

BAB II

PEMILIHAN DAN URAIAN 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 reaksi serta sistem pemisahan dan pemurnian.

A. Jenis-jenis Proses Pembuatan Margarin

Ada beberapa metoda yang digunakan untuk memodifikasi lemak dan minyak menjadi margarin yaitu:

1. Hidrogenasi

Hidrogenasi adalah suatu proses yang dilakukan dengan tujuan untuk memungkinkan mengubah minyak nabati menjadi bentuk lemak yang biasa digunakan banyak orang dengan rasa yang lebih stabil dan harga yang lebih murah.

Proses hidrogenasi dilakukan untuk dua alasan yaitu untuk merubah minyak atau lemak ke bentuk fisik yang lebih mudah penanganannya, dan untuk meningkatkan kestabilan oksidatif. Kestabilan rasa dibutuhkan untuk menjaga produk lebih tahan lama setelah pemrosesan dan pengepakan.

Hidrogenasi katalitik pada fasa cair adalah salah satu reaksi yang paling penting dan kompleks dalam memproses lemak dan minyak pangan.

Hidrogenasi lemak adalah penjenuhan sederhana ikatan rangkap pada lemak tak jenuh dengan hidrogen, menggunakan katalis nikel.

Hidrogenasi hanya dapat terjadi jika ketiga reaktan berada dalam satu tempat bersama, yaitu lemak tak jenuh, gas hidrogen, dan katalis. Gas hidrogen harus larut ke dalam minyak cair sebelum dapat berdifusi melalui cairan itu menuju permukaan katalis padat. Masing-masing Trigliserida asam lemak tak jenuh yang terserap dapat bereaksi dengan atom hidrogen untuk menjenuhkan ikatan rangkap. Adapun variabel operasi yang mempengaruhi produk hidrogenasi adalah sebagai berikut:

a. Temperatur

Seperti kebanyakan reaksi kimia lainnya, reaksi hidrogenasi akan berlangsung lebih cepat jika temperatur semakin meningkat.

Temperatur maksimum untuk proses hidrogenasi berkisar antara 450-500°F

b. Kecepatan pengadukan

Fungsi pengadukan adalah untuk mensuplai hidrogen terlarut ke permukaan katalis. Namun reaksi harus diaduk untuk pendistribusian panas dan suspensi katalis ke seluruh minyak agar terjadi keseragaman reaksi.

c. Tekanan hidrogen di dalam reaktor

Proses hidrogenasi biasanya berlangsung pada tekanan yang sama

dengan tekanan hidrogen yang berkisar antara 0,7- 9 bar. Pada tekanan yang rendah, gas hidrogen yang larut dalam minyak tidak dapat menutupi permukaan katalis, namun pada tekanan yang tinggi hidrogen dapat menjenuhkan ikatan rangkap.

d. Jumlah katalis

Reaksi hidrogenasi akan bertambah cepat seiring bertambahnya jumlah katalis sampai pada titik tertentu. Peningkatan tersebut terjadi karena bertambahnya permukaan aktif katalis.

e. Tipe katalis

Katalis yang biasanya digunakan untuk reaksi hidrogenasi adalah nikel. Aktifitas katalis tergantung pada banyaknya sisi aktif yang tersedia untuk berlangsungnya proses hidrogenasi.

f. Kemurnian gas hidrogen

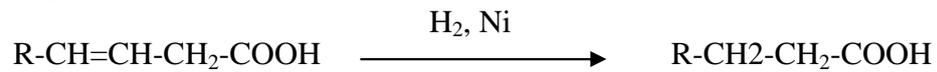
g. Kualitas bahan baku

(O'Brien, 2009)

Secara kimia, tahap-tahap hidrogenasi adalah sebagai berikut:

- a. Ikatan rangkap terabsorpsi (melalui interaksi) ke permukaan dari katalis logam
- b. Sebuah atom hidrogen ditransfer dari permukaan katalis logam ke salah satu atom karbon di dalam ikatan rangkap, dan atom karbon yang lain berikatan dengan permukaan atom logam.
- c. Atom hidrogen kedua ditransfer dari permukaan katalis logam ke atom karbon tersebut. (Nienaber, 1996)

Adapun reaksinya sebagai berikut :



(Ketaren, 1986)

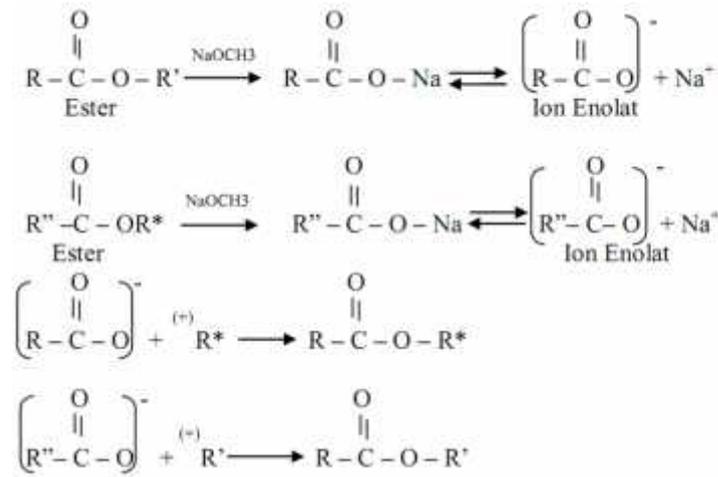
2. Interesterifikasi

Interesterifikasi adalah suatu reaksi dimana ester trigliserida atau ester Trigliserida asam lemak diubah menjadi ester lain melalui reaksi dengan suatu alkohol (alkoholisis), asam lemak (asidolisis), dan transesterifikasi. Interesterifikasi meliputi penataan ulang atau randomisasi residu asil dalam triasilgliserol dan selanjutnya menghasilkan lemak atau minyak dengan sifat-sifat baru.

Pada trigliserida, interesterifikasi dapat dilakukan dengan dua proses yaitu pertukaran intermolekuler dan intramolekuler. Interesterifikasi dapat terjadi dengan adanya katalis kimia (interesterifikasi kimia) atau dengan adanya biokatalis enzim (interesterifikasi enzimatik).

Interesterifikasi kimia menghasilkan suatu randomisasi gugus asil dalam trigliserida. Interesterifikasi dapat terjadi tanpa menggunakan katalis, namun membutuhkan temperatur yang sangat tinggi, pencapaian kesetimbangan lamban, trigliserida akan mengalami dekomposisi dan polimerisasi serta banyak menghasilkan asam lemak bebas. Suhu yang dibutuhkan terjadinya interesterifikasi tanpa katalis mencapai 300°C bahkan lebih tinggi. Untuk itu digunakan katalis yang dapat

mempercepat reaksi dan merendahkan temperatur. Ada beberapa katalis yang dapat digunakan dalam reaksi interesterifikasi. Interesterifikasi kimia terutama diaplikasikan dalam memproduksi margarin dan spread tanpa proses hidrogenasi untuk menghindari terbentuknya trans asam lemak. Adapun reaksi interesterifikasi kimia adalah sebagai berikut:



Sedangkan interesterifikasi enzimatik sering menggunakan enzim lipase untuk mengkatalisisnya. Enzim yang terutama dihasilkan dari bakteri, khamir, dan fungi ini mengkatalisis hidrolisa triasilgliserol, diasilgliserol, dan asam lemak bebas. Sifat dari enzim dapat efektif jika prosedur dan kondisi reaksi benar terjaga. Keuntungan lipase dibandingkan katalis kimia, yaitu enzim dapat terurai didalam sehingga tidak merusak lingkungan, enzim berfungsi pada kondisi reaksi yang rendah. Namun reaksinya sulit dikontrol dan biayanya tinggi. (Barus, 2008)

B. Pemilihan Proses Pembuatan Margarin

Pada umumnya pembuatan margarin dapat dilakukan melalui 2 proses, yaitu hidrogenasi dan interesterifikasi. Namun, dengan adanya beberapa pertimbangan pembuatan margarin dengan proses hidrogenasi yang dipilih.

Perbandingan setiap proses pada pembuatan margarin adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Perbandingan Proses Pembuatan Margarin

Faktor Pembeding	Jenis Proses	
	Interesterifikasi	Hidrogenasi
Tekanan	0-0,6668 kPa ⁽³⁾	6 atm ⁽²⁾
Temperatur	250°C ⁽³⁾	175°C ⁽²⁾⁽⁶⁾
Konversi	10-25% ⁽³⁾	30-70% ⁽²⁾
H _R	703.890 KJ/Kmol	-420.400 KJ/Kmol
G	-216.590 KJ/Kmol	-266.300 KJ/Kmol
Waktu reaksi	2 - 6 jam ⁽³⁾	2 jam ⁽²⁾
Keuntungan	Nilai ketidakjenuhan atau kejenuhan minyak yang di proses tidak mengalami perubahan. ⁽¹⁾	<p>a. Minyak lebih stabil terhadap proses oksidasi, sehingga tahan disimpan dalam waktu yang lebih lama.⁽⁵⁾</p> <p>b. Minyak yang dihasilkan berbentuk padat, sehingga memudahkan proses pembuatan margarin, pembungkusan dan transportasi.⁽⁵⁾</p> <p>c. Katalis Ni yang digunakan harganya murah dan mudah dipisahkan dari produk.⁽⁴⁾</p>
kekurangan	<p>a. interesterifikasi dilakukan dengan pencampuran bahan dari proses lain seperti fraksinasi dan hidrogenasi, yang bertujuan untuk meningkatkan sifat fisika dan kimia minyak.</p> <p>b. Proses harus dijaga sangat anhydrous karena katalis NaOCH₃ yang digunakan, agar Na tidak bereaksi dengan air (eksplosif).⁽³⁾</p>	Rasa dan bau spesifik minyak akan hilang dan nilai gizi akan turun. ⁽⁵⁾

Sumber : (1) Gunstone, 2005; (2) Othmer,1969; (3) Akoh, 2008; (4) Lee, 2006; (5) Sumardjo, 2006; (6) Perry,1999; hal 23-47

Selain itu pemilihan proses juga didasarkan pada perhitungan keuntungan yang akan diperoleh, berikut adalah perbandingan keuntungan antara kedua proses tersebut.

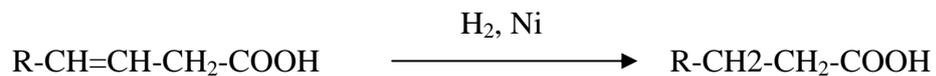
- Proses Hidrogenasi

Kapasitas Produksi = 40.000 ton

BM Margarin = BM *margaric acid* = 270, 44 ton/ ton mol

Kapasitas Produksi (mol) = $\frac{40.000 \text{ ton}}{270,44 \text{ ton/mol}} = 147,9071 \text{ ton mol}$

Reaksi yang terjadi saat proses hidrogenasi adalah



(Ketaren, 1986)

Dengan Basis 100 kmol

Tabel 2.2.Komposisi CPO

Komponen	Kandungan(%)	kmol	BM	Kg
Trigliserida asam Palmitat	41	41	256	10.496
Trigliserida asam Miristat	1,169	1,169	228	266,532
Trigliserida asam Stearat	3,6	3,6	284	1.022,4
Trigliserida asam Linoleat	8	8	280	2.240
Trigliserida asam Oleat	41	41	282	11.562
Total				25.586,932

Tabel 2.3.Komposisi Produk Margarin

Komponen	Kandungan(%)	kmol	BM	Kg
Trigliserida asam Palmitat	43,6	43,6	256	11.161,6
Trigliserida asam Miristat	1	1	228	228
Trigliserida asam Stearat	19	19	284	5.396
Trigliserida asam Linoleat	0	0	280	0
Trigliserida asam Oleat	35,8	35,8	282	10.095,6
Total				26.653,2

Dengan 25.586,932 kg CPO diperoleh 26.653,2 kg margarin, maka untuk memproduksi 40.000 ton margarin diperlukan 38.399.789,89 kg CPO.

H₂ yang dibutuhkan (kmol) = Trigliserida linoleat dan oleat bereaksi (kmol)
 = 13,2 kmol

Massa H₂ yang dibutuhkan = 26,4 kg untuk 26.653,2 kg margarin, maka untuk 40.000 ton margarin diperlukan 39.620,0081 kg

Harga CPO = 38.399.789,89 kg x US\$ 1,2
 = US\$ 46.079.747,87

Harga H₂ = 39.620,0081 kg x US \$ 3,5
 = US\$ 138.670,0284

Harga total bahan baku = US\$ 46.218.417,9

Harga Margarin = 40.000.000 kg x US\$ 2,1
 = US\$ 84.000.000

Keuntungan = US\$ 37.781.582,1

- Proses Interesterifikasi

Dengan asumsi banyaknya minyak yang diperlukan untuk menghasilkan margarin sama, maka kebutuhan minyak :

Minyak jagung = 19.199.894,95 kg

Minyak CPO = 19.199.894,95 kg

Harga minyak jagung = 19.199.894,95 kg x US\$ 1,8418
 = US\$ 35.362.366,51

Harga CPO = 19.199.894,95 kg x US\$1,2

	= US\$ 23.039.873,94
Harga Total Bahan Baku	= US\$ 58.402.240,45
Keuntungan	=US\$ 25.597.759,55

Berdasarkan uraian di atas maka dalam pra-prancangan pabrik pembuatan margarin dari CPO digunakan metoda hidrogenasi untuk memodifikasi CPO. Alasan pemilihan metoda hidrogenasi adalah sebagai berikut :

- a. CPO yang dihasilkan dari proses hidrogenasi lebih stabil, sehingga tahan disimpan dalam waktu yang lebih lama.
- b. Minyak yang dihasilkan dari proses hidrogenasi berbentuk padat, sehingga memudahkan pemrosesan, pengepakan, dan transportasi
- c. Katalis nikel yang digunakan pada proses hidrogenasi dapat diperoleh dengan harga murah, dan mudah penanganannya (mudah dipisahkan dari produknya dan dapat di gunakan kembali). Lain halnya dengan katalis NaOCH_3 yang digunakan pada proses transesterifikasi yang bersifat eksplosif jika terkena air.
- d. Konversi pada proses hidrogenasi lebih tinggi.
- e. Proses lebih ekonomis, hingga keuntungan yang dihasilkan lebih besar.

C. Uraian Proses Pembuatan Margarin

1. Pemurnian Minyak Kelapa Sawit (CPO)

- a. Proses Bleaching (AD-101 dan AD-102)

CPO dari storage tank (ST-101) dipanaskan dalam *pre-heater* (HE-101) pada suhu 60°C untuk mempermudah proses *bleaching*. Tujuan dari

proses *bleaching* adalah untuk menghilangkan zat-zat warna yang tidak disukai dalam minyak serta kandungan pengotor seperti karoten, tokoferol, Fe (III) dan Cu (II) dengan cara melewatkan minyak pada bed di dalam vessel yang berisi adsorben arang aktif (*activated carbon*). Sistem Adsorpsi pada *bleaching* ini juga menggunakan sistem *lead and leg* (bergantian). Diharapkan impurities-impurities pada minyak kelapa sawit seperti zat-zat warna serta logam-logam yang terkandung didalamnya bisa teradsorpsi dengan menggunakan arang aktif.

b. Proses Pemisahan asam Lemak Bebas dari CPO (FD-101)

Proses ini merupakan proses pemurnian minyak yang bertujuan untuk menghilangkan bau dan rasa yang tidak enak dalam minyak. Minyak yang telah *dibleaching* kemudian dimasukkan ke dalam Heater (HE-102) untuk dipanaskan hingga suhu 225°C pada tekanan 1 atm (*gauge*) untuk mengangkut senyawa-senyawa yang dapat menguap. Setelah itu masuk ke dalam tangki Flash Drum (FD-101) untuk dipisahkan Trigliserida asam lemak bebasnya dengan minyak lalu didinginkan dengan cara mengalirkan minyak ke alat *pre heater* (HE-101) yang digunakan panasnya untuk memanaskan minyak di awal proses sehingga suhu sebelum masuk reaktor menjadi $209,1337^{\circ}\text{C}$.

2. Reaksi Hidrogenasi dan Emulsifikasi

a. Proses Reaksi Hidrogenasi (RE-201 dan RE-202)

CPO yang diperoleh dari keluaran FD-101 diumpankan langsung ke

Reaktor Hidrogenasi yang disusun seri dengan tekanan operasi 6 atm dan temperatur operasi 180°C (RE-201) dan 175°C (RE-202) dengan dialirkan melalui pompa ke bagian atas reaktor. Gas hidrogen yang dihasilkan dari plant hidrogen pada suhu 180°C dan tekanan 8 atm dialirkan melalui sistem perpipaan ke plant margarin lalu dimasukkan ke dalam Reaktor Hidrogenasi (RE-201) melalui *sparger* pada bagian bawah reaktor. Di reaktor terjadi reaksi pemutusan ikatan rangkap yang bertujuan untuk mengurangi ketidakjenuhan CPO sehingga CPO yang dihasilkan lebih stabil terhadap oksidasi dan tahan untuk diproses lebih lanjut (Ketaren, 1986). Reaksi berlangsung pada suhu 180°C dan tekanan 6 atm (Othmer, Vol 10). Adapun reaksinya sebagai berikut :

Trigliserida asam Linoleat → Trigliserida asam Oleat → Trigliserida asam Stearat

Dengan konversi 100% untuk linoleat dan 41% untuk oleat.

Hasil hidrogenasi merupakan CPO yang telah dimodifikasi dengan proses hidrogenasi dalam fasa cair dengan temperatur 180 °C dan tekanan 6 atm, kemudian dialirkan ke FD-201 yang bertekanan 5 atm untuk dipisahkan antara gas hidrogen sisa dengan minyak yang terhidrogenasi, lalu minyak tersebut dialirkan ke dalam *Cooler* (CO-301) untuk didinginkan suhunya hingga 48 °C.

b. Proses Emulsifikasi (ET-301)

Proses emulsifikasi bertujuan untuk mengemulsikan minyak dengan cara penambahan emulsifier fase cair dan fase minyak pada suhu 80°C dengan tekanan 5 atm (Shahidi, Vol 4, 2005; hal 63). Pada ET-301 minyak

ditambahkan larutan pengemulsifikasi dari Solution Tank (SO-301) yang terdiri dari vitamin A, Palmitat- karoten, flavor (diasetil), dan skim milk untuk menambah gizi dan memberi rasa, lechitin dan garam untuk memberi rasa asin, dan natrium benzoat sebagai pengawet.

3. Solidifikasi dan Packing

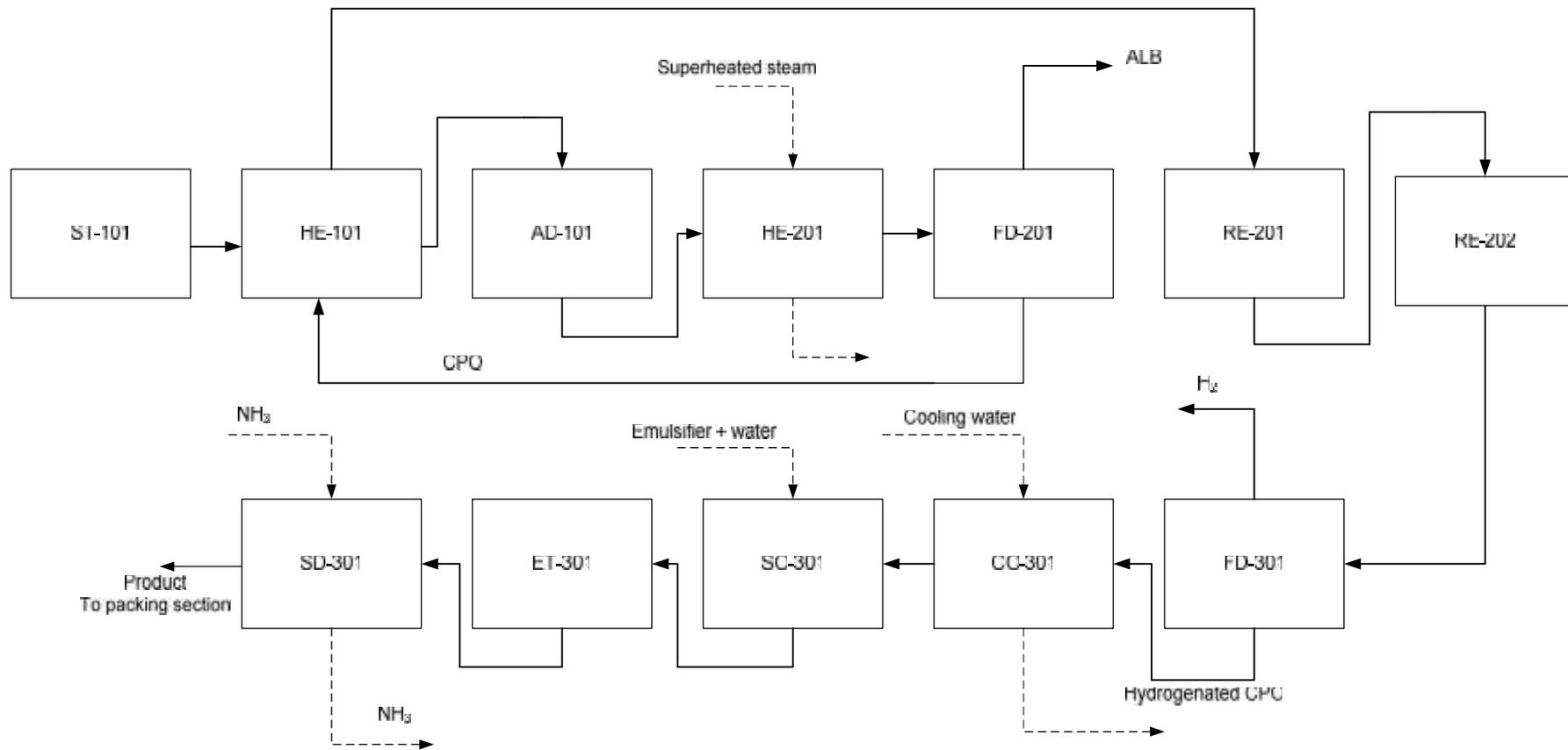
a. Proses Solidifikasi (SD-301)

Dalam tahap ini terjadi perubahan fasa minyak dari cair menjadi semi padat, dimana minyak yang telah diemulsifikasi dengan suhu 80°C diturunkan suhunya menjadi 20°C. Pendinginan mendadak tersebut mengakibatkan terbentuknya semi padatan plastis dan inti *margarine* halus. Solidator yang digunakan dalam proses solidifikasi ini menggunakan NH₃ sebagai media pendingin.

b. Proses Packing (WH-401)

Margarin yang dihasilkan dari proses solidifikasi siap untuk di kemas di dalam kemasan kantong plastik. Setelah dilakukan pengemasan kemudian produk margarin di simpan ke dalam gudang produk *margarine* (WH-401).

Adapun diagram alir proses produksi margarin adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1. Blok Diagram Proses Pembuatan Margarin