam pembuatan metal ester antara lain;

### 2.2.1 Reaksi Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester adalah :



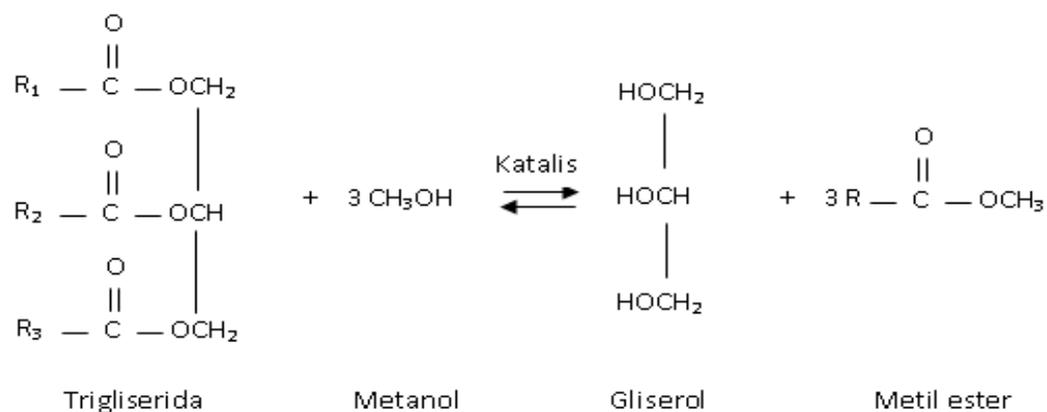
#### **Gambar 2. Reaksi esterifikasi antara asam lemak dengan metanol**

Reaksi esterifikasi merupakan reaksi antara asam lemak bebas dengan alkohol membentuk ester dan air. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi endoterm, sehingga memerlukan pasokan kalor dari luar. Temperatur untuk pemanasan tidak terlalu tinggi yaitu 55-60 oC (Kac, 2001). Reaksi esterifikasi dapat dilakukan sebelum atau sesudah reaksi transesterifikasi. Reaksi esterifikasi biasanya dilakukan sebelum reaksi transesterifikasi jika minyak yang diumpangkan mengandung asam lemak bebas tinggi (>5%).

Dengan reaksi esterifikasi, kandungan asam lemak bebas dapat dihilangkan dan diperoleh tambahan ester. Faktor-faktor yang berpengaruh pada reaksi esterifikasi adalah waktu reaksi, pengadukan, katalisator, dan suhu reaksi. Pada reaksi esterifikasi, bila asam lemak (asam karboksilat) dan alkohol (metanol) dipanaskan dengan kehadiran katalis asam, kesetimbangan tercapai dengan ester dan air. Reaksi kesetimbangan ini dapat digeser ke kanan dengan penambahan alkohol berlebih. Air yang terbentuk berasal dari gugus hidroksil. (Digitalzone.com)

### 2.2.2 Reaksi Transesterifikasi

Reaksi Transesterifikasi sering disebut reaksi alkoholisis, yaitu reaksi antara trigliserida dengan alkohol menghasilkan ester dan gliserin. Alkohol yang sering digunakan adalah metanol, etanol, dan isopropanol. Reaksi yang terjadi pada proses Transesterifikasi (yeni sulastris, 2010) adalah:



**Gambar 3. Reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol**

Trigliserida bereaksi dengan alkohol membentuk ester dan gliserin. Kedua produk reaksi ini membentuk dua fasa yang mudah dipisahkan. Fasa gliserin terletak dibawah dan fasa ester alkil di atas. (digitalzone.com) Ester dapat dimurnikan lebih lanjut untuk memperoleh biodiesel yang sesuai dengan standard yang telah ditetapkan, sedangkan gliserin dimurnikan sebagai produk samping pembuatan biodiesel. Gliserin merupakan senyawaan penting dalam industri.

Gliserin banyak digunakan sebagai pelarut, bahan kosmetik, sabun cair, dan lain-lain.

Pada pembuatan biodiesel dibutuhkan katalis. Produk biodiesel tergantung pada minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku serta pengolahan pendahuluan dari bahan baku tersebut. Alkohol yang digunakan sebagai pereaksi untuk minyak nabati adalah methanol, namun dapat pula digunakan ethanol, isopropanol atau butyl, tetapi perlu diperhatikan juga kandungan air dalam alkohol tersebut. Bila kandungan air tinggi akan mempengaruhi hasil biodiesel kualitasnya rendah, karena kandungan sabun, ALB dan trigiserida tinggi.

Disamping itu hasil biodiesel juga dipengaruhi oleh tingginya suhu operasi proses produksi, lamanya waktu pencampuran atau kecepatan pencampuran alkohol. Katalisator dibutuhkan pula guna meningkatkan daya larut pada saat reaksi berlangsung, umumnya katalis yang digunakan bersifat basa kuat yaitu NaOH atau KOH atau natrium metoksida. Beberapa perbandingan sifat kimia fisika biodiesel dengan solar dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 5. perbandingan sifat fisik dan kimia biodiesel dan solar**

Sifat fisik / kimia	Biodiesel	Solar
Komposisi	Ester alkil	Hidrokarbon
Densitas, g/ml	0,8624	0,8750
Viskositas, cSt	5,55	4,6
Titik kilat, °C	172	98
Angka setana	62,4	53
Energi yang dihasilkan	40,1 MJ/kg	45,3 MJ/kg

(Sumber : *Internasional Biodiesel, 2001*)

### 2.3 Surfaktan

Surfaktan (*Surface Active Agent*) merupakan molekul yang memiliki gugus polar yang suka air (hidrofilik) dan gugus non polar yang suka minyak (lipofilik) sekaligus, sehingga dapat mempersatukan campuran yang terdiri dari

minyak dan air. Surfaktan adalah bahan aktif permukaan, yang bekerja menurunkan tegangan permukaan cairan, sifat aktif ini diperoleh dari sifat ganda molekulnya. (Wikipedia.org)

Bagian polar molekulnya dapat bermuatan positif, negatif ataupun netral, bagian polar mempunyai gugus hidroksil semetara bagian non polar biasanya merupakan rantai alkil yang panjang. Surfaktan pada umumnya disintesis dari turunan minyak bumi dan limbahnya dapat mencemarkan lingkungan, karena sifatnya yang sukar terdegradasi, selain itu minyak bumi merupakan sumber bahan baku yang tidak dapat diperbarui.

Sifat aktif permukaan yang dimiliki surfaktan diantaranya mampu menurunkan tegangan permukaan, tegangan antarmuka dan meningkatkan kestabilan sistem emulsi. Tegangan permukaan adalah gaya dalam dyne yang bekerja pada permukaan sepanjang 1 cm dan dinyatakan dalam dyne/cm, atau energi yang diperlukan untuk memperbesar permukaan atau antarmuka sebesar 1 cm<sup>2</sup> dan dinyatakan dalam erg/cm<sup>2</sup>. *Surface tension* umumnya terjadi antara gas dan cairan sedangkan *Interface tension* umumnya terjadi antara cairan dan cairan lainnya atau kadang antara padat dan zat lainnya (Anonim, 2009).

Jika surfaktan dilarutkan dalam satu fase pada campuran minyak dan air, sebagian surfaktan akan berkonsentrasi pada permukaan antara minyak-air, dan pada kesetimbangan energi bebas (disebut tegangan antar muka atau permukaan) akan lebih rendah dari tidak adanya surfaktan. Energi mekanik yang diberikan ke dalam sistem (misalnya, dengan mencampur) berfungsi untuk membagi satu fasa, akan meningkatkan jumlah total tegangan permukaan dan energi. Semakin rendah jumlah energi bebas antarmuka per satuan luas, semakin besar jumlah luas antar muka baru yang dapat dibuat dengan jumlah energi masuk yang diberikan .

Tahap yang terbagi lagi disebut fase terputus-putus, dan fase lainnya adalah fase kontinu (Bailey's, 1996). Surfaktan memfasilitasi stabilisasi bercampur, biasanya fase tidak bercampur, seperti minyak dalam air, dengan menurunkan energi yang diperlukan untuk mempertahankan besar interfacial wilayah yang terkait dengan pencampuran. Surfaktan dapat dikelompokkan beberapa macam :

1. Menurut komposisi ekor (yang dapat berupa) :
  - a. Hidrokarbon rantai  
Hidrokarbon aromatik (arena), alkana (alkil), alkena, sikloalkana, alkuna.
  - b. Alkil eter rantai
    - *Teretoksilasi surfaktan* : polietilen oksida dimasukkan untuk meningkatkan karakter hidrofilik dari surfaktan.
    - *Propoxylated surfaktan* : polypropylene oksida dimasukkan untuk meningkatkan sifat lipofilik dari surfaktan.
  - c. Fluorocarbon rantai dan siloxane rantai  
fluorosurfactants dan surfaktan siloxane.
  
2. Menurut Komposisi ekor
  - a. Ionik dan Anionik : berdasarkan anion permanen (sulfat, sulfonat, fosfat) atau anion tergantung pH ( karboksilat ) :
    - Alkil sulfat: amonium lauril sulfat , natrium lauril sulfat (SDS).
    - Alkil eter sulfat: laureth natrium sulfat , juga dikenal sebagai natrium lauril eter sulfat (SLES), myreth natrium sulfat.
    - Sulfonat: Docusates : natrium dioktil sulfosuccinate, Sulfonat fluorosurfactants: perfluorooctanesulfonate (PFOS).
    - Alkil benzena sulfonat.
  - b. Kationik
    - pH-tergantung primer, sekunder atau tersier amina  
Amina primer menjadi bermuatan positif pada pH <10, amina sekunder menjadi dibebankan pada pH <4. Contohnya Octenidine dihidroklorida.
    - Permanen dibebankan surfaktan kation. Contohnya Alkyltrimethylammonium garam: bromida setil trimethylammonium (CTAB) alias hexadecyl amonium bromida trimetil, klorida setil trimethylammonium (CTAC).

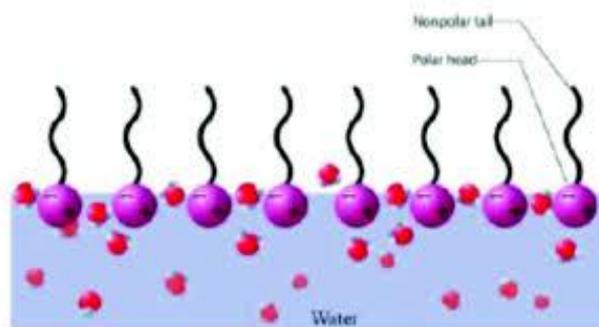
c. Zwitterionic ( amfoter ): berdasarkan primer, sekunder atau tersier amina atau surfaktan kation dengan:

- Sulfonat: Chaps (3 - [(3-Cholamidopropyl) dimethylammonio]-1-propanesulfonate); Sultaines: hydroxysultaine cocamidopropyl
- Carboxylates: Asam amino, Imino asam, Betaines: betaine cocamidopropyl
- Fosfat: lesitin

d. Nonionik

Alkohol lemak : Setil alkohol, Stearil alcohol

Menurut Perkins (1988), pengertian antarmuka (*interface*) adalah bidang kontak antara dua senyawa dalam fasa yang sama, sedangkan permukaan (*surface*) adalah jika antarmuka antara dua senyawa tidak dalam fasa yang sama. Perkins (1988) menambahkan tegangan permukaan dari suatu cairan adalah tekanan internal di bawah permukaan cairan yang disebabkan oleh gaya tarik-menarik antar molekul cairan itu sendiri. Gaya tarik menarik tersebut menimbulkan tekanan dari dalam cairan melawan tekanan dari atas permukaan cairan, sehingga cairan tersebut cenderung untuk membentuk lapisan antarmuka dengan zat yang lain.



**Gambar 4. Struktur bagian bagian surfaktan**

Struktur molekul surfaktan terdiri dari :

1. Gugus hidrofilik (kepala surfaktan)
  - a. Bermuatan negatif adalah surfaktan anionik.

- b. Bermuatan positif adalah surfaktan kationik.
  - c. Bermuatan positif dan negatif adalah surfaktan amfoter (*zwitterion*).
  - d. Tidak bermuatan adalah surfaktan non ionik.
2. Gugus hidrofobik (ekor surfaktan)
- a. Hidrokarbon,.
  - b. Perfluorohidrokarbon,
  - c. *Polyoxypropylene* atau *polyoxybutylene*

### Penggolongan Surfaktan

Surfaktan dapat digolongkan menjadi empat golongan berdasarkan muatan surfaktan, yaitu :

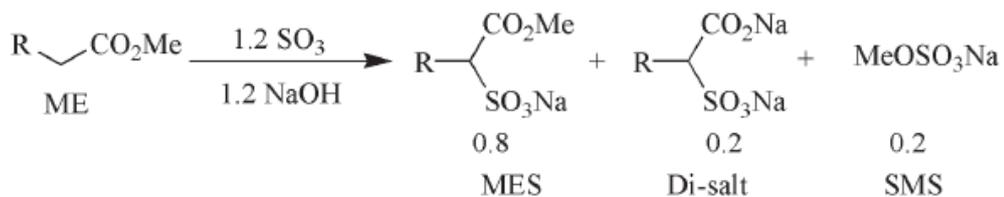
1. Surfaktan anionic  
Surfaktan yang bagian alkilnya terikat suatu anion.
2. Surfaktan kationik  
Surfaktan yang bagian alkilnya terikat suatu kation
3. Surfaktan non ionik  
Surfaktan yang bagian alkilnya tidak bermuatan
4. Surfaktan amfoter  
Surfaktan yang bagian alkilnya mempunyai muatan positif dan negatif

Surfaktan dapat mempengaruhi kemampuan dari molekul cairan tersebut agar dapat berinteraksi dengan zat yang lain dengan cara menurunkan tegangan permukaannya. Penggunaan surfaktan sangat bervariasi, sebagai bahan pembuatan deterjen, kosmetik, farmasi, tekstil dll. Beberapa produk pangan pun seperti es krim menggunakan surfaktan sebagai salah satu bahannya. Syarat agar surfaktan dapat digunakan untuk produk pangan yaitu surfaktan tersebut harus mempunyai nilai *Hydrophyle Lypophyle Balance* (HLB) antara 2-16, tidak beracun serta tidak menimbulkan iritasi. Karena sifatnya yang menurunkan tegangan permukaan, surfaktan dapat digunakan juga sebagai bahan pengemulsi dan bahan pelarut.

Penggunaan surfaktan tersebut bertujuan untuk meningkatkan kestabilan emulsi dengan cara menurunkan tegangan antarmuka, antara fasa minyak dan fasa air. Surfaktan dipergunakan baik berbentuk emulsi minyak dalam air maupun berbentuk emulsi air dalam minyak. Salah satu surfaktan yang memiliki potensi untuk dikembangkan dari minyak kelapa sawit adalah surfaktan Metil Ester Sulfonat (MES).

## 2.4 Proses Sulfonasi

Sulfonasi merupakan proses dengan menggunakan pereaksi kimia yang mengandung gugus sulfat atau sulfit. Dimana pada proses pembentukan metil ester sulfonat, metil ester dapat direaksikan dengan gas  $\text{SO}_3$ , óleum atau asam sulfat. Dimana bahan-bahan tersebut mengandung gugus sulfata tau sulfit. Sulfonasi juga merupakan reaksi kimia yang melibatkan penggabungan gugus asam sulfonat,  $\text{HSO}_3^-$ , ke dalam suatu molekul ataupun ion, termasuk reaksi-reaksi yang melibatkan gugus sulfonil halida ataupun garam-garam yang berasal dari gugus asam sulfonat. Proses produksi surfaktan MES dilakukan dengan mereaksikan metil ester dengan agen sulfonasi. Pada gambar di bawah ini adalah reaksi sulfonasi metal ester. (yeni sulastrri, 2010)



**Gambar 5. Mekanisme reaksi sulfonasi metil ester**

Proses sulfonasi dengan gas  $\text{SO}_3$  menghasilkan produk dengan kualitas yang tinggi. Proses ini dilakukan secara kontinu dan volume produksi yang besar serta bersifat *zero waste* yaitu tidak dihasilkan limbah pada prosesnya. Proses ini memerlukan kontrol yang sangat ketat karena sifat  $\text{SO}_3$  bersifat sangat reaktif. Sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ ) adalah bahan kimia elektrofilik yang agresif dan sangat

reaktif terhadap komponen organik karena dapat mendonorkan gugus elektron. Reaksi bersifat eksotermik dan banyak komponen organik menjadi hitam setelah reaksi terbentuk. Reaksi juga menyebabkan adanya peningkatan kekentalan produk menjadi 15-300 kali lipat dibandingkan bahan organik itu sendiri.

Suhu dan rasio mol reaktan merupakan faktor penting dalam proses sulfonasi dimana peningkatan suhu dapat mempercepat laju reaksi dengan meningkatkan jumlah fraksi molekul yang mencapai energi aktivasi, sementara rasio mol reaktan harus dikendalikan dalam proses sulfonasi karena kelebihan reaktan ( $\text{SO}_3$ ) akan menyebabkan pembentukan produk samping. Proses sulfonasi menghasilkan produk turunan yang terbentuk melalui reaksi kelompok sulfat dengan minyak, asam lemak, ester, dan alkohol lemak. Proses sulfonasi diistilahkan sebagai sulfonasi karena proses ini melibatkan penambahan gugus sulfat pada senyawa organik.

Jenis minyak yang biasanya disulfonasi adalah minyak yang mengandung ikatan rangkap ataupun gugus hidroksil pada molekulnya. Bahan baku minyak yang digunakan industri adalah minyak berwujud cair yang kaya akan ikatan rangkap (Bernardini, 1983). Reaksi sulfonasi molekul asam lemak dapat terjadi pada tiga sisi yaitu :

- (1) gugus karboksil;
- (2) bagian  $\alpha$ -atom karbon;
- (3) rantai tidak jenuh (ikatan rangkap) (Foster, 1996).

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). Pereaksi kimia yang banyak digunakan adalah gas  $\text{SO}_3$  yang sangat reaktif dan bereaksi cepat dengan beberapa komponen organik. Proses sulfonasi dengan gas  $\text{SO}_3$  menghasilkan produk dengan kualitas yang tinggi, tetapi kelemahannya yaitu proses ini bersifat kontinyu dan paling sesuai untuk volume produksi yang besar, membutuhkan peralatan yang mahal dengan tingkat ketepatan yang tinggi, dan mensyaratkan personil pengoperasian yang memiliki kemampuan tinggi

(*highly trained*), selain itu memiliki sifat yang sangat reaktif sehingga diperlukan kontrol yang sangat ketat agar tidak terbentuk produk intermediat dan warna produk yang hitam sehingga memerlukan proses pemucatan.

Proses sulfonasi ini akan menghasilkan produk berwarna gelap, sehingga dibutuhkan proses pemurnian meliputi pemucatan dan netralisasi. Untuk mengurangi warna gelap tersebut, pada tahap pemucatan ditambahkan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> atau larutan metanol, yang dilanjutkan dengan proses netralisasi dengan menambahkan larutan alkali (KOH atau NaOH), setelah melewati tahap netralisasi, produk yang berbentuk pasta dikeringkan sehingga produk akhir yang dihasilkan berbentuk pasta, serpihan, atau granula.

## 2.5 Surfaktan Metil Ester Sulfonat

Metil ester sulfonat (MES) merupakan golongan surfaktan anionik. Bagian aktif permukaan (*surface-active*) surfaktan MES mengandung gugus sulfonat. Formula umum surfaktan MES adalah RSO<sub>3</sub>Na, dimana gugus R merupakan grup hidrokarbon yang dapat didegradasi pada struktur molekul surfaktan. Grup hidrokarbon R berupa alkil dan produk tersebut dapat dicampur secara acak dengan isomer lainnya selama isomer tersebut tidak mengandung rantai bercabang yang dapat mengganggu sifat *biodegradable* gugus sulfonat (Watkins, 2001).

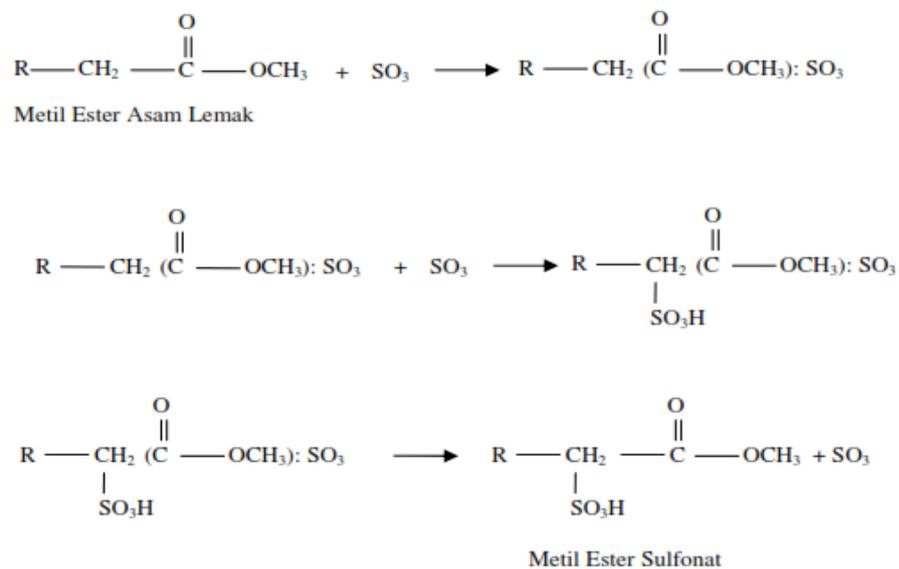
Menurut Watkins (2001), jenis minyak yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan metil ester sulfonat (MES) adalah kelompok minyak nabati seperti minyak kelapa, minyak sawit, minyak inti sawit, stearin sawit, minyak kedelai, atau tallow. Selanjutnya menurut Matheson (1996), MES berbahan minyak nabati memiliki kinerja yang sangat menarik, diantaranya adalah karakteristik dispersi dan sifat detergensi yang baik terutama pada air dengan tingkat kesadahan yang tinggi (*hard water*), tidak mengandung ion fosfat, ester asam lemak C14, C16 dan C18 memberikan tingkat detergensi terbaik, serta bersifat mudah didegradasi.

Metil ester sulfonat secara umum memiliki fungsi sebagai penurun tegangan permukaan (IFT) dan stabilitas emulsi karena memiliki gugus polar dan non polar pada molekul yang sama. MES yang mampu membentuk mikroemulsi

memiliki sifat karakteristik seperti memiliki harga IFT yang rendah dan memiliki kapasitas untuk melarutkan antara minyak dan air. Hal ini membuat MES (surfaktan) banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti industri sabun, deterjen, produk kosmetika dan produk perawatan diri, farmasi, pangan, cat dan pelapis, kertas, tekstil, pertambangan dan industri perminyakan untuk Enhanced Oil Recovery (EOR). Adapun struktur kimia dari metal ester sulfonat dan pembentukan metal ester asam lemak menjadi metal ester sulfonat pada gambar di bawah ini:



**Gambar 6. Struktur kimia metal ester sulfonat**



**Gambar 7. Skema pembentukan metil ester asam lemak menjadi MES**

Metil ester sulfonat (MES) merupakan surfaktan anionik yang paling banyak digunakan. Surfaktan MES memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan surfaktan lainnya diantaranya bersifat terbarukan (*renewable*), dan mudah didegradasi (*good biodegradability*). Proses pembuatan MES terdiri dari beberapa tahapan, yaitu tahap sulfonasi, *bleaching*, netralisasi dan pengeringan. Pada tahap sulfonasi, metil ester dikontakkan dengan  $\text{SO}_3$  roses ini berlangsung secara eksotermis. Proses sulfonasi menghasilkan produk berwarna gelap dan bersifat sangat asam.

Untuk mengurangi warna sampai sesuai dengan spesifikasi, dilakukan proses *bleaching* dengan menambahkan 50% hidrogen peroksida dan metanol. Selanjutnya dilakukan tahap netralisasi dengan menambahkan 50% natrium hidroksida hingga pH 5,5-7,5.

**Tabel 6. Karakteristik surfaktan metil ester sulfonat (MES)**

Karakteristik	Metil Ester		
	C <sub>12-14</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>18</sub>
Rendemen MES (% b/b)	70,7	80,3	78,4
Disodium karboksi sulfonat (di-salt), (% b/b)	2,1	5,5	4,8
Metanol (% b/b)	0,46	0,18	0,23
Hidrogen peroksida (% b/b)	0,10	0,04	0,02
Air (% b/b)	14,0	0,7	1,8
Petroleum ether extractable (PEX) (% b/b)	2,6	3,2	3,9
Sodium karboksilat (% b/b)	0,16	0,29	0,29
Sodium sulfat (% b/b)	1,99	2,07	2,83
Sodium metil sulfat dan lainnya (% b/b)	8,0	7,7	7,8
pH	5,0	5,6	5,6
Warna Klett, 5% aktif (MES + di-salt)	11	35	79

Sumber : MacArthur et al. (1998)

Proses produksi surfaktan Metil Ester Sulfonat dilakukan dengan mereaksikan metil ester dengan pereaksi sulfonasi. Untuk menghasilkan kualitas produk terbaik, beberapa perlakuan penting yang harus dipertimbangkan adalah rasio mol, waktu netralisasi, suhu reaksi, konsentrasi gugus sulfat yang ditambahkan, jenis dan konsentrasi katalis, serta pH dan suhu netralisasi. MES dikelompokkan sebagai surfaktan anionik. MES diproduksi dari sulfonasi metil ester (ME) menggunakan agen pensulfonasi seperti asam sulfat, sulfit,  $\text{NaHSO}_3$ , oleum, dan gas  $\text{SO}_3$ .

**Tabel 7. Karakteristik Metil Ester Sulfonat**

Spesifikasi	MES (C <sub>16</sub> -C <sub>18</sub> )
metil ester sulfonat, (% b/b) <sup>a</sup>	83,0
Disodium karboksi sulfonat (di-salt), (% b/b) <sup>a</sup>	3,5
Air (% b/b) <sup>a</sup>	2,3
Nilai pH <sup>a</sup>	5,3
Warna Klett, 5% aktif (MES + di-salt) <sup>a</sup>	45
Tegangan permukaan (mN/m) <sup>b</sup>	39,0 – 40,2
Tegangan antar muka (mN/m) <sup>b</sup>	8,4 – 9,7

Sumber : <sup>a</sup> Sheats (2002) dan <sup>b</sup> Pore (1993)

Pemanfaatan surfaktan jenis ini pada beberapa produk adalah karena metil ester sulfonat memperlihatkan karakteristik dispersi yang baik, sifat detergensi yang baik terutama pada air dengan tingkat kesadahan yang tinggi (*hard water*) dan tidak adanya fosfat, ester asam lemak C<sub>14</sub>, C<sub>16</sub>, dan C<sub>18</sub> memberikan tingkat detergensi terbaik serta bersifat mudah didegradasi (*good biodegradability*). Jika dibandingkan petroleum sulfonat, surfaktan MES menunjukkan beberapa kelebihan diantaranya yaitu pada konsentrasi MES yang lebih rendah daya detergensinya sama dengan petroleum sulfonat, dapat mempertahankan aktivitas enzim yang lebih baik, toleransi yang lebih baik terhadap keberadaan kalsium, dan kandungan garam (*disalt*) lebih rendah.