

SKRIPSI

**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN
FATTY ALCOHOL KAPASITAS
60.000 TON/TAHUN**

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Kimia
pada
Universitas Sriwijaya



Intan Ramdyasari
NIM 03031481619001
A Slamet Riyadi
NIM 03031481619007

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN
FATTY ALCOHOL KAPASITAS
60.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

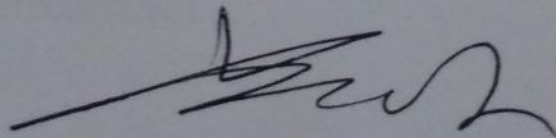
Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
Memperoleh gelar sarjana

Oleh:

Intan Ramdyasari
03031481619001
A Slamet Riyadi
03031481619007

Palembang, Juli 2018

Pembimbing,



Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA
NIP.195610241981032001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
NIP.195810031986031003

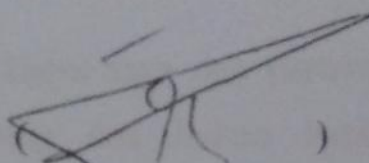
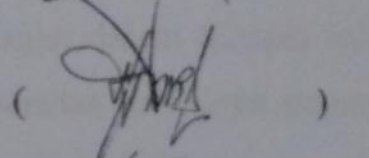
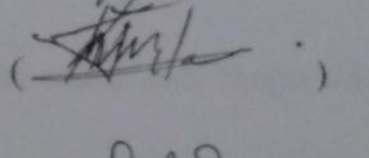
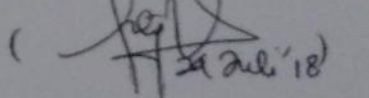
HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rencana Pabrik Pembuatan Fatty Alcohol Kapasitas 60.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan oleh **Intan Ramdyasari** dan **A Slamet Riyadi** di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 12 Juli 2018.

Palembang, 12 Juli 2018

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
NIP. 195810031986031003
2. Dr. Ir. Hj. Susila Arita R, DEA
NIP. 196010111985032002
3. Dr. Ir. Hj. Tri Kurnia Dewi, M.Sc
NIP. 195207031983032001
4. Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T
NIP. 197502012000122001

()
()
()
()

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
NIP. 195810031986031003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Intan Ramdyasari
NIM : 03031481619001
Judul Tugas Akhir : Pra rencana Pabrik Pembuatan Fatty Alcohol
Kapasitas 60.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Jurusan Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **A Slamet Riyadi** didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2018



Intan Ramdyasari

NIM. 03031481619001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : A Slamet Riyadi
NIM : 03031481619007
Judul Tugas Akhir : Pra rencana Pabrik Pembuatan FattyAlcohol
Kapasitas 60.000 Ton/Tahun.
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Jurusan Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Intan Ramdyasari** didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2018



A Slamet Riyadi

NIM. 03031481619007

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya Tugas Akhir yang berjudul "Pra Rencana Pabrik Pembuatan Fatty Alcohol Kapasitas 60.000 Ton/Tahun" dapat terselesaikan. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu persyaratan dalam mengikuti ujian Sarjana Strata-1 di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Terima kasih kepada IbuProf. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir serta Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, bantuan, saran-saran, dan motivasi.

Palembang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAAN	iii
PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
KATA PENGANTAR	vi
RINGKASAN	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Deskripsi Produk	2
1.3. Proses Pembuatan <i>Fatty Alcohol</i>	3
1.3.1.Hidrolisis dari Lilin Ester	3
1.3.2.Proses Reaksi Sodium.	3
1.3.3.Proses Ziegler Menggunakan Etilen	4
1.3.4.Proses Oxo Menggunakan Olefin	5
1.3.5.Hidrogenasi Langsung dari Minyak dan Lemak.....	6
1.3.6.Hidrogenasi Katalitik dari Asam Lemak dan Metil Ester	7
1.3.7.Proses Hidrogenasi dengan Tekanan Tinggi	8
1.4.Sifat Fisika dan Sifat Kimia	10
1.4.1. Bahan Baku.....	10
1.4.2. Produk	11
1.4.3. Katalis	11
BAB 2 PERENCANAAN PABRIK	13
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	13
2.2. Pemilihan Kapasitas Produksi	13

2.3. Pemilihan Bahan Baku	15
2.4. Pemilihan Proses.....	15
2.5. Uraian Proses	16
BAB 3 LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	19
3.1. Lokasi Pabrik	19
3.2. Tata Letak Peralatan	21
3.3. Tata Letak Pabrik	22
3.4. Luas Area	23
BAB 4 NERACA MASSA DAN NERACA PANAS.....	24
4.1. Neraca Massa.....	24
4.2. Neraca Panas.....	28
BAB 5 UTILITAS	32
5.1. Unit Pengadaan <i>Steam</i>	30
5.2. Unit Pengadaan Air	32
5.2.1. Air Pendingin.....	32
5.2.2. Air Umpan Boiler	34
5.2.3. Air Proses	34
5.2.4. Air Domestik	35
5.2.5. Total Air yang disuplai Unit Utilitas	35
5.3. Unit Penyediaan Tenaga Listrik	35
5.3.1. Peralatan.....	35
5.3.2. Penerangan Pabrik	37
5.3.3. Total Kebutuhan Listrik	38
5.4. Unit Penyediaan Tenaga Listrik	39
5.5. Unit Penyediaan Bahan Bakar	39
BAB 6 SPESIFIKASI PERALATAN.....	42
BAB 7 ORGANISASI PERUSAHAAN.....	63
7.1. Bentuk dan Sistem Organisasi	63
7.2. Manajemen Perusahaan	63
7.3. Sistem Kerja	64

7.4. Penentuan Jumlah Pekerja	64
7.4.1. <i>Direct Operating Labor</i>	64
7.4.2. <i>Indirect Operating Labor</i>	67
BAB 8 ANALISA EKONOMI	71
8.1. Keuntungan (Profitabilitas)	71
8.1.1. Produk Utama	72
8.1.2. Produk Samping	72
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal.....	72
8.2.1. Lama Pengembalian Modal TCI (<i>Total Capital Investment</i>)	73
8.2.2. <i>Pay Out Time</i> (POT).....	74
8.3. Total Modal Akhir	74
8.3.1. <i>Net Profit Over Total Life of The Project</i> (NPOTLP).....	74
8.3.2. <i>Total Capital Sink</i> (TCS)	76
8.4. Laju Pengembalian Modal.....	76
8.4.1. <i>Rate of Return on Investment</i> (ROR)	77
8.4.2. <i>Discounted Cash Flow Rate of Return</i> (DCF-ROR)	77
8.5. <i>Break Even Point</i> (BEP)	78
8.5.1. Penentuan BEP Secara Grafis	78
8.5.2. Penentuan BEP Secara Matematis.....	79
BAB 9 KESIMPULAN	81

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Perbandingan Proses Oxo	5
Tabel 2.1. Data Import <i>Fatty Alcohol</i> di Indonesia	14
Tabel 3.1. Rincian Luas Area	23
Tabel 5.1. Kebutuhan Penerangan	36
Tabel 5.2. Kategori dan Tipe Penerangan	36
Tabel 7.1. Pembagian jam kerja pekerja shift	64
Tabel 7.2. Rincian Jumlah Pekerja	67
Tabel 8.1. Angsuran Pembelian Modal TCI	73
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi	80

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Rute pembentukan alkohol lemak dari minyak dan lemak	6
Gambar 1.2. Hidrogenasi Tekanan Tinggi FAME Proses Suspensi	8
Gambar 1.3. Hidrogenasi Tekanan Tinggi FAME Proses Fixed Bed	9
Gambar 2.1. Kebutuhan Fatty Alcohol di Indonesia	14
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pabrik	21
Gambar 3.2. Tata Letak Peralatan	21
Gambar 3.3. Tata Letak Pabrik	22
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	70
Gambar 8.1. <i>Break Even Point</i> (BEP)	80

DAFTAR NOTASI

1) Heat Exchanger (Condensor, Heater , Reboiler)

A	: Area perpindahan panas, ft ²
a_o, a_p	: Area alir pada annulus, inner pipe, ft ²
a_s, a_t	: Area alir pada shell and tube, ft ²
a''	: <i>External surface per 1 in, ft²/in ft</i>
B	: <i>Baffle spacing, in</i>
C''	: <i>Clearence antar tube, in</i>
C_p	: <i>Spesific heat, Btu/lb°F</i>
D	: Diameter dalam tube, in
D_e	: Diameter ekuivalen, in
D_s	: Diameter shell, in
f	: Faktor friksi, ft ² /in ²
G_t, G_s	: Laju alir pada tube, shell, lb/h.ft ²
g	: Percepatan gravitasi
h	: Koefisien perpindahan panas, Btu/hr.ft ² .°F
h_i, h_o	: Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam, bagian luar tube
j_H	: Faktor perpindahan panas
k	: Konduktivitas termal, Btu/hr.ft ² .°F
L	: Panjang tube pipa, ft
$LMTD$: <i>Logaritmic Mean Temperature Difference, °F</i>
N	: Jumlah baffle
N_t	: Jumlah tube
P_T	: <i>Tube pitch, in</i>
ΔP_T	: <i>Return drop shell, psi</i>
ΔP_S	: Penurunan tekanan pada shell, psi
ΔP_t	: Penurunan tekanan pada tube, psi
ID	: <i>Inside diameter, ft</i>

OD	: Outside diameter, ft
Q	: Beban panas heat exchanger, Btu/hr
Rd	: Dirt factor, hr.ft ² .°F/Btu
Re	: Bilangan Reynold, dimensionless
s	: Specific gravity
T_1, T_2	: Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F
t_1, t_2	: Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F
Ta	: Temperatur rata-rata fluida panas, °F
ta	: Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
tf	: Temperatur film, °F
tw	: Temperatur pipa bagian luar, °F
Δt	: Beda temperatur yang sebenarnya, °F
U	: Koefisien perpindahan panas
U_c, U_D	: Clean overall coefficient, Design overall coefficient, Btu.hr.ft ² .°F
V	: Kecepatan alir, ft/s
W	: Kecepatan alir massa fluida panas, lb/hr
w	: Kecepatan alir massa fluida dingin, lb/hr
μ	: Viskositas, Cp

2) Kompresor

BHP	: Brake Horse Power, power yang dibutuhkan, HP
k	: Konstanta kompresi
n	: Jumlah stage
η	: Efisiensi kompresor
P_{in}	: Tekanan masuk, atm
P_{out}	: Tekanan keluar, atm
T_1	: Temperatur masuk kompresor, °C
T_2	: Temperatur keluar kompresor, °C
P_w	: Power kompresor, Hp

Q : Kapasitas kompresor
 R_c : Ratio kompresi, tidak berdimensi
 W : Laju alir massa, lb/jam
 P : Densitas, kg/m³

3) Pompa

A : Area alir pipa, in²
 BHP : *Brake Horse Power*, HP
 D_{opt} : Diameter optimum pipa, in
 f : Faktor friksi
 g : Percepatan gravitasi, ft/s²
 g_c : Konstanta percepatan gravitasi, ft/s²
 H_f : Total friksi, ft
 H_{fs} : Friksi pada dinding pipa, ft
 H_{fc} : Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft
 H_{fe} : Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft
 H_{ff} : Friksi karena fitting dan valve, ft
 H_d, H_s : *Head discharge, suction*, ft
 ID : *Inside diameter*, in
 OD : *Outside diameter*, in
 K_c, K_e : *Contaction, ekspansion contraction*, ft
 L : Panjang pipa, m
 L_e : Panjang ekuivalen pipa, m
 m_f, m_s : Kapasitas pompa, laju alir, lb/h
 MHP : *Motor Horse Power*, HP
 $NPSH$: *Net Positive Suction Head*, ft .lbf/ lb
 $Puap$: Tekanan uap, psi
 Q_f : Laju alir volumetrik, ft³/s
 Re : *Reynold Number, dimensionless*

V_s	: Suction velocity, ft/s
V_d	: Discharge velocity, ft/s
ΔP	: Differential pressure, psi
ε	: Equivalent roughness, ft
η	: Efisiensi pompa
μ	: Viskositas, kg/m.hr
ρ	: Densitas, kg/m ³

4) Tanki

C	: Allowable corrosion, m
D	: Diameter tanki, m
E	: Joint efisiensi
h	: Tinggi head, m
H_e	: Tinggi elipsoidal, m
H_s	: Tinggi silinder tanki, m
H_t	: Tinggi total tanki, m
P	: Tekanan, atm
S	: Allowable stress, psi
t	: Tebal dinding tanki, m
V_h	: Volume head, m ³
V_s	: Volume silinder, m ³
V_t	: Kapasitas tanki, m ³
W	: Laju alir massa, kg/h
ρ	: Densitas, kg/m ³

5) Reaktor

BM_{av}	: BM rata – rata, kg/kmol
g	: Percepatan Gravitasi, m/s ²
H_S	: Tinggi Head Reaktor, m
H_R	: Tinggi reaktor total, m

- k : Konstanta reaksi , $\text{m}^3/\text{kmol.s}$, s^{-1}
- M_{fr} : Laju alir massa, kg/h
- Q_f : Volumetric Flowrate Umpan, m^3/h
- t : Tebal dinding reaktor, m
- V_f : Total free volume, m^3
- V_{HR} : Volume head reaktor, m
- V_R : Volume Total Reaktor, m^3
- V_s : Volume Shell, m^3
- μ : Viskositas Campuran, kg m/s

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1) BIODATA	
1.1. Biodata Intan Ramdyasari	84
1.2. Biodata A Slamet Riyadi	85
2) PATENT	
2.1. Patent Utama US Patent 9353036 B1	86
2.2. Patent Pendukung US Patent 8884078 B1	87
3) TUGAS KHUSUS	
3.1. Kolom Destilasi	88
3.2. Reaktor	124
4) PERHITUNGAN	
4.1. Neraca Massa	150
4.2. Neraca Panas	183
4.3. Spesifikasi Peralatan	215
4.4. Analisa Ekonomi	429

ABSTRAK

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN FATTY ALCOHOL KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Juli 2018

Intan Ramdyasari dan A Slamet Riyadi; dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xix + 470 halaman, 9 tabel, 9 gambar, 4 lampiran

Pabrik Fatty alcohol direncanakan berlokasi di Jl. Romokalisasi Kabupaten Gresik - Jawa Timur. Pabrik ini meliputi area seluas 6 Ha dengan kapasitas 60.000 ton/tahun. Proses yang dipilih di pabrik ini mengacu pada US. Patent No.9,353,036 B1 yaitu proses hidrogenasi FAME. Proses berlangsung pada reactor trickle bed menggunakan katalis MgO dengan temperatur 240 °C dengan tekanan 93,7 atm.

Bentuk organisasi Pabrik ini merupakan Perseroan Terbatas (PT) dengan system organisasi *line and staff*, yang dipimpin oleh seorang direktur utama, dibantu 3 orang manager operasional, 7 orang kepala bagian dan 136 orang karyawan. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, maka pabrik pembuatan Fatty alcohol dinyatakan layak untuk didirikan. Dengan berdasarkan analisa ekonomi berikut:

a. Investasi	= US \$ 25.654.233,02 (TCI)
b. Hasil penjualan per tahun	= US \$ 153.759.048,81
c. Biaya produksi per tahun	= US \$ 125.148.187,17 (TPC)
d. Laba bersih per tahun	= US \$ 21.458.146,23 (NPAT)
e. <i>Pay Out time</i>	= 1,3 tahun
f. <i>Rate of return on investment</i>	= 83,6 %
g. <i>Discounted Cash Flow –ROR</i>	= 91,7 %
h. <i>Break Even Point</i>	= 25,3 %
i. <i>Service Life</i>	= 11 tahun

Kata Kunci : FAME, Hidrogenasi, Fatty Alcohol, Pabrik, Analisa Ekonomi

Kepustakaan : 20 (1965-2018)

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri Indonesia mengalami banyak kemajuan, baik dalam hal kualitas maupun kuantitas, terutama industri-industri yang bersifat padat modal maupun padat teknologi. Salah satu industri yang penting adalah industri oleokimia. Oleokimia (*oleochemicals*) adalah segala produk kimia yang diturunkan dari trigliserida hewani maupun nabati, meskipun terkandung unsur petrokimia di dalamnya (Rapilius dan Ahmad, 2006). Oleokimia adalah analog dari petrokimia dengan perbedaan sumber bahan baku. Oleokimia dinilai lebih alami karena berbahan baku terbarukan berupa minyak dari hewan dan tumbuhan dibandingkan petrokimia yang menggunakan bahan baku tidak terbarukan dari minyak bumi. Oleokimia dibagi menjadi dua, yaitu oleokimia dasar dan turunannya atau produk hilirnya. Oleokimia dasar terdiri atas *fatty acid*, *fatty methyl ester*, *fatty alcohol*, *fatty amine* dan gliserol.

Bahan baku umum yang digunakan dalam oleokimia antara lain lemak sapi, lemak babi, minyak kelapa, minyak sawit, minyak inti sawit, minyak kedelai, dan sebagainya. Setiap bahan baku memiliki karakteristik yang khas berupa komposisi asam lemak penyusun trigliserida dalam minyak tersebut. Maka dari itu, penggunaan bahan baku untuk membuat berbagai macam produk akhir bervariasi, disesuaikan dengan karakteristik produk yang ingin dihasilkan. Produk oleokimia dasar meliputi metal ester, asam lemak, alcohol lemak, dan gliserol. Produk tersebut kemudian diolah kembali menjadi produk jadi oleh industri-industri lain seperti industri makanan, kosmetik, maupun farmasi. Salah satu produk oleokimia yang mengalami kemajuan baik dalam kualitas dan kuantitas produksi serta konsumsinya sebagai bahan baku produk turunan yaitu *fatty alcohol*. Hal ini terlihat dari kebutuhan *fatty alcohol* sebagai bahan baku industri contohnya industri makanan, kosmetik, maupun farmasi.

Dipasar dunia, produk oleokimia dasar yang paling banyak diperdagangkan adalah *fatty acid*, disusul *fatty alcohol*. Pada tahun

2000, volume impor *fatty acid* dan *fatty alcohol* dunia masing-masing mencapai 1.969.114 ton dan 710.408 ton. Analisis perkembangan impor untuk konsumsi masing-masing produk oleokimia dasar menunjukkan bahwa produk oleokimia dasar yang memiliki prospek yang sangat baik adalah *fatty alcohol*. Oleokimia di Indonesia memiliki masa depan yang cerah mengingat produksi sawit dan kelapa yang menjadi bahan baku sebagian besar industri oleokimia, memiliki jumlah yang besar di Indonesia.

Prospek *fatty alcohol* alami diperkirakan lebih baik dibandingkan dengan sintesisnya terutama karena alasan pencemaran lingkungan dan keamanan. Deterjen yang dibuat dari *fatty alcohol* alami memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan sintesisnya karena memiliki toleransi yang tinggi terhadap kesadahan dan lebih mudah terurai. Oleh karena itu, walaupun harga *fatty alcohol* alami jauh lebih tinggi dibandingkan dengan sintesisnya (rata-rata 144 % - 155 %), penggunaan *fatty alcohol* alami cenderung meningkat dengan laju yang lebih tinggi dibandingkan sintesisnya.

1.2 Deskripsi Produk

Fatty alcohol didefinisikan sebagai alkohol alifatik dengan panjang rantai antara C_6 dan C_{22} . *Fatty alcohol* sebagian besar adalah linier dan monohidrat dan dapat jenuh atau memiliki satu atau lebih ikatan ganda. Alkohol dengan panjang rantai karbon diatas C_{22} disebut sebagai alkohol lilin. Diol yang rantai panjang melebihi C_8 dianggap sebagai pengganti *fatty alcohol*. Karakter dari *fatty alcohol* (primer atau sekunder, linier atau bercabang-rantai, jenuh atau tidak jenuh) ditentukan oleh proses manufaktur dan bahan baku yang digunakan. Produk alami, seperti lemak, minyak, dan lilin, dan proses alkohol Ziegler menyediakan alkohol linear, primer, dan alkohol genap, yang diperoleh dari sumber alami mungkin jenuh. Sebaliknya, proses okso tradisional menghasilkan 20-60% dan dimodifikasi proses *approx* okso. 10 % *fatty alcohol* bercabang dan juga beberapa yang ganjil. Hasil dimerisasi Guerbet-bercabang alkohol primer, sedangkan oksidasi Bashkirov menghasilkan alkohol sekunder (Noweck, 2011).

Fatty alcohol ($R-CH_2-OH$) merupakan suatu dasar utama oleokimia yang memiliki laju pertumbuhan yang telah membantu meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan kemajuan standard hidup masyarakat banyak. *Fatty alcohol* terus meningkat sebagai bahan baku surfaktan karena sifatnya yang dapat diurai dan dapat diperbaharui. Permintaan dunia akan alkohol lemak meningkat 4% tiap tahun, pada tahun 2000 saja mencapai 1.500.000 MT.

Fatty alcohol dapat diproduksi dari minyak bahan alami, atau sintetis dari petrokimia. Persediaan *fatty alcohol* dunia sekarang ini dapat dibagi menjadi alami dan buatan (Lubis, dkk., 2013). Tergantung pada bahan baku yang digunakan, *fatty alcohol* diklasifikasikan sebagai alam atau sintetis. *Fatty alcohol* alami yang berbasis sumber daya terbarukan seperti lemak, minyak, dan lilin nabati atau hewani, sedangkan alkohol lemak sintetis yang diproduksi dari petrokimia seperti olefin dan paraffin (Noweck, 2011).

1.3 Proses Pembuatan *Fatty Alcohol*

1.3.1 Hidrolisis dari Lilin Ester

Alkohol lemak pertama kali diperoleh dari hidrolisis lilin ester yang berasal dari binatang, terutama spermaceti dari sperma ikan paus. Namun sejak adanya peraturan tentang larangan perburuan atas ikan paus, sumber dan metode ini tidak lagi digunakan.

Lilin spermaceti dipisahkan dengan cara pemanasan menggunakan NaOH pekat diatas $300^{\circ}C$, lalu alkohol didistilasi dari sabun dan air yang terbentuk. Hasil Sulingan (distilat) mengandung alkohol tak jenuh $C_{16}-C_{20}$. Untuk mencegah terjadinya auto-oksidasi, distilat ini dikeraskan dengan hidrogenasi katalitik.. Alkohol yang diperoleh mencapai yield 35 %. Produk utama terdiri dari : cetyl, oceyl, dan alkohol arachidyl.

1.3.2 Proses Reaksi 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

relatif 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 dipecah dengan pengadukan dalam air, kemudian alkoholnya dicuci dan didistilasi.

Penambahan Alkohol R' (sebaiknya alkohol sekunder), bertindak sebagai donor hydrogen. Karena adanya reaksi samping, pemakaian sodium bisa jadi di atas 20 % dari kebutuhan stoikiometri. Reduksi berjalan selektif tanpa pembuatan hidrokarbon dari isomerisasi atau hidrogenasi ikatan rangkap.

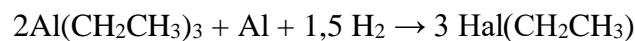
1.3.3 Proses Ziegler Menggunakan Etilen

Alkohol lemak dari proses ini mempunyai struktur yang sama dengan alcohol lemak alami. Proses ini dibagi dalam dua proses yaitu proses Alfol dan proses Epal.

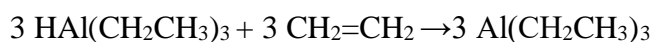
a. Proses Alfol

Hidrokarbon digunakan sebagai pelarut, proses ini melalui lima tahap yaitu:

1) Hidrogenasi



2) Etilasi



2/3 dari hasil proses inidi recycle lagi ke proses hidrogenasi dan sisanya langsung masuk ke reaksi perkembangan.

3) Reaksi perkembangan (*growth reaction*)

4) Oksidasi

5) Hidrolisa

b. Proses Epal

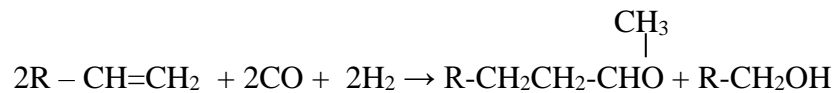
Proses ini mempunyai langkah-langkah yang hampir sama dengan proses alfol. Fleksibilitas Proses ini lebih besar dibandingkan dengan prose alfol.

Alkohol dan α - olefin yang terbentuk bisa dipasarkan. Namun modal dan biaya yang dibutuhkan juga lebih besar, karena membutuhkan proses control yang lebih kompleks dan penambahan olefin dan alcohol rantai bercabang.

1.3.4 Proses Oxo Menggunakan Olefin

Proses oxo (hidroformilasi) terdiri dari reaksi antara olefin dengan campuran gas H₂-CO dan katalis yang cocok..

Reaksi ini ditemukan oleh O. Roelen pada tahun 1938.



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

- Proses klasik dengan menggunakan katalis HCO(CO)₄
- Proses Shell berdasarkan kompleks kobalt karbonil – phosphine
- Proses menggunakan katalis rhodium

Langkah- langkah pada proses klasik yaitu reaksi oxo, pemisahan katalis dan regenerasi, hidrogenasi aldehyd dan distilasi alcohol.

Tabel 1.1. Perbandingan Proses Oxo

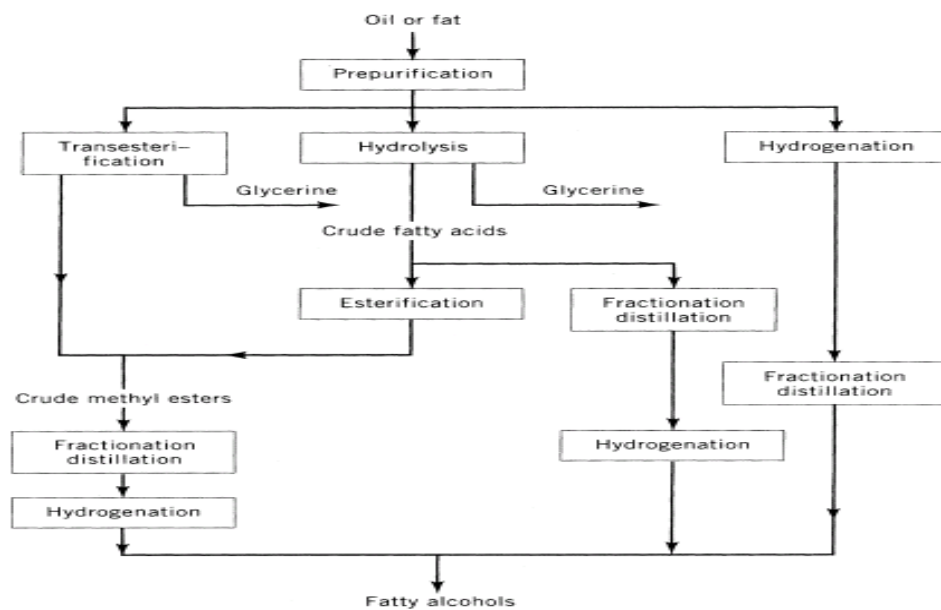
Perbandingan	Proses OXO		
	Klasik	Shell	Unio Carbide
Katalis	Cobalt Carbonil	Cobalt Carbonil Phosphine Complex	Rhodium Carbonil Phospine complex
Konsentrasi katalis	0,1 – 1,0	0,5	0,001 - 0,1
CO ₂ : H ₂	1,1 – 1,2	1,2 – 2,5	Excess hidrogen
Temperatur (°C)	150 – 180	170 – 210	100 – 120
Tekanan (MPa)	20 – 30	5 – 10	2 – 4
LHSV	0,5 – 1,0	0,1 – 1,2	0,1 – 0,25
Produk Primer	Aldehyd	Alkohol	Aldehyd
Linearitas (%)	40 – 50	80 – 85	90

Pada proses shell, alkohol diperoleh langsung karena bagusnya aktifitas katalis sehingga tahap hidrogenasi aldehid tidak di perlukan lagi, kelemahan proses ini adalah adanya olefin yang hilang dari proses.

Sedangkan proses yang menggunakan katalis rhodium dapat dilakukan pada P dan T yang rendah, karena tingginya aktifitas katalis. Kelemahannya adalah memerlukan biaya yang tinggi karena mahalnya harga rhodium.

1.3.5 Hidrogenasi Langsung dari Minyak dan Lemak

Proses pembuatan alkohol lemak dari minyak alami dapat diperoleh dari metil ester atau asam lemak. Kedua metode ini memiliki persamaan dan sangat kompetitif dibandingkan dengan metode lainnya. Secara umum proses pembuatan alkohol lemak secara langsung dari minyak dan lemak dapat dilihat pada gambar.



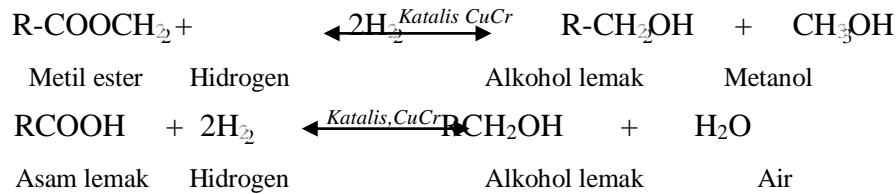
Gambar 1.1 Rute pembentukan Alkohol Lemak dari minyak dan lemak

Proses hidrogenasi langsung mempunyai beberapa kekurangan, diantaranya :

- 1) Menghasilkan produk samping bernilai tinggi gliserin yang justru mengalami proses hidrogenasi lanjut menghasilkan propilen glikol yang bernilai rendah.
- 2) Komsumsi gas hidrogen yang cukup tinggi
- 3) Penggunaan katalis dalam jumlah besar

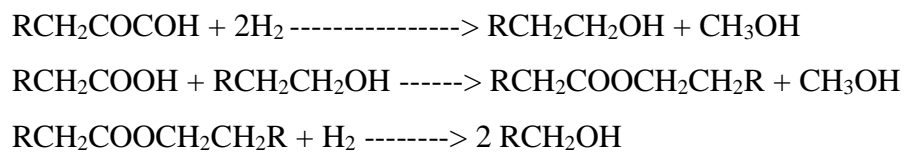
1.3.6 Hidrogenasi Katalitik dari Asam Lemak dan Metil Ester

Fatty alcohol diperoleh dengan cara hidrogenasi metil ester atau asam lemak.

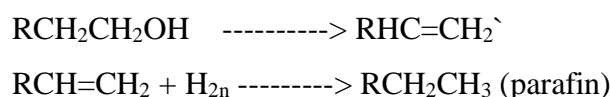


Hidrogenasi langsung asam lemak tidak digunakan dalam skala industri besar karena kebutuhan temperature reaksi yang lebih tinggi menghasilkan yield yang lebih rendah dan karena dapat merusak katalis. Secara konvensional, asam lemak dikonversi terlebih dahulu menjadi ester sebelum dihidrogenasi.

Dalam proses pembuatan *fatty alcohol* banyak dilakukan dengan bahan dasar metil ester, karena dengan proses ini diperoleh persentase *fatty alcohol* lebih tinggi. Dalam reaksi hidrogenasi dapat terbentuk.



Suhu tinggi menyebabkan reaksi sekunder yaitu dehidratasi



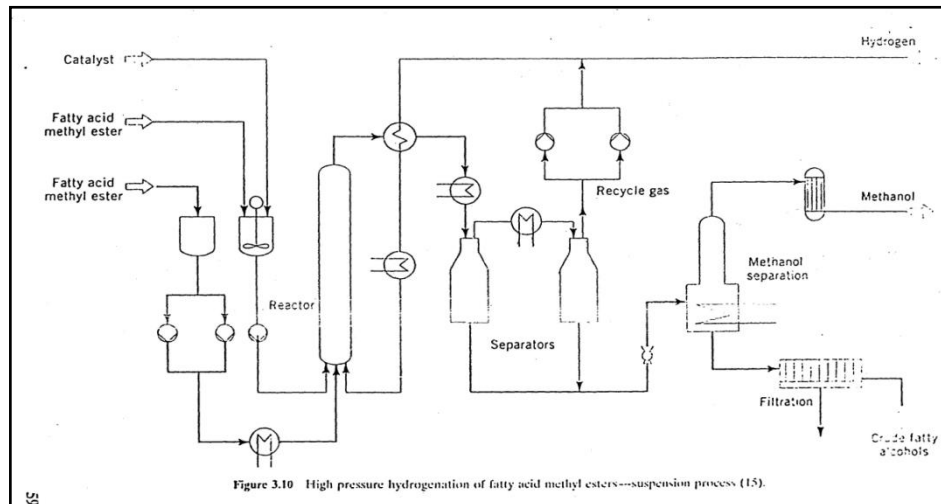
Fatty alcohol dengan bahan baku metil ester atau *fatty acids*

- Proses ini menghendaki kelebihan H₂ 400 kali dari teoritis
- Kelebihan hidrogen untuk mempertahankan lapisan tipis katalis sebagai jaminan reaksi esterifikasi dengan *fatty acids*
- Suhu reaksi 230 – 280° C
- Tekanan reaktor 200 – 300 bar
- Katalis copper-cromite dengan sirkulasi gas hidrogen pansa
- Konversi mencapai 91 %

1.3.7 Proses Hidrogenasi dengan Tekanan Tinggi

Proses hidrogenasi dengan tekanan tinggi ini terbagi 2 metode yaitu *suspension process* dan *fixed bed process*:

a. *Suspension Process*



Gambar 1.2 Hidrogenasi Tekanan Tinggi Asam Lemak Metil Ester – Proses Suspensi

Proses:

- Bahan baku yang digunakan adalah asam lemak dengan hidrogen
- Katalis yang digunakan berbentuk *slurry*
- Kondisi operasi proses ini adalah pada tekanan 25.000-30.000 kPa dan temperatur 250-300 °C.

• Reaksi yang terjadi:



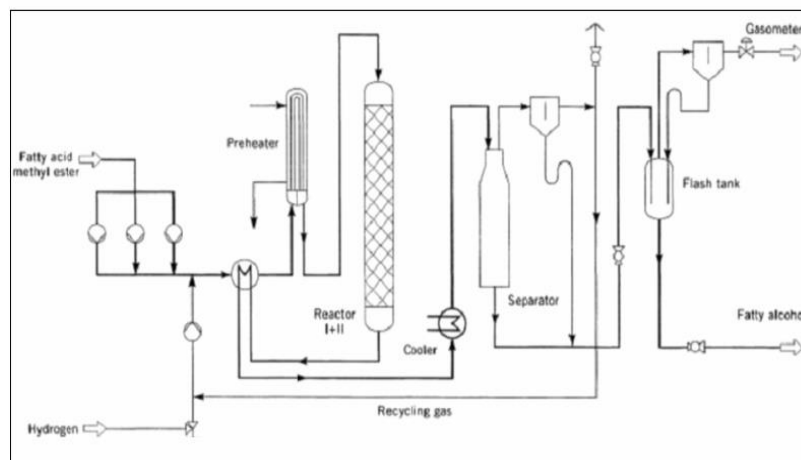
CuCr)

Asam lemak Hidrogen Alkohol lemak Air

- Reaksinya merupakan reaksi eksotermis, sehingga pada proses ini diperlukan kontrol temperatur sehingga mencegah terjadinya pembentukan hidrokarbon yang tidak diinginkan.
- Hidrogenasi terjadi di dalam reaktor suhu tinggi di mana bahan dipanaskan terlebih dahulu.

- Panas dari sisa campuran produk reaktor diperoleh dengan resikulasi gas hidrogen pada alat penukar panas setelah satu produk dipisahkan dengan dua tingkat pendinginan ekspansi.
- Pada fase gas (yang mengandung gas hidrogen, uap alkohol dalam jumlah kecil dan reaksi air) dipisahkan dari alkohol cair pada hot separator (pemisah panas)
- Campuran didinginkan lebih lanjut di separator pendingin, dimana uap alkohol dan air hasil reaksi dikondensi dan dipisahkan. Kelebihan gas hidrogen direcycle.
- Alkohol cair yang berasal dari separator panas dipompakan ke flashdrum dimana hidrogen dilarutkan direcycle dengan meningkatkan gas hidrogen.
- Katalis dipisahkan dari alkohol lemak kasar dengan menggunakan pemisah aktivitas dan resikulasi dengan alkohol lemak.
- Ukuran fase clear dari pemisah sentrifugal adalah “passed through” yaitu penyaring halus untuk memindahkan semua sisa suspensi padat hasil dari produk (alkohol lemak kasar).
- Untuk memurnikan alkohol lemak kasar dapat dilakukan dengan distilasi lebih lanjut untuk menghilangkan hidrokarbon dan dapat mengalami fraksinasi jika diinginkan.

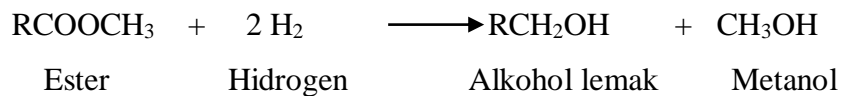
b. *Fixed Bed Process*



Gambar 1.3 Hidrogenasi Tekanan Tinggi Asam Lemak Metil Ester Proses *Fixed Bed*

Pada metode *fixed bed process*, hal yang membedakannya dengan *suspension process* adalah katalisnya *fixed* (tetap) dalam reaktor.

- Bahan baku yang digunakan pada proses ini adalah ester dan hidrogen
- Reaksi yang terjadi :



- 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 °C.
- 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.

1.4 Sifat-sifat Fisik dan Kimia

1.4.1 Sifat-sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku

a. Fatty Acid Methyl Ester

Rumus molekul	: R-CO ₂ -CH ₃
Berat molekul	: 282,967 kg/kmol
Titik lebur	: 54° C
Titik didih	: 212° C
Densitas	: 874 kg/m ³
Wujud	: Cair

b. Hidrogen

Rumus molekul	: H ₂
Berat molekul	: 2,016 kg/kmol
Titik lebur	: -259,19° C
Titik didih	: -252,76° C

Densitas : 0,08999 g/l

Wujud : Gas

c. Nitrogen

Rumus molekul : N_2

Berat molekul : 28,00 kg/kmol

Titik lebur : $-182,2^\circ C$

Titik Didih : $-161,5^\circ C$

Wujud : Gas

1.4.2 Sifat-sifat Fisik dan Kimia Produk

a. Fatty Alcohol

Rumus molekul : $R-CH_2-OH$

Berat molekul : 254,94 kg/kmol

Titik lebur : $20^\circ C$

Titik didih : $194^\circ C$

Wujud : Cair

b. Metanol

Rumus molekul : CH_3OH

Berat molekul : 32,07 kg/kmol

Titik lebur : $-97,8^\circ C$

Titik didih : $64^\circ C$

Densitas : 792 kg/m^3

Wujud : Cair

1.4.3 Sifat-sifat Fisik dan Kimia Katalis

a. Magnesium Oxide

Rumus molekul : MgO

Berat molekul : 40,3044 kg/kmol

Titik lebur : $2852 C$

Titik didih : $3600 C$

Densitas :3580 kg/m³

Wujud : Padat

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. *Alibaba: Global Products*. (Online). <https://www.alibaba.com>. (Diakses pada tanggal 18 Mei 2018).
- Anonim. 2017. *Data Ekspor dan Impor Bahan Industri Kimia*. (Online). <https://www.bps.go.id>. (Diakses pada tanggal 10 November 2017)
- Coulson dan Richardson. 2005. *Chemical Engineering, 4th Edition, volume 6*. New York: Buttenworth-Heinemann.
- Felder, R.M. dan Rousseau R. W. 2005. *Elementary Principles of Chemical Process, 3rd Edition*. North Carolina University: North Carolina.
- Fogler, S. 1992. *Elements of Chemical Reaction Engineering, 2nd Edition*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill International Edition: New York.
- Kirk, R. E. dan Othmer, D. F. 1998. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology, 4th Edition, volume 23*. New York: The Interscience Publisher Division of John Wiley and Sons Inc.
- Levenspiel, O. 1973. *Chemical Reaction Engineering, 2nd Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Matche. 2014. *Cost Information Exchanges Equipment*. (Online). <https://www.matche.com>. (Diakses pada tanggal 15 Juni 2018).
- McCabe, W. L dan Smith, J.C. 1999. *Operasi Teknik Kimia*. Alih Bahasa Jasiji, E. Ir. Edisi ke-4. Erlangga: Jakarta.
- Perry, R.H. dan Green, D. 1997. *Perry's Chemical Engineers Handbook, 8th Edition*. McGraw-Hill Book Company: New York.
- Peter, M. S. dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design dan Economic for Chemical Engineering, 4th Edition*. McGraw-Hill Book Company: New York
- Syarifudin, I. 1999. *Alat Industri Kimia*. Universitas Sriwijaya; Inderalaya

- Treybal, R.E. *Mass Transfer Operations, 3rd Edition*. McGraw-Hill Book Co: Rhode Island.
- Van Ness dan J. M. Smith. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 5th Edition*. McGraw-Hill Book Company:New York.
- Walas, S. M. 1988.*Chemical Process Equipment Selection and Design*.Butterworth-Heinemann. New York.
- Yaws, C. L. 1999.*Chemical Properties Handbook*.Lamar University: Beaumont-Texas
- Zhilong, Y. 2011. *Research on Hydrogenation of FAME to Fatty Alcohols at Supercritical Condition*. Beijing Institute of Petrochemical Technology; Beijing.