

II. DESKRIPSI PROSES

Usaha produksi dalam pabrik kimia membutuhkan berbagai sistem proses dan sistem pemroses yang dirangkai dalam suatu sistem proses produksi yang disebut teknologi proses. Secara garis besar, sistem proses utama dari sebuah pabrik kimia adalah sistem pereaksian serta sistem pemisahan dan pemurnian.

Proses perubahan bahan baku menjadi produk terjadi dalam sistem pereaksian. Sistem pemroses bagi sistem pereaksian adalah reaktor. Sistem pemisahan dan pemurnian bertujuan agar hasil dari sistem pereaksian sesuai dengan permintaan pasar sehingga layak dijual, serta kadang juga diperlukan untuk menyiapkan bahan baku atau pun intermediat agar konsentrasi atau keadaannya sesuai dengan katalis yang membantu penyelenggaraan reaksi. Pemilihan sistem pemisahan dan pemurnian tergantung pada perbedaan sifat fisik dan sifat kimia dari masing-masing komponen yang ingin dipisahkan.

Perbedaan sifat fisik yang bisa dimanfaatkan untuk memisahkan komponen-komponen dari satu campuran adalah perbedaan fasa (padat, cair atau gas), perbedaan ukuran partikel serta perbedaan tekanan uap atau titik didih. Perbedaan sifat kimia yang bisa dimanfaatkan untuk memisahkan komponen-komponen suatu campuran adalah kelarutan. Sistem pemroses pemisahan dan pemurnian yang paling lazim di pabrik kimia adalah distilasi dan ekstraksi.

Rangkaian sistem proses produksi ini dinamakan teknologi proses (biasa juga disebut proses). Pembentukan suatu produk dapat dilakukan dengan berbagai macam teknologi proses.

A. Proses Pembuatan Asam Stearat

Terdapat empat macam proses pembuatan asam stearat, yaitu proses *twitchell*, proses *batch* dengan menggunakan *autoclave*, proses *continous*, dan proses *enzymatic* (Gervajio, 2005).

1. Proses *Twitchell*

Proses *Twitchell* merupakan suatu proses pembuatan asam lemak yang awal muncul. Proses ini biasa digunakan dalam industri kecil dan menengah karena beberapa keuntungan yang dimilikinya antara lain biaya awal yang rendah dan proses yang sederhana. Walaupun demikian terdapat kekurangan dalam proses ini, yaitu konsumsi energi yang tinggi, *yield* produk yang rendah dan waktu reaksi yang lama (Gervajio, 2005).

Proses ini menggunakan reagen *Twitchell* dan asam sulfat sebagai katalis dalam proses hidrolisis minyak menjadi asam lemak.

Deskripsi proses :

Lemak dan minyak di campurkan dengan 1-2 % asam sulfat dan 0,75-1,25 % reagen *Twitchell* di dalam suatu reaktor tahan korosi. Campuran tersebut kemudian dididihkan pada tekanan atmosfer selama 36-48 jam dengan menggunakan steam. Proses tersebut di ulang sampai dua atau empat kali. Di akhir proses ditambahkan air dan campuran dididihkan untuk menghilangkan sisa asam yang masih tertinggal (Gervajio, 2005).

2. Proses *Batch* Dengan Menggunakan *Autoclave*

Proses ini merupakan proses hidrolisis lemak dan minyak komersil yang tertua. Proses ini menggunakan katalis seperti zinc, magnesium atau kalsium oksida.

Deskripsi proses :

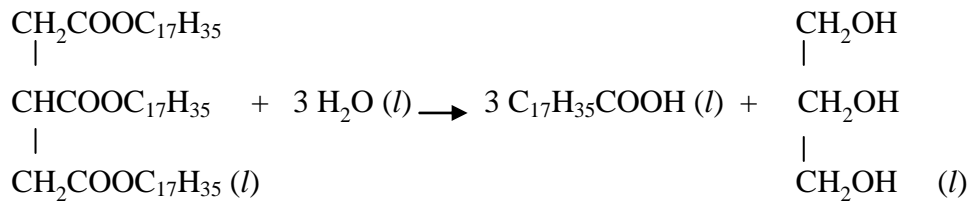
Lemak/minyak, air dan katalis dimasukkan ke dalam sebuah *autoclave* berbentuk silinder dengan panjang diameter 1.220-1.829 mm dan tinggi 6-12 m. Kemudian *steam* diinjeksikan secara kontinyu melalui bagian *bottom autoclave*. Hal ini dimaksudkan untuk menaikkan tekanan di dalam *autoclave* sampai mencapai 1.135 kPa. Setelah 6-10 jam sekitar 95 % lemak/minyak terkonversi menjadi asam lemak dan gliserol.

Setelah direaksikan di dalam *autoclave*, isi *autoclave* kemudian dikirim ke dalam *settling tank* dimana akan terbentuk dua fasa, yaitu fasa asam lemak pada bagian atas dan fasa gliserin (*sweet water*) pada bagian bawah. Asam lemak kemudian dipisahkan dari *sweet water*, lalu dilakukan pencucian untuk menghilangkan pengotor dan asam mineral yang masih terkandung di dalamnya. (Gervajio, 2005).

3. Proses Hidrolisis Kontinyu Pada Tekanan dan Temperatur Tinggi

Proses ini disebut juga dengan proses *Colgate-Emery*. Proses ini merupakan proses yang paling efisien dalam hidrolisis lemak/minyak menjadi asam lemak.

Hidrolisa lemak/minyak dengan H₂O merupakan metode yang umum dipakai untuk menghasilkan asam lemak. Reaksi ini akan menghasilkan gliserol sebagai produk samping. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Tristearin

Air

Asam Stearat

Gliserol

Reaksi ini dilakukan pada suhu 240 °C – 260 °C dan tekanan 45 – 50 bar. Pada proses ini derajat pemisahan mampu mencapai 99 %. Hal yang membuat proses ini kurang efisien adalah karena proses ini memerlukan energi yang cukup besar dan komponen-komponen minor yang ada di dalamnya seperti β-karoten mengalami kerusakan.

Temperatur dan tekanan yang tinggi membuat waktu reaksi menjadi semakin singkat. Derajat *splitting* semakin tinggi walau tanpa menggunakan katalis. Walaupun demikian, pemakaian katalis sangat dimungkinkan untuk semakin meningkatkan derajat *splitting*. (Gervajio, 2005).

Deskripsi proses :

Lemak/minyak dialirkan ke dalam *fat splitting* reaktor melalui suatu pompa bertekanan tinggi. Kemudian air dialirkan ke dalam *fat splitting* reaktor dengan rasio 40-50 % berat lemak/minyak. Proses

splitting dilakukan dengan menambahkan steam pada temperatur 250-260 °C (Gervajio, 2005).

4. Proses Hidrolisa Dengan Enzim Lipase

Hidrolisa CPO secara enzimatik dilakukan dengan cara *immobilized* enzim lipase. Pada proses ini, kebutuhan energi yang diperlukan relatif kecil jika dibandingkan dengan proses hidrolisa CPO dengan H₂O pada suhu dan tekanan tinggi. Pada proses ini, pemakaian enzim lipase dilakukan dengan cara berulang-ulang (*reuse*), karena harga enzim lipase yang sangat mahal. Reaksi yang terjadi pada proses hidrolisa secara enzimatik sama seperti reaksi hidrolisis yang terjadi pada proses hidrolisis lemak atau minyak dengan menggunakan temperatur dan tekanan tinggi.

Reaksi ini dilakukan pada kondisi optimum aktifitas enzim lipase yaitu pada suhu 35 °C dan pH 4,7-5. Derajat pemisahan pada proses ini mampu mencapai 90 % (Gervajio, 2005).

B. Pemilihan Proses

1. Berdasarkan Reaksi dan Kondisi Operasi

Dari keempat proses tersebut di atas, yang akan digunakan dalam perancangan pabrik asam stearat adalah proses hidrolisis kontinyu pada tekanan dan temperatur tinggi dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

1. Proses hidrolisis kontinyu pada tekanan dan temperatur tinggi memiliki konversi yang lebih besar dibandingkan dengan proses yang lainnya.
2. Penggunaan air untuk proses hidrolisis lebih murah dan mudah terjangkau jika dibandingkan dengan penggunaan enzim lipase yang mahal.
3. Proses pemisahan antara air dengan asam lemak setelah proses hidrolisis lebih mudah dan sederhana jika dibandingkan dengan menggunakan enzim lipase ataupun reagen *Twitchell*.

Perbandingan beberapa proses asam stearat dapat dilihat pada Tabel 2.1

berikut :

Tabel 2.1. Perbandingan Proses Pembuatan Asam Stearat

No.	Item	Jenis Proses			
		Twitchell Process	Batch Process	Colgate Emery Process	Enzymatic Process
1.	Konversi	75 %	95 %	99 %	90 %
2.	Waktu hidrolisis	24 Jam	6-10 jam	1-3 Jam	72 Jam
3.	Konsumsi energi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Rendah
4.	Kualitas produk	Rendah	Tinggi	Medium	Tinggi
5.	Katalis atau reagent	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Twitchell Reagent ▪ Katalis H₂SO₄ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Katalis Zn ▪ Katalis Mg ▪ Katalis CaO₂ 	-	Enzim Lipase
6.	Aspek lingkungan	Kurang baik	Kurang baik	Baik	Baik

Sumber : *JAACS*, Vol 56, 1979

2. Berdasarkan Keuntungan

Berikut ini merupakan perbandingan konversi stearin menjadi asam lemak dengan menggunakan keempat proses hidrolisis yang telah dijelaskan sebelumnya :

Tabel 2.2. Konversi Proses-proses Pembuatan Asam Stearat

No.	Jenis Proses	Konversi
1.	Proses <i>Twitchell</i>	75 %
2.	Proses batch dengan menggunakan <i>autoclave</i>	95 %
3.	Proses hidrolisis kontinyu pada temperatur dan tekanan tinggi	97-99 %
4.	Proses hidrolisis dengan enzim lipase	90 %

Berdasarkan perbandingan konversi antara keempat jenis proses, maka dapat diketahui bahwa proses hidrolisis secara kontinyu pada temperatur dan tekanan tinggi lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan ketiga jenis proses yang lainnya.

C. Analisis Kelayakan Ekonomi Awal

Basis : 1 kg *Crude* Stearin

Komposisi *Crude* Stearin :

- 90 % Stearin
- 10 % Olein

Massa Stearin = $0,9 \times 1 \text{ kg} = 0,9 \text{ kg}$

Massa Olein = $0,1 \times 1 \text{ kg} = 0,1 \text{ kg}$

Mol Stearin = $0,9 \text{ kg} : 890 \text{ kg / kmol} = 0,0010 \text{ kmol} = 1,0112 \text{ mol}$

Mol Olein = $0,1 \text{ kg} : 884 \text{ kg / kmol} = 0,0001 \text{ kmol} = 0,1131 \text{ mol}$

Konversi : 98 %

Mol Stearin = 1,0112 mol x 0,98 = 0,9910 mol

Mol Olein = 0,1131 mol x 0,98 = 0,1109 mol

Stoikiometri :

Reaksi 1 : merupakan reaksi antara stearin dengan air menghasilkan asam stearat dan gliserol.

$$C_{57}H_{110}O_6 (l) + 3 H_2O (l) \rightarrow 3 C_{17}H_{35}COOH (l) + C_3H_8O_3 (l)$$

Mula-mula	:	0,9910	2,9730	0	0
Beraksi	:	0,9910	2,9730	2,9730	0,9910
<hr/>					
Setimbang	:	0	0	2,9730	0,9910

Reaksi 2 : merupakan reaksi antara olein dengan air menghasilkan asam oleat dan gliserol.

$$C_{57}H_{104}O_6 (l) + 3 H_2O (l) \rightarrow 3 C_{17}H_{33}COOH (l) + C_3H_8O_3 (l)$$

Mula-mula	:	0,1109	0,3326	0	0
Beraksi	:	0,1109	0,3326	0,3326	0,1109
<hr/>					
Setimbang	:	0	0	0,3326	0,1109

Sehingga massa produk asam lemak dan gliserol dapat diperoleh sebagai berikut :

Asam stearat = 2,9730 mol x 284 = 844,3416 gr = 0,8443 kg

Asam oleat = 0,3326 mol x 282 = 93,7873 gr = 0,0938 kg

Gliserol = (0,9910 + 0,1109) x 92 = 101,3721 gr = 0,1014 kg

Harga :

Asam stearat : Rp 9.579/kg (<http://icispricing.com>)

Asam oleat : Rp 12.834/kg (<http://icispricing.com>)

Gliserol : Rp 12.369/kg (<http://icispricing.com>)

Tristearin : Rp 3.162/kg (<http://icispricing.com>)

Harga Jual - Modal = Keuntungan

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan} &= [(0,8443 \text{ kg} \times \text{Rp } 9.579) + (0,0938 \text{ kg} \times \text{Rp } 12.834) + \\ &\quad (0,1014 \times \text{Rp } 12.369)] - [1 \text{ kg} \times \text{Rp } 3.162] \\ &= \text{Rp } 7.383,5995 \end{aligned}$$

D. Uraian Singkat Proses Pembuatan Asam Stearat

Menurut Gervajio pada tahun 1995, proses pembuatan asam stearat dari tristearin ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu :

1. Proses Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan ialah tristearin yang nantinya akan dihidrolisis menjadi asam lemak dan gliserin dengan menggunakan air. Tristearin yang digunakan sebagai bahan baku berwujud padat, oleh karena itu, sebelum dialirkan ke dalam *fat splitting* reaktor tristearin yang digunakan dilelehkan terlebih dahulu di dalam *feed preheater* pada temperatur 120 °F.

Selain stearin, air yang digunakan untuk proses hidrolisis merupakan *demineralized water*. Sebelum direaksikan dengan tristearin, air

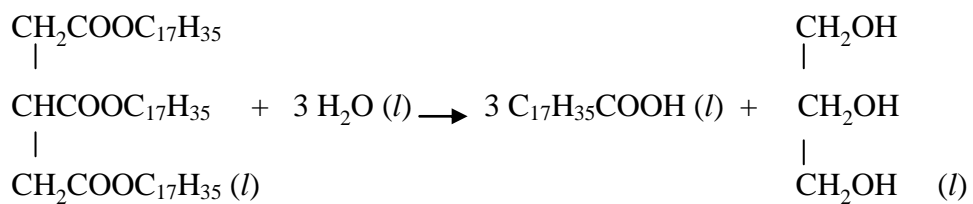
dipanaskan terlebih dahulu di dalam sebuah *heater* pada temperatur 140 °F.

2. Proses Hidrolisis Stearin

Setelah dipanaskan, tristearin dan air dialirkan ke dalam reaktor dengan menggunakan pompa bertekanan tinggi.

Tristearin dan air kemudian dikontakkan. Waktu kontak yang diperlukan antara stearin dan air ialah 3 jam. Sedangkan temperatur dan tekanan yang diperlukan di dalam reaktor ialah 260 °C dan 725 psia. Untuk mencapai temperatur tersebut digunakan *steam* dengan tekanan 800 psia.

Reaksi yang terjadi pada proses hidrolisis adalah sebagai berikut :



Tristearin

Air

Asam Stearat

Gliserol

Dari *fat splitting* reaktor, asam stearat, asam oleat, *unreacted feed*, gliserol dan air pada temperatur 260 °C keluar dari *fat splitting* reaktor.

3. Dekantasi Asam Lemak

Crude fatty acid yang keluar dari *fat splitting* reaktor masih mengandung air dan gliserol. Oleh karena itu diperlukan proses pemisahan untuk memisahkan asam stearat dari air.

Proses pemisahan dilakukan dengan menggunakan sebuah tangki dekantasi. Air dan gliserol yang terkandung didalamnya keluar dari bagian bawah dekanter. Sedangkan asam lemak yang terdiri dari asam oleat dan asam stearat serta *unreacted feed* keluar dari bagian atas dekanter.

4. Distilasi Asam Lemak

Asam lemak yang keluar dari tangki dekantasi masih mengandung sejumlah stearin dan olein yang tidak bereaksi. *Feed* yang tidak bereaksi ini dapat mempengaruhi tingkat kemurnian dan kualitas produk akhir. Oleh karena itu perlu dilakukan pemisahan antara campuran asam stearat dan asam oleat dengan lemak yang tidak bereaksi ini.

Proses pemisahan dilakukan dengan menggunakan sebuah kolom distilasi. Asam lemak yang memiliki titik didih lebih rendah akan teruapkan dan keluar melalui bagian atas kolom distilasi. Sedangkan *unreacted feed* akan keluar dari bagian bawah kolom distilasi dan di reaksikan kembali untuk menghasilkan asam lemak.

5. Kristalisasi Asam Stearat

Setelah keluar dari kolom distilasi, akan dilakukan pemisahan kembali antara asam stearat dengan asam lemak. Pemisahan dilakukan dengan menggunakan perbedaan tingkat kejenuhan asam lemak pada larutan tertentu dan temperatur tertentu.

Proses kristalisasi dilakukan dengan menggunakan pelarut dan pendinginan dengan menggunakan *refrigerant* amonia pada temperatur -30°C . Kristal asam stearat yang terbentuk nantinya akan dipisahkan dari

larutan filtrat-nya yang terdiri dari asam stearat yang tidak mengkristal, asam oleat dan etil asetat di dalam sebuah *centrifuge*.

6. Drying

Kristal-kristal asam stearat yang telah terpisah dari larutan filtrat-nya masih mengandung sedikit etil asetat dan asam oleat. Oleh karena itu, dilakukan distilasi untuk mengeluarkan toluene, benzene dan xylene dari asam stearat.

7. Purifikasi Asam Oleat

Filtrat yang keluar dari dryer yang masih mengandung *solvent* akan dikeluarkan *solvent*-nya untuk digunakan kembali.

Setelah terpisah dari *solvent*-nya, masing-masing produk kemudian masuk ke dalam tangki penyimpanannya masing-masing.

8. Proses Penanganan Produk Samping

Produk samping yang terbentuk ialah gliserol. Dari proses reaksi hidrolisis tristearin dengan air, dihasilkan gliserol yang masih bercampur dengan air yang disebut dengan *sweet water*. Untuk meningkatkan nilai jual dari produk samping ini, maka perlu dilakukan proses pemekatan kandungan air yang bercampur dengan gliserol.

E. Basis Perancangan

Kebutuhan asam stearat di Indonesia pada tahun 2006 berdasarkan data Biro Pusat Statistik sebagaimana terlihat pada Gambar 1.1 mencapai 6.759.231 kg/tahun. Perkiraan *trend* kebutuhan asam stearat di Indonesia pada

tahun 2014 secara pendekatan linier mencapai 39.304 ton/tahun. Kapasitas pabrik asam stearat akan dirancang sebesar 20.000 ton per tahun.