

BAB II STUDI KELAYAKAN AWAL

2.1 Seleksi Proses

Terdapat beberapa proses yang dilakukan untuk menghasilkan surfaktan metil ester sulfonat (MES), yakni proses sintesis gas SO_3 , sulfonasi, *bleaching*, dan netralisasi.

2.1.1 Sintesis Gas SO_3

Pada pembuatan MES, gas SO_3 digunakan dalam proses sulfonasi. Gas SO_3 diperoleh dari hasil oksidasi SO_2 . Terdapat dua metode proses yang digunakan dalam proses sintesis gas SO_3 yaitu proses kamar timbal (Pb) dan proses kontak. Adapun perbandingan dari kedua proses tersebut adalah sebagai berikut

Tabel 2.1 Perbandingan Proses Sintesis Gas SO_3 *

	Proses Timbal	Proses Kontak
Konversi	77 – 79 %	98,5 – 99%
Kondisi Operasi		
T, °C	420 – 600	420 – 600
P, atm	1 – 4	1 – 4
Cost	Tinggi	Rendah
Kualitas Produksi	Kuran pekat	Pekat
Proses Produksi	Dua kali proses dalam meningkatkan konsentrasi asam	Satu kali proses dalam meningkatkan konsentrasi asam
Katalis	NO , NO_2	V_2O_5

*) Novitasari, 2012

2.1.2 Sulfonasi

Suatu proses dimana memasukkan gugus $-\text{SO}_2\text{OH}$ atau gugus $-\text{SO}_2\text{Cl}$ pada bahan baku yang merupakan senyawa organik hidrokarbon (Fessenden, 1982). Proses ini akan berjalan secara *reversible* pada temperatur operasi tinggi. Selain itu, reaksi yang terjadi dalam proses ini sangat bergantung pada reaktivitas dari

senyawa aromatis dan sifat dari senyawa elektrofilik yang diturunkan dari H_2SO_4 atau SO_3 (Katrizky dkk, 2014). Penambahan SO_3 pada proses sulfonasi mengikuti perbandingan 1,1 – 1,5 terhadap metil ester (ME). Setelah sulfonasi, dilanjutkan dengan proses pematangan (*aging*) untuk menyempurkan proses sulfonasi. Hovda (1996) menyatakan bahwa proses sulfonasi mengkonversi metil ester sebanyak 75%. Sehingga, untuk meningkatkan konversi dari metil ester proses sulfonasi dilanjutkan dengan proses *aging* yang dilakukan dalam digester dengan konversi meningkat > 98%.

Ada beberapa metode yang dapat dilakukan dalam proses sulfonasi pembuatan sufaktan MES, yaitu *Vessel Reaction Method*, *New Sulfonation Process*, *Halogen Bleaching Process*, *Ultra Purity Methyl Ester Process*, dan *Chemiton Process*. Pada metode vessel reaction, proses sulfonasi dilakukan dengan menggunakan reactor tangki berpengaduk, dengan proses yang sederhana dikarenakan tidak perlu adanya proses recycle residu methanol yang digunakan saat proses *bleaching* dan menghasilkan yield MES yang cukup tinggi (Tano, 2003). *New sulfonation process* menggunakan double cylinder falling film untuk proses sulfonasi, dengan MES yang dihasilkan memiliki kadar di-salt yang cukup rendah (Yamane et al, 1990). Proses halogen *bleaching* menggunakan dua bleaching agent, yaitu H_2O_2 dan halogen, dimana pemakaian dari halogen *bleach* dapat menyebabkan iritasi pada kulit, selain itu di-salt yang dihasilkan menggunakan metode ini sangat tinggi berkisar 15 – 30 % dan juga diperlukan penambahan alcohol yang cukup banyak dalam proses netralisasinya. *Ultra purity methyl ester process* memerlukan metil ester sebagai bahan baku dengan kemurnian yang tinggi, dengan kadar di-salt yang dihasilkan juga tinggi. Pada proses halogen *bleaching* maupun *ultra purity methyl ester*, waktu yang dibutuhkan untuk *bleaching* agar warna MESA yang dihasilkan lebih terang adalah selama satu hari. Proses chemiton menggunakan reactor *falling film* untuk sulfonasi, dimana pada proses ini dilakukan pengeringan MES sehingga menghasilkan MES dalam bentuk *flakes*, dengan kadar MES mencapai 83% pada produk (Hovda, 1996).

2.1.3 Bleaching

Dari proses sulfonasi dihasilkan produk berupa *methyl ester sulfonate acid* (MESA) yang berwarna gelap, sehingga perlu dilakukan proses pengelantangan pada MESA. Proses *bleaching* atau pengelantangan dilakukan dengan menambahkan agen *bleaching*. Pada proses ini, H₂O₂ 50% dibutuhkan sebagai agen *bleaching* untuk memaksimalkan proses pengelantangan (Hovda, 1996). Pada proses ini MESA juga diberi tambahan alkohol (biasanya metanol) untuk mengurangi terbentuknya di-salt dengan persentase sampai dengan 40% dari berat MESA untuk bereaksi dengan sisa asam lemak bebas (Nugroho, 2019).

2.1.4 Netralisasi

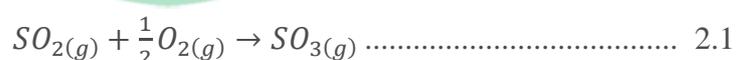
Produk yang dihasilkan dari proses *bleaching*, yakni MESA, masih bersifat asam, sehingga proses netralisasi perlu dilakukan untuk menetralkan MES dengan menambahkan larutan alkali. Dengan menggunakan natrium hidroksida (NaOH) sebagai agen penetral, akan menghasilkan di-salt kurang dari 1%. MES yang telah dinetralkan memiliki nilai pH 4 - 9 (Hovda, 1996).

2.2 Deskripsi Proses

Pada pabrik ini, terdapat beberapa proses yang dilakukan untuk memperoleh metil ester sulfonate, yakni sintesis SO₃, sulfonasi, *bleaching*, netralisasi, dan *drying*.

2.2.1 Sintesis Gas SO₃

Gas SO₃ yang dibutuhkan pada proses sulfonasi diperoleh dari hasil oksidasi gas SO₂. Sintesis gas SO₃ ini menggunakan proses kontak yang merupakan proses untuk menghasilkan H₂SO₄ dengan konversi 98,5 % - 99% (Novitasari, 2012), dengan kondisi suhu operasi 420 – 600°C dan tekanan operasi 1 – 4 atm. Sintesis ini menggunakan reaktor *fixed bed* dengan katalis V₂O₅.



$$r = \frac{k_1 P_{O_2} P_{SO_2} \left(1 - \frac{P_{SO_3}}{P_{SO_2} P_{O_2} K_p} \right)}{22,414 (1 + K_2 P_{SO_2} + K_3 P_{SO_3})^2} \dots\dots\dots 2.2$$

(Martinez et al, 2010)

Nilai konstanta kinetika reaksi dengan T dalam satuan Kelvin (K) adalah sebagai berikut

$$k_1 = \exp \left(12,169 - \frac{5473}{T} \right) \dots\dots\dots 2.3$$

$$k_2 = \exp \left(-9,953 + \frac{8619}{T} \right) \dots\dots\dots 2.4$$

$$k_3 = \exp \left(-71,745 + \frac{52596}{T} \right) \dots\dots\dots 2.5$$

$$K_p = \exp \left(-10,68 + \frac{11300}{T} \right) \dots\dots\dots 2.6$$

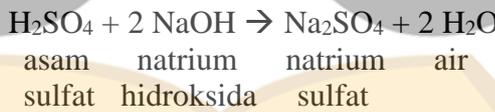
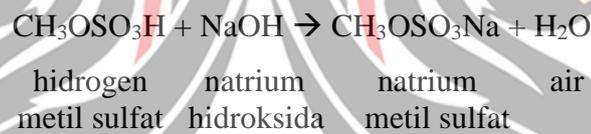
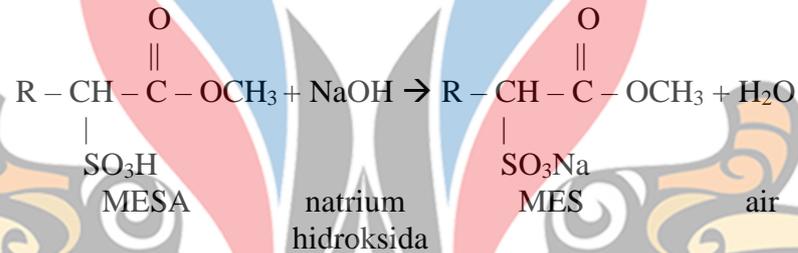
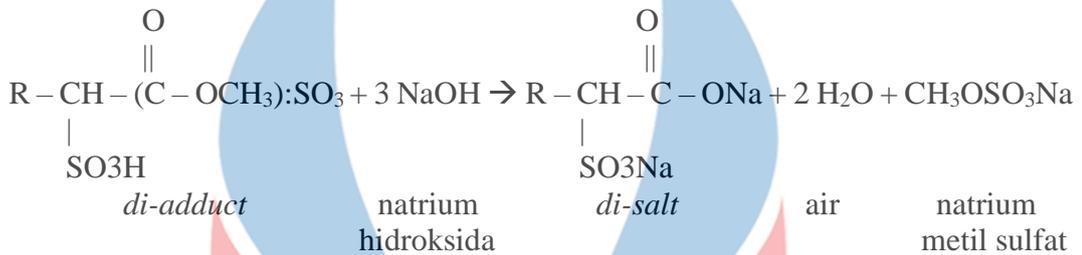
(Martinez et al, 2010)

2.2.2 Proses Sulfonasi

Proses ini dilakukan dengan mengalirkan gas SO₃ dan FAME ke dalam *falling film reactor* (FFR) dengan kondisi operasi suhu 42°C dan tekanan 2 atm. Perbandingan mol yang digunakan untuk FAME dan SO₃ adalah 1:1,25 (Hovda, 1996). Pada proses ini terjadi proses sulfonasi dengan tujuan mensubstitusi atom H dengan gugus -SO₃H pada molekul organik melalui ikatan kimia pada atom karbonnya dimana terjadi secara eksotermis sehingga dibutuhkan *cooling water* untuk menjaga kestabilan reaksi. Pada proses ini akan terbentuk di-adduct. Dari proses sulfonasi selanjutnya dialirkan menuju proses *aging* yang beroperasi pada suhu 80°C - 85°C untuk meningkatkan konversi dari metil ester menjadi *methyl ester sulfonic acid* (MESA). Reaksi yang terjadi selama proses sulfonasi adalah sebagai berikut

2.2.4 Proses Netralisasi

MESA yang telah melalui proses *bleaching* masih bersifat asam. Larutan NaOH 50% ditambahkan untuk menetralkan MESA hingga mencapai pH 5 – 7 dan menghasilkan MES berupa pasta (*slurry*) dengan suhu operasi 50°C. beberapa reaksi yang terjadi selama proses netralisasi sebagai berikut



(Hovda, 1996)

2.2.5 Proses Drying

Pada proses ini, pasta MES dimasukkan ke *spray dryer* untuk dikeringkan sehingga produk akhir yang dihasilkan adalah MES dalam wujud padatan dengan suhu operasi. Pada proses ini metanol dan air yang telah dipisahkan dari MES kemudian dialirkan menuju menara distilasi untuk mendapatkan metanol yang akan digunakan kembali dalam proses *bleaching*.

2.3 Spesifikasi Bahan dan Produk www.itk.ac.id

2.3.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Penunjang

Dalam produksi MES, bahan baku yang digunakan adalah *fatty acid methyl ester* (FAME) dan gas SO_3 , dimana gas SO_3 diperoleh dari hasil oksidasi SO_2 . Bahan penunjang dalam proses ini antara lain hidrogen peroksida, methanol, natrium hidroksida, air, serta vanadium pentoksida sebagai katalis dalam proses sintesi gas SO_3 .

A. *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME)

Fatty Acid Methyl Ester atau metil ester asam lemak yang juga dikenal sebagai biodiesel dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak. Dimana, transesterifikasi merupakan suatu proses untuk mengubah komponen trigliserida dalam minyak sawit menjadi metil ester asam lemak melalui reaksi dengan alcohol.

Fase	cairan
Titik didih	354,3°C
Titik leleh	6,29°C
Viskositas	6,1 mPa.s
Densitas	0,8881 g/cm ³

Tabel 2.2 Karakteristik Metil Ester*

	Palm Stearin C ₁₆ -C ₁₈
Berat molekul	279
Angka iodine (cg iodine/ g ME)	0,3
Asam kaboksilat (^{w/w} %)	n/a
Titik beku (C)	26
Panjang rantai karbon (^{w/w} %)	
<C ₁₀	0,0
C ₁₀	0,0
C ₁₂	0,2
C ₁₄	1,5
C ₁₆	65,4
C ₁₇	0,0
C ₁₈	32,3
>C ₁₈	0,7

*) Chemiton, 2005

Sifat :

FAME tergolong sebagai bahan yang dapat menyebabkan iritasi minor pada mata

B. Sulfur dioksida

Rumus kimia	SO ₂
Fase	liquid
Titik didih	-10°C
Titik leleh	-72°C
Berat molekul	64,06 g/mol
Densitas	150,63 kg/m ³
Viskositas	0,24 cP

Sifat:

Dapat menyebabkan iritasi pada kulit, kerusakan pada mata, gas bertekanan yang dapat menyebabkan ledakan apabila dipanaskan, iritasi pada saluran pernapasan

C. Udara

Fase	Gas
Titik didih	-194,3°C
Titik leleh	-216,2°C
Densitas gas	0,0749 lb/ft ³

Udara mengandung beberapa senyawa dengan komposisi sebagai berikut

Tabel 2.3 Komposisi Senyawa dalam Udara

Senyawa	Berat Molekul	%
Nitrogen	28,01	76,5 – 80,5
Oksigen	32,00	19,5 – 23,5

D. Hidrogen peroksida 50%

Rumus kimia	H ₂ O ₂
Fase	cairan
Titik didih	114°C
Berat molekul	34,01 g/mol
Densitas	1,2 gr/cm ³
Viskositas	1,17 cP

Sifat :

1. Bahan kimia yang dapat teroksidasi sehingga menyebabkan kebakaran dan korosi.
2. Dapat menyebabkan iritasi dan memicu kanker.

E. Metanol

Rumus kimia	CH ₃ OH
Fase	cairan
Titik didih	64,7°C
Titik leleh	-97,8°C
Berat molekul	32,04 g/mol
Densitas	790 – 800 kg/m ³
Viskositas	0,544 – 0,59 mPa.s

Sifat :

1. Bahan kimia berbahaya apabila tertelan, terhirup, dan juga mengenai kulit, sehingga menyebabkan kerusakan organ di dalam tubuh.
2. Bahan kimia ini juga *flammable* dimana dapat menyebabkan terjadinya kebakaran.

F. Natrium hidroksida

Rumus kimia	NaOH
Fase	padatan
Titik didih	1388°C
Titik leleh	323°C
Berat molekul	40 g/mol
Densitas	2130 kg/m ³
Viskositas	0,997 mPa.s

Sifat :

Dapat menyebabkan korosi.

G. Air

Rumus kimia	(H ₂ O)
Fase	cair

Titik didih	100°C
Titik leleh	0°C
Densitas	0,998 g/mL
Viskositas	1,002 cP
Berat molekul	18 g/mol

H. Vanadium pentoksida

Rumus kimia	V ₂ O ₅
Fase	padatan
Titik didih	1750°C
Titik leleh	690°C
Berat molekul	181,88 g/mol
Densitas	541,42 kg/m ³
Diameter (m)	0,004572
Porositas	0,45

Sifat:

1. Dapat menyebabkan kerusakan pada mata, iritasi pada sistem pernapasan
2. Dapat menyebabkan kerusakan genetik, memicu kanker

2.3.2 Spesifikasi Produk

Produk utama yang dihasilkan adalah metil ester sulfonate (MES) dengan spesifikasi sebagai berikut

Tabel 2.4 Karakteristik Metil Ester Sulfonat (MES)*

w/w %	Palm Stearin C ₁₆ -C ₁₈
Natrium metil ester sulfonat (α-Mes)	83
Dinatrium karboksil sulfonat (di-salt)	3,5
Metanol (CH ₃ OH)	0,07
Hidrogen peroksida (H ₂ O ₂)	0,13
Air (H ₂ O)	2,3
Natrium sulfat (Na ₂ SO ₄)	1,5
Natrium metil sulfat (CH ₃ OSO ₃ Na)	7,2

*) Chemiton, 2005