



## BAB II

### SELEKSI DAN URAIAN PROSES

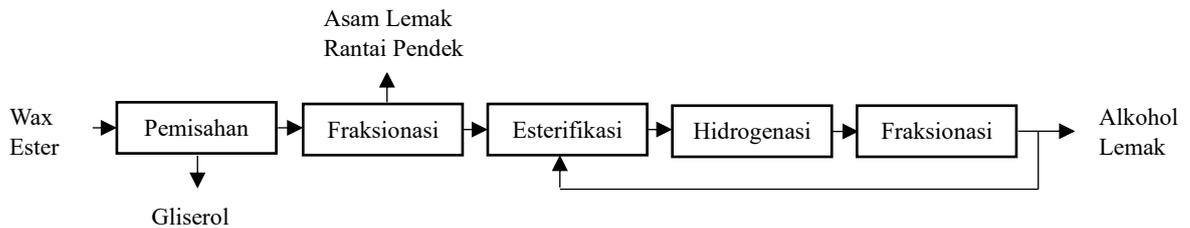
#### II.1 Macam – macam Proses

Produksi *fatty alcohol* alami secara komersial dimulai sekitar tahun 1930-an, dan dengan adanya perkembangan teknologi yang berkelanjutan, proses ini secara signifikan meningkat terutama dalam sudut pandang ekonomi. Semua jenis proses produksi *fatty alcohol* alami yang secara komersial digunakan, dimulai dengan bahan baku berupa trigliserida lemak seiring dengan terjadinya peningkatan selektivitas, katalis, pengurangan konsumsi energi, dan efisiensi optimal dengan tenaga kerja minimum. Bahan baku utama untuk kisaran C12-C14 adalah minyak kelapa dan minyak inti sawit (PKO), untuk alkohol C16-C18 digunakan lemak hewani dan minyak sawit (Gervajio et al., 2020) Berikut beberapa jalur dalam memproduksi *fatty alcohol* :

##### 1. Hidrolisis Ester Organik

Pertama kali alkohol lemak diperoleh dari hidrolisis lilin ester yang berasal dari binatang, terutama *spermaceti* yang berasal dari sperma ikan paus. Karena di dunia ikan paus sangat susah didapat dan adanya larangan di seluruh dunia atas ikan paus yang diburu, maka sumber ini tidak lagi digunakan.

Cara pemisahan lilin *spermaceti* yaitu dengan memanaskannya menggunakan NaOH pekat yang suhunya diatas 300°C, kemudian alkohol yang didapat akan didistilasi dari sabun sodium. Dari distilasi yang digunakan maka terdapat hasil sulingan (distilat) yang mengandung alkohol tak jenuh (C<sub>16</sub>-C<sub>20</sub>). Untuk mencegah terjadinya *auto*-oksidasi yaitu dengan cara distilat dikeraskan dengan hidrogenasi katalitik. Dan alkohol yang diperoleh dari proses tersebut yaitu minyak sperma yang mengandung 70% wax ester, yang mencapai yield 35%, kemudian hasil yang didapat dipisahkan dalam distilasi vakum dari sabun dan air yang terbentuk. Produk utama yang didapatkan yaitu: *cetyl*, *oceyl*, dan *alcohol arachidyl* (Tupec et al., 2017). Diagram alir proses hidrolisis lilin ester dapat dilihat pada Gambar 2.1



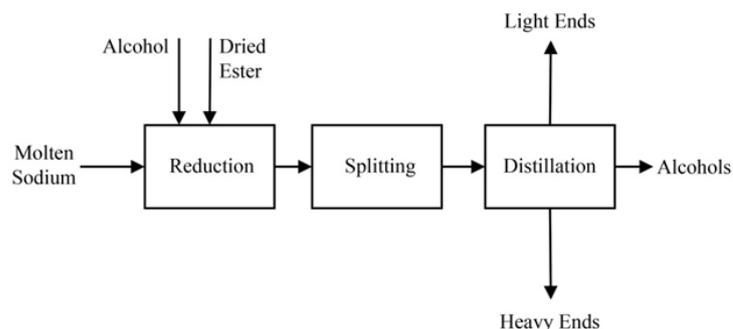
Gambar 2. 1 Diagram Alir Proses Hidrolisis Lilin Ester

## 2. Proses Reduksi Sodium

Pada tahun 1909, Beauvault dan Blanc menemukan proses reduksi sodium untuk memproduksi alkohol lemak dari kelapa ester. Pabrik alkohol lemak yang dibentuk pada tahun 1930an menggunakan proses ini. Sedangkan proses dasarnya relative sederhana, sebenarnya operasi pabrik banyak menangani produk dan reaktan yang kompleks.

Larutan sodium didispersikan dalam pelarut inert lalu ditambahkan ester kering dan alcohol dengan hati-hati. Saat reaksinya komplit, oksidanya dipecahdengan pengadukan dalam air, kemudian alkoholnya dicuci dan didistilasi (Wu et al., 2017).

Penambahan Alkohol R' (sebaiknya alkohol sekunder), bertindak sebagai donor hidrogen. Karena adanya reaksi samping, pemakaian sodium bias jadi di atas 20 % dari kebutuhan stoikiometri. Reduksi berjalan selektif tanpa pembuatan hidrokarbon dari isomerisasi atau hidrogenasi ikatan rangkap. Untuk diagram alir proses dapat dilihat pada Gambar 2.2

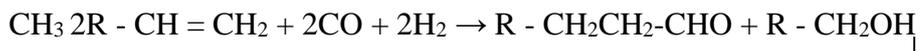


Gambar 2. 2 Diagram Alir Proses Reduksi Sodium



### 3. Proses oxo menggunakan hidrogenasi *olefin*

Proses oxo ini terdiri dari reaksi antara *olefin* dengan campuran gas H<sub>2</sub>- CO dan juga katalis yang cocok. Reaksi oxo (*hidroformilasi*) ini ditemukan oleh O. Roelen pada tahun 1938. Reaksi dibawah ini yaitu reaksi oxo :



Yield *a-olefin* diperkirakan sama dengan jumlah aldehyd rantai lurus dan bercabangnya. Proses oxo dapat dilakukan dengan tiga cara sebagai berikut :

- Proses klasik dengan menggunakan katalis HCO(CO)<sub>4</sub>
- Proses *shell* berdasarkan kompleks *kobalt karbonil-phosphine*
- Proses menggunakan katalis *rhodium*

### 4. Hidrogenasi langsung dari lemak dan minyak

Lemak dan minyak alami adalah bahan baku untuk hidrogenasi asam lemak dan ester menjadi alkohol alami. Proses hidrogenasi biasanya menggunakan katalis seperti tembaga kromit, nikel atau tembaga karbonat, atau tembaga dan kromium oksida. Kondisi operasi umum adalah 200-300 tekanan atmosfer dan 200-300°C. Reaksi keseluruhan dari proses ini cukup sederhana, meskipun reaktan murni diperlukan untuk hasil yang baik. Hasil alkohol murni dari kedua proses sekitar 90-95%, berdasarkan trigliserida awal. Hidrogenasi katalitik lebih disukai secara komersial daripada reduksi natrium karena menghasilkan alkohol yang lebih jenuh, dan biaya operasi yang lebih rendah (Mansir et al., 2018)

Pada proses hidrogenasi, *fatty alcohol* dapat dibentuk dari minyak alami langsung namun melalui satu tahap tambahan dibandingkan dengan hidrogenasi ester. Prosestersebut dapat terjadi secara simultan dalam satu reaktor yang disebut *direct hydrogenation*. Proses tersebut kemudian dipatenkan oleh Henkel. Reaktor yang digunakan adalah reaktor bertekanan tinggi yang berguna sebagai pemanas awal bagi material – umpan asam lemak dan katalis slurry; dan gas hidrogen yang diumpankan secara terus menerus. Proses ini berlangsung pada kondisi P =30.000 KPa dan T = 280<sup>0</sup>C (Lee et al., 2020). Ada dua macam pembentukan hidrogenasi dengan tekanan tinggi, yaitu:

*a. Suspension Process*

Suspension process menggunakan katalis slurry dari sejumlah metil oleat dan diumpankan bersama dengan sisa ester ke dalam reaktor. Memiliki kondisi operasi proses pada tekanan 25.000-30.000 KPa dengan temperatur 250-300°C. Reaksi yang terjadi menggunakan reaksi eksotermis yang pada prosesnya memerlukan kontrol temperatur yang dapat mencegah terjadinya pembentukan hidrokarbon yang tidak diinginkan. Campuran didinginkan pada kolom dan gas hidrogen dipisahkan dari alkohol (metanol). Gas hidrogen di recycle dan metanol dialirkan pada unit metanol stripping dengan tekanan yang relatif rendah. Metanol di recycle ke proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan menyaring alkohol lemak kasar dan dipisahkan menggunakan katalis CuCr (Gunawan, 2020).

*b. Fixed Bed Process*

Pada metode fixed bed process, hal yang membedakannya dengan suspension process adalah katalisnya disesuaikan dengan reaktor yang digunakan. Reaksi ini dilakukan pada fase uap dimana sebagian umpan organik diuapkan dengan gas hidrogen (2 mol) melalui suatu alat peak heater sebelum dialirkan ke fixed katalis bed. Reaksi yang terjadi:



Metil Ester    Hidrogen            Alkohol lemak    Metanol

Reaksi ini dilakukan pada fase uap dimana sebagian umpan organik diuapkan dengan gas hidrogen (20 – 25 mol) melalui suatu alat *peak heater* sebelum dialirkan ke *fixed* katalis bed. Proses hidrogenasi dengan metode ini dilakukan pada kondisi 20.000-30.000 Kpa dan temperatur 200-250 0C. Kemudian campuran didinginkan dan dipisahkan menjadi fasa gas dan fasa cair. Pada fasa gas sebagian besar merupakan gas hidrogen dan di *recycle*. Fasa cairan diekspansi pada flash tank untuk menghilangkan metanol dari alkohol lemak. (Rionaldo, 2021). Hasil alkohol murni dari kedua proses sekitar 90-95%, berdasarkan trigliserida awal. Hidrogenasi katalitik lebih disukai secara komersial daripada reduksi natrium karena



menghasilkan alkohol yang lebih jenuh, dan biaya operasi yang lebih rendah (Mansir et al., 2018).

## II.2 Seleksi Proses

Berikut ini adalah macam proses pembuatan *fatty alcohol*:

Tabel II. 1 Perbandingan Proses pembuatan *fatty alcohol*

Proses	Bahan Baku	Kondisi Proses	Produk Samping	Proses Pendukung	Konversi
Hidrolisis dari lilin ester	Wax Ester	P = 1 bar T = 300°C	Sabun	Pemisahan alkohol lemak dari sabun dan air	35 %
Reduksi Sodium	Larutan sodium	P = 1 bar T = 120-200 °C	Kaustik soda	Pencampuran larutan sodium, ester kering dan alcohol	85 %
Proses Oxo	Olefin	P = 5.000-10.000 kPa T = 170-210°C	Propanol	Distilasi	20-60%
Proses Suspensi	Metil ester	P = 20.000-30.000 kPa T = 250 - 300 °C	Metanol	Kondensasi uap alkohol dari hasil reaksi, separasi fase gas dari alkohol cair, sentrifugasi katalis dari alkohol lemak,	85 %



				pemurnian alkohol lemak	
Proses Hidrogenasi	Metil ester	P = 20.000- 30.000 kPa T = 170 - 210 °C	Metanol	Pembentukan Metil Ester, separasi fase gas dari alkohol cair	95%

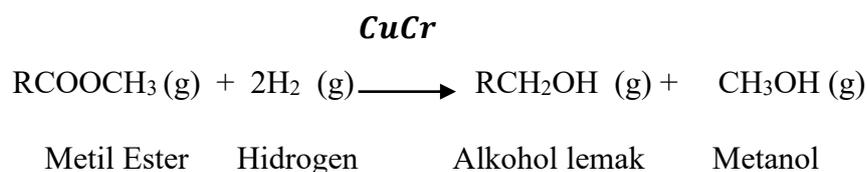
Berdasarkan perbandingan pada tabel II.1 maka dipilih proses hidrogenasi karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya :

1. Bahan baku mudah diperoleh.
2. Konversi produk yang dihasilkan tinggi.

### II.3 Uraian Proses

#### A. Tahap Hidrogenasi

Pada pembuatan *fatty alcohol* dengan proses hidrogenasi baku yang digunakan meliputi metil ester, H<sub>2</sub> dan katalis CuCr. Metil ester diumpakan ke vaporizer (V-220) untuk diubah fasenya menjadi gas sebelum masuk ke reactor Hidrogenasi (R-230). Setelah metil ester berubah menjadi fasa gas, kemudian akan dinaikkan tekanannya dari 1 atm menjadi 5 atm. Sementara itu, gas hidrogen dialirkan dari tangki penyimpanan untuk dinaikkan suhunya dengan heater 1 (E-112) menjadi 300 °C dan tekanannya yang semula 1 atm menjadi 5 atm dengan *pressure reducing valving* (G-111). Pada tahap reaksi yang terjadi di *fixed bed reactor* (R-220) gas hidrogen dan metil ester diumpakan masuk *fixed bed reactor* (R-310) dengan kondisi operasi suhu 300 °C dan bertekanan 5 atm. Pada *fixed bed reactor* terjadi reaksi sebagai berikut :





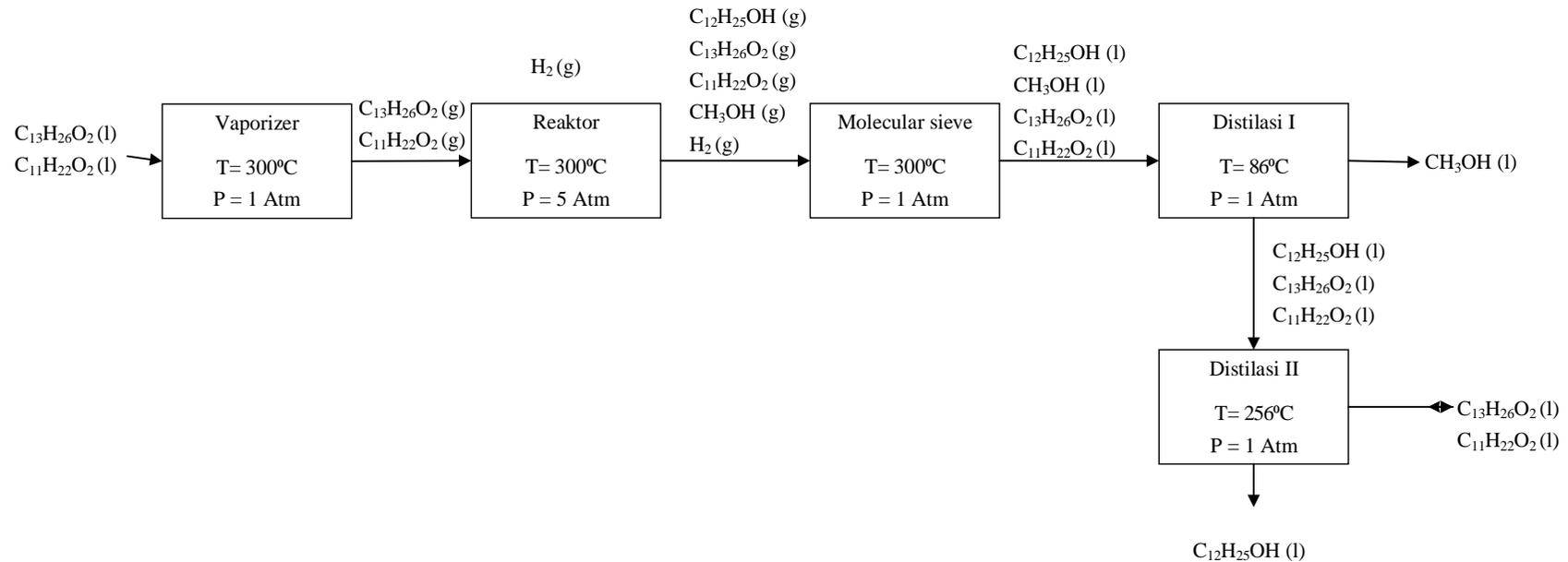
Produk keluaran reactor yang masih berupa gas akan diturunkan tekanannya menggunakan *pressure reducing valving* (K-221) dari 5 atm menjadi 1 atm dan lalu gas hydrogen diserap oleh molecular sieve (H-330) produk akan dialirkan menuju kondensor (E-331) untuk diubah fasanya menjadi cair hingga suhunya 50 °C.

### **B. Tahap Pemurniaan**

Produk keluaran kondensor (E-331) diumpankan ke dalam distilasi I (H-320) dengan kondisi operasi besuhu 86°C dan bertekanan 1 atm untuk memisahkan methanol. Produk bawah yang berupa dengan komponen campuran *fatty alcohol*, methanol, dan sedikit metil ester. Kemudian methanol cair akan masuk ke tangki penyimpanan methanol (F-335). Sedangkan produk bawah dialirkan menuju menara distilasi II (D-330) untuk memisahkan *fatty alcohol* dengan campuran metil lauric . Produk *fatty alcohol* akan menjadi *bottom* produk yang akan dialirkan masuk ke tangki penyimpanan *fatty alcohol* (F-420) .



## II.4 Flowsheet Dasar



Gambar 2. 3 Flowsheet Dasar Pembuatan Fatty Alcohol