

**HIBAH KOMPETISI
KONTEN MATAKULIAH *E-LEARNING*
USU-INHERENT 2006**

**BUKU AJAR
TEKNOLOGI OLEOKIMIA
(TKK - 322)**



Oleh :
RONDANG TAMBUN, ST, MT
NIP : 132282133

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2006

KATA PENGANTAR

Syukur Penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan buku ajar dalam rangka kegiatan hibah kompetisi konten matakuliah *e-learning* USU - inherent 2006. Buku ajar ini berjudul Teknologi Oleokimia bertujuan untuk melengkapi materi perkuliahan Teknologi Oleokimia (TKK 322) pada Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik USU Medan

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Rektor Universitas Sumatera Utara, Bapak Dekan Fakultas Teknik USU, bapak Ketua Departemen Teknik Kimia USU, rekan-rekan sejawat di Departemen Teknik Kimia USU dan pihak-pihak lain yang telah mendukung terlaksananya penyusunan laporan ini. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Untuk itu Penulis mengharapkan saran dan kritik dari para pembaca untuk penyempurnaan laporan ini.

Medan, Desember 2006

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Departemen Teknik Kimia FT USU

Penulis,

Ir. Indra Surya, MSc
NIP. 131 836 666

Rondang Tambun, ST, MT
NIP. 132 282 133

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I MINYAK NABATI DAN LEMAK	1
1.1 Peranan Lemak untuk Makhluk Hidup	3
1.2 Minyak Sayuran	4
1.3 Sumber-Sumber Minyak Nabati	7
1.4 Proses Pemurnian Minyak Nabati	26
1.5 Studi Kasus Pembuatan Minyak	33
BAB II OLEOKIMIA	45
BAB III ASAM LEMAK	47
.....	
3.1 Karakteristik dan Aturan Penamaan	47
3.2 Sumber dan Penggunaan Asam Lemak	51
3.3 Biosintesis Asam Lemak	55
3.4 Pembuatan Asam Lemak	56
3.5 Studi Kasus : Pembuatan Asam Lemak dari Kelapa Sawit	58
BAB IV BIODIESEL	72
4.1 Sejarah Biodiesel	72
4.2 Proses Pengolahan	74
4.3 Perkembangan Biodiesel di Indonesia	80
4.4 Uji Kualitas Biodiesel	81
4.5 Pabrik Biodiesel	86
4.6 Prospek Bisnis Tanaman Jarak dan Biodiesel	90
BAB V FATTY ALCOHOL	98
BAB VI SABUN	104

6.1 Sejarah Sabun	104
6.2 Pembentukan Sabun/Garam	104
6.3 Perlakuan dalam Pembuatan Sabun	105
6.4 Bahan Mentah Untuk Proses Saponifikasi	106
6.5 Lemak dan Minyak	107
6.6 Pembuatan Sabun dalam Industri	108
6.7 Analisa Mutu Sabun	111
6.8 Kegunaan Sabun	111
BAB VII DETERJEN	115
7.1 Sejarah Deterjen	115
7.2 Zat-Zat Yang Terdapat Dalam Deterjen	116
7.3 Komposisi Deterjen	116
7.4 Penggolongan Deterjen	118
7.5 Bahan Baku Untuk Pembuatan Deterjen	122
7.6 Pengaruh Deterjen Terhadap Lingkungan	123
7.7 Alfa Sulfometil Ester (α -SFMe)	124
7.8 Aplikasi alfa SFMe terhadap Deterjen	126
BAB VIII GLISERIN	128
8.1 Sifat-Sifat Gliserin	132
8.2 Penggunaan Gliserin	133
BAB IX PELUMAS/GREASE	135
9.1 Pelumas	135
9.2 Grease	138
BAB X POLIMER DAN CAT	147
10.1 Polimer	147
10.2 Cat	151
BAB XI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI OLEOKIMIA	156
11.1 Pengembangan Proses Kimia (Chemical Process Development)	158
11.2 Pengembangan Proses Agro Industri Nimia	162
11.3 Analisis Kelayakan Pabrik	164
DAFTAR PUSTAKA	168

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Komposisi Daging Biji Kacang Tanah	8
Tabel 1.2 Komposisi Asam Lemak Minyak Kacang Tanah	8
Tabel 1.3 Sifat Fisika-Kimia Minyak Kacang Tanah Sebelum dan Sesudah Dimurnikan	9
Tabel 1.4 Sifat Kimia Minyak Kacang Tanah	10
Tabel 1.5 Tabel Spesifikasi Kualitas	11
Tabel 1.6 Tabel Profil Asam Lemak Bebas	11
Tabel 1.7 Komposisi Kimia Daging Buah Kelapa Pada Berbagai Tingkat Kematangan Dalam 1000 Gram Bahan	14
Tabel 1.8 Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa	14
Tabel 1.9 Komposisi Kimia per 100 gram Bahan	17
Tabel 1.10 Komposisi Mineral Biji Jagung Kering	19
Tabel 1.11 Komposisi Asam Lemak Minyak Jagung	20
Tabel 1.12 Komposisi Kedelai	21
Tabel 1.13 Komposisi Asam Lemak	21
Tabel 1.14 Karakteristik Minyak Sawit	22
Tabel 1.15 Komposisi Komponen Trigliserida Asam Lemak pada Minyak Sawit dari Berbagai Sumber	22
Tabel 1.16 Kandungan Minor (Komponen non-Trigliserida) Minyak Sawit	22
Tabel 1.17 Komposisi Asam Lemak Minyak Safflower	23
Tabel 1.18 Sifat Fisik dan Kimia Minyak Safflower	24
Tabel 1.19 Komposisi Kimia Minyak Beras	25

Tabel 1.20 Komposisi Asam Lemak Minyak Biji Kapas	26
Tabel 1.21 Performa Minyak setelah Netralisasi	27
Tabel 1.22 Produk Minyak Kedelai	38
Tabel 3.1 Persentase Kandungan Asam Lemak pada Beberapa Minyak Nabati	49
Tabel 3.2 Industri Asam Lemak di Indonesia	50
Tabel 3.3 Produksi Asam Lemak Menurut Jenisnya (1999)	50
Tabel 3.4 Harga berbagai produk asam lemak (Juli 2000)	51
Tabel 3.5 Karakteristik Minyak Sawit	59
Tabel 3.6 Komposisi Asam Lemak pada Minyak Sawit dari Berbagai Sumber	59
Tabel 3.7 Kandungan Minor Minyak Sawit	60
Tabel 3.8 Kadar Asam Lemak Bebas pada Minyak Setelah Penumbukan	63
Tabel 3.9 Kadar Asam Lemak Bebas pada Perikarp yang Telah Dilukai dan Ditumbuk	63
Tabel 3.10 Pengaruh antara Lama Penyimpanan dengan Pemrosesan Tandan Buah Sawit Terhadap Kadar Asam Lemak Bebas	64
Tabel 3.11 Pengaruh Uap di Dalam Minyak pada Pembentukan Asam Lemak Bebas	65
Tabel 3.12 Harga K pada Berbagai Temperatur	65
Tabel 3.13 Reaksi in Vitro dan in Vivo	68
Tabel 4.1 Jatropha Biodiesel dibandingkan dengan Petro-diesel dan EU Standards	83
Tabel 4.2 Perbandingan Sifat Minyak Diesel	83
Tabel 4.3 Hasil Uji Beberapa Biodiesel	84
Tabel 4.4 Penggunaan Energi Primer Di Indonesia, Juta Sbm (Setara Barel Minyak)	93
Tabel 4.5 Kebutuhan Bbm Per Sektor 1990-2004	93
Tabel 4.6 Penjualan Bahan Bakar Minyak Dalam Negeri	95
Tabel 4.7 Impor Minyak Mentah 2000 – 2004	95
Tabel 4.8 Impor BBM 2000 – 2004	96
Tabel 4.9 Proyeksi Kebutuhan Bbm Dan Pengeluaran Devisa 2010 Dan 2015	96
Tabel 4.10 Cadangan dan umur sumber bahan baku energi non- renewable Per akhir 2004	97
Tabel 7.1 Sifat Fisika – Kimia Alfa SFMe	127
Tabel 8.1 Tekanan uap Gliserin	132
Tabel 8.2 Viskositas Gliserin	132
Tabel 8.3 Sifat Fisika Gliserin	133

Tabel 9.1 NLGI Lubricating Grease Consistency Grades	139
Tabel 9.2 Spesifikasi Karakteristik dan Parameter Unjuk Kerja Grease untuk Tingkat Mutu NLGI GA, SNI 06-7069-8-2005	140
Tabel 9.3 Spesifikasi Karakteristik dan Parameter Unjuk Kerja Grease untuk Tingkat Mutu NLGI GB, SNI 06-7069-8-2005	140
Tabel 9.4 Spesifikasi Karakteristik dan Parameter Unjuk Kerja Grease untuk Tingkat Mutu NLGI GC, SNI 06-7069-8-2005	141
Tabel 9.5 Klasifikasi NLGI Mutu Pelumasan Menurut ASTM D 5950 SNI 06-7069-8-2005	141
Tabel 9.6 Informasi Grease Komersial	143
Tabel 10.1 Penggunaan Oleokimia untuk Polimer	149

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Buah	13
Kelapa	
Gambar 1.2 Biji	18
Jagung	
Gambar 1.3 Proses Degumming Secara	29
Kontinu	
Gambar 1.4 Proses Netralisasi Secara	30
Kontinu	
Gambar 1.5 Proses Bleaching Secara	31
Kontinu	
Gambar 1.6 Deodorisasi	32
Gambar 1.7 Diagram Sistem Dehulling untuk Kacang	33
Kedelai	
Gambar 1.8 Alat Ekstraksi	34
Pelarut	
Gambar 1.9 Cairan	35
Penyaring	
Gambar 1.10 Flow Diagram Pembuatan Produk Minyak Kedelai	
yang Dapat	36
Dikonsumsi	
Gambar 4.1 Reaktor Trans-	86
Esterifikasi	
Gambar 4.2 Skema Produksi	87
Biodiesel	
Gambar 4.3 Neraca Massa Trans-	88
esterifikasi	
Gambar 4.4 Proses Flow	89
Diagram	
Gambar 4.5 Proses Pembuatan Bio-	90
Diesel	
Gambar 5.1 Pembuatan Fatty Alcohol dari Minyak dan	100
Lemak	
Gambar 5.2 Skema Pembuatan Fatty Alcohol Dari Metil	101
Ester	
Gambar 5.3 Fatty Alcohol Production from Fatty	103
(Lurgi)	
Gambar 6.1 Flow Diagram Pembuatan	107
Sabun	

Gambar 8.1 Diagram Alir Pembuatan Gliserin	130
Gambar 8.2 Recovery Gliserin	131
Gambar 10.1 Skema Pembuatan Polimer dari Minyak Nabati	150
Gambar XI.1 Perbandingan antara pengembangan proses dengan visi yang jelas dan pengembangan proses tidak terstruktur (acak)	160
Gambar XI.1 Kerangka Pendekatan Analisis Kelayakan Pabrik	167

BAB I

MINYAK DAN LEMAK

Minyak dan lemak tidak berbeda dalam bentuk umum trigliseridanya, tetapi hanya berbeda dalam bentuk (wujud). Perbedaan ini didasarkan pada perbedaan titik lelehnya. Pada suhu kamar lemak berwujud padat, sedangkan minyak berwujud cair. Titik leleh minyak dan lemak tergantung pada strukturnya, biasanya meningkat dengan bertambahnya jumlah karbon. Banyaknya ikatan ganda dua karbon juga berpengaruh. Trigliserida yang kaya akan asam lemak tak jenuh, seperti asam oleat dan linoleat, biasanya berwujud minyak sedangkan trigliserida yang kaya akan lemak jenuh seperti asam stearat dan palmitat, biasanya adalah lemak. Semua jenis lemak tersusun dari asam-asam lemak yang terikat oleh gliserol. Sifat dari lemak tergantung dari jenis asam lemak yang terikat dengan senyawa gliserol. Asam-asam lemak yang berbeda disusun oleh jumlah atom karbon maupun hidrogen yang berbeda pula. Atom karbon, yang juga terikat oleh dua atom karbon lainnya, membentuk rantai yang zigzag. Asam lemak dengan rantai molekul yang lebih panjang lebih rentan terhadap gaya tarik menarik intermolekul, (dalam hal ini yaitu gaya Van der Waals) sehingga titik leburnya juga akan naik.

Trigliserida alami ialah triester dari asam lemak berantai panjang dan gliserol merupakan penyusun utama lemak hewan dan nabati. Trigliserida termasuk lipid sederhana dan juga merupakan bentuk cadangan lemak dalam tubuh manusia. Berikut ini adalah persamaan umum pembentukan trigliserida :

Keragaman jenis trigliserida bersumber dari kedudukan dan jati diri asam lemak. Trigliserida sederhana adalah triester yang terbuat dari gliserol dan tiga molekul asam lemak yang sama. Contohnya, dari gliserol dan tiga molekul asam stearat akan diperoleh trigliserida sederhana yang disebut gliseril tristearat atau tristearin.

Trigliserida sederhana jarang ditemukan. Kebanyakan trigliserida alami adalah trigliserida campuran, yaitu triester dengan komponen asam lemak yang berbeda. Lemak hewan dan minyak nabati merupakan campuran beberapa trigliserida.

Asam-asam lemak yang menyusun lemak juga dapat dibedakan berdasarkan jumlah atom hidrogen yang terikat kepada atom karbon. Berdasarkan jumlah atom hidrogen yang terikat kepada atom karbon, maka asam lemak dapat dibedakan atas :

1. Asam lemak jenuh

Asam lemak jenuh merupakan asam lemak dimana dua atom hidrogen terikat pada satu atom karbon. Dikatakan jenuh karena atom karbon telah mengikat hidrogen secara maksimal.

2. Asam lemak tak jenuh

Asam lemak jenuh merupakan asam lemak yang memiliki ikatan rangkap. Dalam hal ini, atom karbon belum mengikat atom hidrogen secara maksimal karena adanya ikatan rangkap. Lemak yang mengandung satu saja asam lemak tak jenuh disebut lemak jenuh.

Asam lemak jenuh maupun asam lemak tak jenuh berbeda dalam energi yang dikandungnya dan titik leburnya. Karena asam lemak tak jenuh mengandung ikatan carbon-hidrogen yang lebih sedikit dibandingkan dengan asam lemak jenuh pada jumlah atom karbon yang sama, asam lemak tak jenuh memiliki energi yang lebih sedikit selama proses metabolisme daripada asam lemak jenuh pada keadaan dimana jumlah atom karbon sama. Asam lemak jenuh dapat tersusun dalam susunan yang rapat, sehingga asam lemak jenuh dapat dibekukan dengan mudah dan berwujud padatan pada temperatur ruangan. Tetapi ikatan rangkap yang kaku dalam lemak tak jenuh mengubah kimia dari lemak. Terdapat dua cara ikatan ini disusun yaitu :

1. Isomer dengan kedua bagian dari rantai pada sisi yang sama (cis; hanya terdapat pada lemak alami). Isomer cis mencegah lemak dari penumpukan seperti halnya yang terjadi pada ikatan jenuh. Hal ini menurunkan gaya intermolekul diantara molekul lemak, sehingga menyebabkan lemak cis tak tejuh lebih sulit untuk membeku. Lemak cis tak jenuh biasanya merupakan cairan pada temperatur ruangan.
2. Isomer dengan rantai yang berlawanan pada ikatan ganda (isomer trans, biasanya merupakan produk dari hidrogenasi parsial dari lemak tak jenuh alami)

Reaksi hidrogenasi dapat mengubah minyak menjadi lemak. Hal ini sering dilakukan dalam industri margarin. Serbuk logam nikel (yang dikeluarkan kemudian) didispersikan dalam minyak panas sebagai katalis. Hidrogen beradisi pada beberapa ikatan ganda dua dari rantai asam lemak tak jenuh karbon dan menjenuhkannya. Dengan demikian akan mengubah minyak menjadi lemak. Contohnya hidrogenasi pada

triolein menghasilkan tristearin.

1.1 Peranan Lemak untuk Makhluk Hidup

Vitamin A, D, E, dan K merupakan vitamin yang larut dalam lemak, sehingga vitamin-vitamin ini dapat larut maupun ditransportasikan dengan perantara lemak. Lemak merupakan sumber dari asam lemak esensial.

Lemak memegang peranan yang vital dalam kesehatan kulit dan rambut, melapisi tubuh terhadap benturan, menjaga temperatur tubuh, dan mempromosikan fungsi sel kesehatan. Lemak juga berfungsi sebagai cadangan energi dalam tubuh. Lemak diuraikan dalam tubuh untuk menghasilkan gliserol dan asam lemak bebas. Gliserol ini dapat dikonversikan menjadi glukosa oleh hati dan kemudian glukosa inilah yang digunakan sebagai sumber energi. Asam lemak juga merupakan sumber energi yang baik, terutama untuk jantung dan *skeletal muscle*.

Lemak juga berfungsi sebagai buffer terhadap berbagai penyakit. Ketika senyawa terbentuk, baik kimia maupun biologis mencapai level yang tidak aman dalam aliran darah, lemak dapat menyimpan senyawa ini dalam jaringan lemak. Hal ini membantu melindungi organ vital, urination, accidental atau intentional bloodletting, sebum excretion, and hair growth.

Lemak merupakan sumber energi yang penting, dan digunakan tubuh sebagai sumber energi langsung dan juga sebagai tempat penyimpanan energi. Tetapi trigliserida cepat menjadi tengik, menimbulkan bau dan cita rasa yang tidak enak bila dibiarkan pada udara lembab suhu kamar. Lepasnya asam lemak yang mudah menguap (terutama asam butirat) dari lemak mentega menyebabkan bau mentega tengik. Asam-asam ini terbentuk melalui hidrolisis ikatan ester atau oksidasi ikatan ganda dua. Hidrolisis lemak atau minyak sering dikatalisis oleh enzim lipase yang terdapat dalam bakteri di udara. Ketengikan hidrolitik dapat dicegah atau ditunda dengan menyimpan bahan pangan dalam lemari pendingin. Bau keringat timbul apabila lipase mengkatalisis hidrolisis minyak dan lemak pada kulit. Tetapi proses oksidasi (bukan hidrolisis) adalah penyebab ketengikan bahan pangan. Udara hangat dan membiarkan pangan di udara terbuka merangsang ketengikan oksidatif. Pada ketengikan oksidatif, ikatan ganda dua dalam ikatan komponen asam lemak tak jenuh dari trigliserida terputus, membentuk aldehid berbobot molekul rendah dengan bau tak sedap. Aldehid kemudian dioksidasi asam lemak berbobot molekul rendah yang juga berbau tidak enak. Ketengikan oksidatif memperpendek masa simpan biscuit dan makanan sejenisnya. Antioksidan adalah senyawa yang menunda awal ketengikan oksidatif. Dua senyawa alami yang sering digunakan sebagai antioksidan ialah asam askorbat (vitamin C) dan α -tokoferol (vitamin E).

1.2 Minyak Sayuran

Minyak sayuran adalah lipid yang dihasilkan dari tumbuh-tumbuhan. Walaupun kebanyakan bagian dari tanam-tanaman dapat menghasilkan minyak, tetapi biji-bijian merupakan sumber yang utama. Minyak sayuran dapat digunakan baik untuk keperluan memasak maupun untuk keperluan industri. Beberapa jenis minyak seperti minyak biji kapas, minyak jarak, dan beberapa jenis dari minyak *rapeseed* tidak cocok untuk dikonsumsi tanpa pengolahan khusus.

Seperti halnya semua lemak, minyak sayuran merupakan senyawa ester dari gliserin dan campuran dari berbagai jenis asam lemak, tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik.

Minyak yang dihasilkan dari tanaman telah banyak digunakan untuk berbagai keperluan untuk waktu yang lama.

Kegunaan dari minyak sayuran dapat dibedakan atas 4 bagian besar yaitu :

1. Makanan dan pelengkap makanan
2. Obat-obatan dan aromaterapi
3. Keperluan industri
4. Bahan bakar

Banyak minyak sayuran yang dikonsumsi secara langsung, ataupun digunakan secara langsung sebagai bahan campuran di dalam makanan. Minyak cocok untuk keperluan memasak karena minyak mempunyai titik nyala yang tinggi.

Untuk keperluan obat-obatan, minyak sayuran yang digunakan kebanyakan merupakan minyak yang dihasilkan dari proses pengepresan (bukan ekstraksi).

Dalam keperluan industri, minyak dapat digunakan untuk :

1. Digunakan untuk pembuatan sabun, produk kesehatan kulit, dan produk kosmetik lainnya

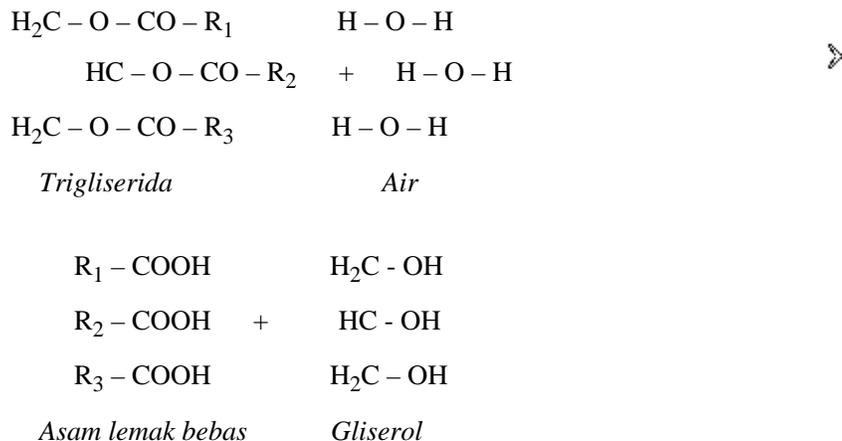
2. Digunakan sebagai agen pengering, yang kebanyakan digunakan dalam pembuatan cat dan produk-produk hasil kayu lainnya.
3. Minyak sayuran banyak digunakan dalam industri elektronika sebagai insulator karena minyak sayuran tidak beracun terhadap lingkungan, dapat didegradasi oleh alam.
4. Dapat digunakan sebagai bahan pendingin dalam PCs
5. Digunakan untuk keperluan bahan bakar, minyak kebanyakan digunakan sebagai biodiesel dan SVO (straight vegetable oil).

Pada umumnya reaksi-reaksi yang terjadi pada minyak adalah hidrolisa, hidrogenasi, oksidasi dan saponifikasi.

1. Hidrolisa

Hidrolisa dalam hal ini adalah penguraian lemak atau trigliserida oleh molekul air menjadi asam-asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi ini akan lebih sempurna jika ditambahkan katalisator misalnya enzim lipase.

Reaksi :



Proses hidrolisa dapat terjadi secara autokatalis atau dapat dikatalis oleh metal.

2. Hidrogenasi

Hidrogenasi yaitu adisi hidrogen terhadap ikatan rangkap asam lemak yang tak jenuh, sehingga terjadi asam lemak yang jenuh, yang mempunyai titik lebur yang lebih tinggi dibanding dengan asam lemak yang tidak jenuh.

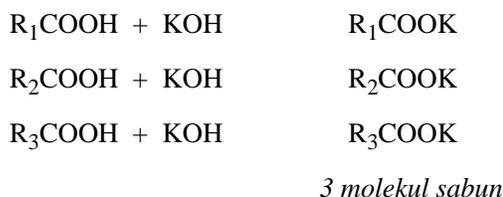
Reaksi :



3. Saponifikasi

Proses saponifikasi ini didahului dengan proses hidrolisa trigliserida. Selanjutnya hasil hidrolisa ini (asam lemaknya) akan membentuk garam asam lemaknya dengan alkali yang disebut sabun.

Reaksi :

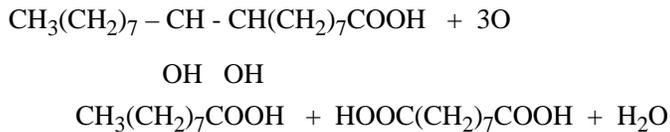


4. Oksidasi

Asam lemak tak jenuh biasanya mengalami oksidasi pada ikatan rangkapnya dan sebagai hasil oksidasi adalah hidroperoksida. Bau dan rasa yang tidak enak yang timbul pada margarin yang telah lama disimpan disebut ketengikan, ini disebabkan oleh hidrolisa komponen-komponen gliserida yang dipercepat oleh enzim lipase, disamping itu ketengikan dapat disebabkan oleh oksidasi asam lemak tak jenuh dan prosesnya akan dipercepat oleh cahaya. Misalnya, bila asam oleat ini dioksidasi oleh alkali permanganat pada temperatur rendah, dua gugus hidroksil akan terikat pada ikatan rangkap dan membentuk asam dihiroksi stearat. Pada temperatur yang lebih tinggi molekul ini selanjutnya dioksidasi menjadi asam pelargonat dan asam azelat.

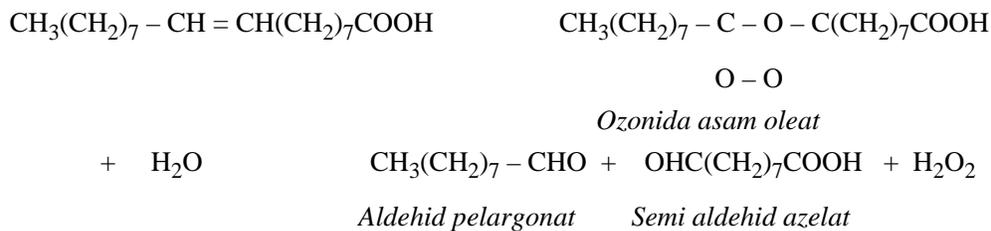
Reaksi :





Penambahan ozon pada ikatan rangkap dari lemak tak jenuh akan membentuk ozonida-ozonida, dimana dengan adanya air akan terbentuk dua molekul yang mengandung gugus aldehid.

Reaksi :



1.3 Sumber-Sumber Minyak Nabati

1.3.1 Minyak Kacang Tanah

Minyak kacang tanah seperti juga minyak nabati lainnya merupakan salah satu kebutuhan manusia yang dipergunakan baik sebagai bahan pangan (*edible purpose*) maupun bahan non pangan (*non edible purpose*). Sebagai bahan pangan minyak kacang tanah dipergunakan untuk minyak goreng, bahan dasar pembuatan margarin *mayonnaise*, *salad dressing* dan mentega putih (*shortening*), dan mempunyai keunggulan bila dibandingkan dengan minyak jenis lainnya, karena dapat dipakai berulang-ulang untuk menggoreng bahan pangan.

Sebagai bahan non pangan, minyak kacang tanah banyak digunakan dalam industri sabun, *face cream*, *shaving cream*, pencuci rambut dan bahan kosmetik lainnya. Dalam bidang farmasi minyak kacang tanah dapat digunakan untuk campuran pembuatan adrenalin dan obat asma.

1.3.1.1 Komposisi Kimia

Polong kacang tanah yang sudah matang (cukup tua) mempunyai ukuran panjang 1,25 – 7,50 cm dan berbentuk silinder. Tiap-tiap polong kacang tanah terdiri dari kulit (shell) 21 – 29 %, daging biji (*kernel*) 69-72, 40 %, dan lembaga (*germ*) 3,10 – 3,60 %.

Dari jumlah 9,1 persen kadar nitrogen kacang tanah, sebesar 8,74 persen diantaranya terdiri dari fraksi albumen, gluten dan globulin. Kacang tanah mengandung asam-asam amino esensial, yaitu arginin (2,72 %), fenilalanin (1,52 %), histidin (0,51 %), isoleusin (0,99 %), leusin (1,92 %), lisin (1,29 %), methionin (0,33 %), tritophan (0,21 %) dan valin (1,33 %).

Tabel 1.1 Komposisi Daging Biji Kacang Tanah

Komposisi	Jumlah (%)
Kadar air	4,6-6,0
Protein kasar	25,0-30,0
Lemak	46,0-52,0
Serat kasar	2,8-3,0
Ekstrak tanpa N	10,0-13,0
Abu	2,5-3,0

1.3.1.2 Komposisi Minyak

Minyak kacang tanah mengandung 76-82 % asam lemak tidak jenuh, yang terdiri dari 40-45 % asam oleat dan 30-35 % asam linoleat. Asam lemak jenuh sebagian besar terdiri dari asam palmitat, sedangkan kadar asam miristat sekitar 5 %. Kandungan asam linoleat yang tinggi akan menurunkan kestabilan minyak.

Kestabilan minyak akan bertambah dengan cara hidrogenasi atau dengan penambahan anti-oksidan. Dalam minyak kacang tanah terdapat persenyawaan tokoferol yang merupakan anti-oksidan alami dan efektif dalam menghambat proses oksidasi minyak kacang tanah.

Tabel 1.2 Komposisi Asam Lemak Minyak Kacang Tanah

Komposisi	1921 USA (%)	1934 Afrika Barat (%)	1945 Argentina (%)
Asam lemak jenuh	17,1	17,7	21,9
1. Miristat	-	-	0,4
2. Palmitat	6,3	8,2	11,4
3. Stearat	4,9	3,4	2,8
4. Behenat	5,9	6,1	7,3
Asam lemak tak jenuh			
1. Oleat	61,1	60,4	42,3
2. Linoleat	21,8	21,5	33,3
3. Heksa dekanat	-	-	2,4

Di dalam kacang tanah terdapat karbohidrat sebanyak 18 persen dengan kadar pati 0,5 – 5,0 persen dan kadar sukrosa 4 – 7 persen. Vitamin-vitamin yang terdapat adalah riboflavin, thiamin, asam nikotinat, vitamin E dan K. Sebagian besar kandungan mineral terdiri dari kalsium, magnesium, fosfor dan sulfur.

Racun di dalam kacang tanah yang disebut aflatoksin, dihasilkan oleh cendawan *Aspergillus flavus*. Aflatoksin ini terdiri dari B₁, B₂, G₁, G₂.

Kode B dan G menunjukkan intensitas *fluorecence* biru (*blue*) dan hijau (*green*) jika disinari dengan sinar ultra violet. Kacang tanah berumur tua, yang digunakan sebagai bibit kadang-kadang mengandung aflatoksin.

1.3.1.3 Sifat Fisik dan Kimia

Minyak kacang tanah merupakan minyak yang lebih baik daripada minyak jagung, minyak biji kapas, minyak *olive*, minyak bunga matahari, untuk dijadikan *salad dressing*, dan disimpan di bawah suhu -11°C. Hal ini disebabkan karena minyak kacang tanah jika berwujud padat berbentuk amorf, dimana lapisan padat tersebut tidak pecah sewaktu proses pembekuan. Minyak kacang tanah yang didinginkan pada suhu -6,6°C, akan menghasilkan sejumlah besar trigliserida padat.

Berdasarkan *flow test*, maka fase padat terbentuk dengan sempurna pada suhu -6,6°C. Sifat fisika-kimia minyak kacang tanah sebelum dan sesudah dimurnikan dapat dilihat pada tabel 1.4.

Tabel 1.3 Sifat Fisika-Kimia Minyak Kacang Tanah Sebelum dan Sesudah Dimurnikan

Karakteristik	Sebelum dimurnikan		Sesudah dimurnikan
	Tipe Virgina	Tipe Spanis	Bermacam-macam varietas
Bilangan Iod	94,80	90,10	90,0 - 94,0
Bilangan penyabunan	187,80	188,20	186,0 - 192,0
Bilangan Polenske	0,29	0,12	0,2 - 0,7
Bilangan Reichert-Meissl	0,21	0,27	0,1 - 1,0
Bilangan asetil	9,5	8,7	9,0 - 9,1
Titer (°C)	-	-	28 - 30
Titik cair	-	-	-5,5 - 2,2
Titik asap (°C)	-	-	226,6
Indeks bias n _D 60°C	-	-	1,4558
Bobot jenis	0,9136	0,9148	0,910 - 0,915

Tabel 1.4 Sifat Kimia Minyak Kacang Tanah

Karakteristik	Macam Standar				
	Kisaran	ACCS	British Standard	Species Spanis	N.C. Runner

Derajat asam	0,08 – 6,0	-	-	1,5	1,5
Bilangan penyabunan	188,0 – 195,0	188,0 – 195,0	188 min	-	-
Bilangan Iod	84,0 – 102,0	100,0 – 84	82 – 99	-	-
Bilangan thioainogen	67,0 – 73,0	63	-	-	-
Bilangan hidroksil	2,5 – 9,5	8,6 – 9,6	-	-	-
Bilangan Reichert-Meissl	0,2 – 1,0	0,5	-	-	-
Bilangan Polenske	0,2 – 0,7	0,5	-	-	-
Zat tak tersabunkan	0,2 – 0,8	1	0,8 max	0,64	0,7
Indeks bias n_D 40°C	1,4605 – 1,4645	-	-	1,4683	1,4681
Bobot jenis: 15/15°C	-	0,917 – 0,921	0,17 – 0,92	-	-
Bobot jenis: 25/25°C	0,91 – 0,915	0,910 – 0,915	-	-	-
Titer, °C	26 – 32	26,32	-	-	-

1.3.2 Minyak Wijen

Berdasarkan catatan pustaka, produk minyak wijen atau *sesame oil* yang diperoleh dengan cara memeras biji tanaman wijen sudah dikenal sejak zaman *baheula*. Salah satu sumber pustaka yang memuat tentang minyak wijen adalah kitab *Hindu Ayur-Veda* dari Tanah India. Sedangkan bangsa-bangsa yang sejak lama menggunakan minyak wijen, selain mereka yang berasal dari India, juga bangsa-bangsa Timur Tengah, Cina, Jepang, Amerika, dan Kanada.

Minyak wijen yang diproses dari biji wijen hitam atau putih sangat kaya dengan kandungan protein, vitamin, dan mineral. Minyak wijen yang diketahui sangat kaya zat gizi itu, sekaligus mengandung senyawa asam lemak esensial, omega 6, omega 9, antioksidan, dan lecithin yang berkasiat baik bagi pencegahan penyakit jantung, kolesterol, kanker, dan lain-lain.

Manfaat minyak wijen atau sesame oil sendiri, selain secara konvensional digunakan sebagai minyak makan (minyak goreng) juga banyak dimanfaatkan industri kimia, farmasi, dan obat-obatan. Pemanfaatan minyak wijen sebagai minyak kesehatan disebabkan di dalam minyak wijen terkandung asam lemak esensial, asam lemak dengan omega 6 dan omega 9, tokoferol, dan kandungan antioksidan lainnya. Itu sebabnya, perdagangan wijen dan minyak wijen di dunia terus mengalami peningkatan.

1.3.2.1 Sifat-Sifat Minyak Wijen

Biji wijen murni 100 % dipilih, dipanaskan pada temperatur sedang dan dengan menggunakan dua tahap penyaringan untuk menghasilkan minyak yang diharapkan. Minyak mentah yang dihasilkan adalah dasar yang diyakini sebagai RBDW minyak wijen.

Minyak wijen memiliki sifat yang khas, berwarna kuning keemasan yang jernih dan beraroma lembut. Minyak ini memiliki kesetimbangan yang tinggi dan ketahanan dari kerusakan dan oksidasi. Keuntungan dari minyak wijen bahwa minyak ini pada temperatur tinggi tidak terbakar secepat minyak lain, dan keuntungan yang lain adalah memiliki anti oksida yang disebut SESAMOL. Minyak wijen memiliki 87 % lemak tidak jenuh yang 41 %-nya merupakan asam linoleat.

Tabel 1.5 Tabel Spesifikasi Kualitas

ANALISA	RANGE
Asam lemak bebas (Linoleat)	Maks 2 %
Bilangan Peroksida	2,0
Laju pengeringan	Maks 0,15 %
Massa jenis (20 °C)	0,916-0,926 gr/ml
Bilangan Iodida	104-125
Angka Penyabunan	188-198
Test Halpen	Negatif
Indeks Refraksi	1,472-1,4786
Test beku selama 5,5 jam pada 0 °C	Berhasil

Sabun	0
-------	---

Tabel 1.6 Tabel Profil Asam Lemak Bebas

Profil asam lemak	Nama	Jumlah
C ₁₆	Palmitic	7%-12%
C ₁₈	Stearic	3,6%-50%
C _{18:1}	Oleic	35%-50%
C _{18:2}	Linoleat	35%-50%
C _{18:3}	Linolenic	1% max

Sebagai catatan, minyak wijen yang bukan berasal dari hasil pembakaran biji wijen, kadang-kadang dapat kita jumpai di supermarket dan tidak bagus digunakan sebagai pengganti minyak wijen yang digunakan pada bahan makanan/masakan. Karena minyak wijen yang digunakan pada makanan dihasilkan dari biji wijen yang dipress. Minyak yang mudah terbakar ini dapat ditemukan pada masakan Indian saat negara-negara Asia belum mengenalnya. Minyak wijen dapat disimpan untuk beberapa bulan jika disimpan ditempat yang kering dan dingin. Salah satu yang terbaik adalah minyak wijen Kadoya dari Japan. Selain digunakan pada masakan minyak wijen dijumpai pada pengolahan apapun dengan perlakuan stimulan. Dapat juga dilakukan pada pembuatan oksidan.

Tanaman *sesame* memiliki beberapa keuntungan dalam hal agrikultur seperti biji dan hasil berada pada kondisi baik pada suhu tinggi, dapat ditanam pada tempat penyimpanan yang lembab tanpa air hujan dan sistem irigasi, dapat tumbuh baik pada area murni atau digabung dengan tanaman lain, akarnya dapat menetralkan tanah dan meningkatkan perambahan air.

Buah *sesame* berbentuk kapsul dan setiap kapsul mengandung 50 hingga 100 biji. Biji inilah yang diolah untuk diambil asam lemak bebasnya. Berat dari 1000 biji adalah sekitar 2 hingga 4 g. bijinya lembut dan dapat berwarna putih, kuning, coklat kemerahan atau hitam. Bersifat *dikotiledon*, *albumin*, dan *oleagin*.

Sesame dapat beradaptasi pada wilayah ekuator dan daerah subtropis. Dan tumbuh baik pada wilayah panas yang kering dan memiliki akar yang dapat mencapai lapisan air bawah tanah. Di Afrika, sesame umumnya ditanam pada tanah yang sedikit berpasir dengan curah hujan sekitar 380 mm. Di India, tanaman ini ditanam pada tanah yang lebih ringan pada pH sekitar 5,5 – 8,2 dan biji matang dalam 80 hingga 140 hari.

1.3.3 Minyak Kelapa

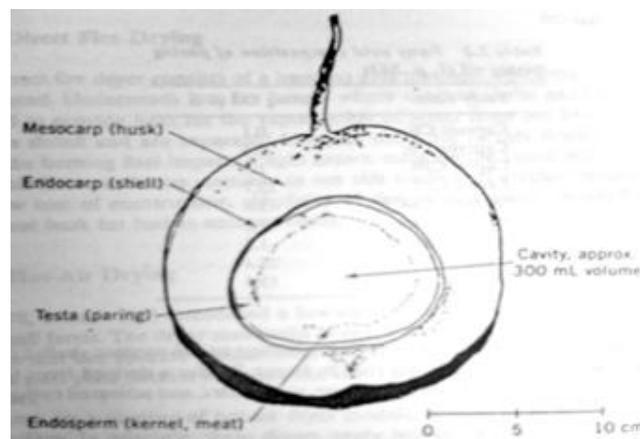
Minyak kelapa diperoleh dari buah tanaman kelapa atau *Cocos nucifera L.*, yaitu pada bagian inti buah kelapa (*kernel* atau *endosperm*).

Tanaman kelapa ini memiliki :

Famili : *Palmae*

Genus : *Cocos*

Inti buah tanaman kelapa ini memiliki kandungan minyak kelapa sebanyak 34 % dengan kelembaban 6-8 %. Kandungan asam lemak minyak kelapa yang paling banyak adalah asam laurat C12:0 (asam lemak jenuh / *saturated fatty acid*).



Gambar 1.1 Buah Kelapa

Pada pembuatan minyak kelapa yang menjadi bahan baku utamanya adalah daging kelapa. Minyak kelapa berdasarkan kandungan asam lemak digolongkan ke dalam minyak asam laurat, karena kandungan asam lauratnya paling besar jika dibandingkan dengan asam lemak lainnya. Berdasarkan tingkat ketidakjenuhannya yang dinyatakan dengan bilangan iod (*iodine value*), maka minyak kelapa dapat dimasukkan ke dalam golongan *non drying oils*, karena bilangan iod minyak tersebut berkisar antara 7,5 – 10,5.

Minyak kelapa yang belum dimurnikan mengandung sejumlah kecil komponen bukan minyak, misalnya fosfatida, gum sterol (0,06 – 0,08%), tokoferol (0,003) dan asam lemak bebas (kurang dari 5%), sterol yang terdapat di dalam minyak nabati disebut phitosterol dan mempunyai dua isomer, yaitu beta sitosterol ($C_{29}H_{50}O$) dan stigmasterol ($C_{29}H_{48}O$). Stiol bersifat tidak berwarna, tidak berbau, stabil dan berfungsi sebagai *stabilizer* dalam minyak. Tokoferol mempunyai tiga isomer, yaitu α -tokoferol (titik cair 158°-160°C), β -tokoferol (titik cair 138°-140°C) dan γ -tokoferol. Persenyawaan tokoferol bersifat tidak dapat disabunkan, dan berfungsi sebagai anti oksidan.

Warna coklat pada minyak yang mengandung protein dan karbohidrat bukan disebabkan oleh zat warna alamiah, tetapi oleh reaksi *browning*. Warna ini merupakan hasil reaksi dari senyawa karbonil (berasal dari pemecahan peroksida) dengan asam amino dari protein, dan terjadi terutama pada suhu tinggi. Warna pada minyak kelapa disebabkan oleh zat warna dan kotoran – kotoran lainnya.

Zat warna alamiah yang terdapat pada minyak kelapa adalah karoten yang merupakan hidrokarbon tidak jenuh dan tidak stabil pada suhu tinggi. Pada pengolahan minyak menggunakan uap panas maka warna kuning yang disebabkan oleh karoten akan mengalami degradasi.

Komposisi kimia daging buah kelapa ditentukan oleh umur buahnya, seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 1.7 Komposisi Kimia Daging Buah Kelapa Pada Berbagai Tingkat Kematangan Dalam 1000 Gram Bahan

Komponen	Buah Muda	Buah Setengah Tua	Buah Tua
Kalori (kal)	68,0	180,0	359,03,4
Protein (gr)	1,0	4,0	3,4
Lemak (gr)	0,9	13,0	34,7
Karbohidrat (mg)	14,0	10,0	14,0
Kalsium (mg)	17,0	8,0	21,0
Fosfor (mg)	30,0	35,0	21,0
Besi (mg)	1,0	3,0	2,0
Aktivitas Vit.A (IU)	0,0	10,0	0,0
Thiamin (mg)	0,0	0,5	0,1
Asam askorbat (mg)	4,0	4,0	2,0
Air (BR)	83,3	70,0	46,4

Daging buah kelapa dapat diolah menjadi santan (*juice extract*). Santan kelapa ini dapat dijadikan bahan pengganti susu atau dijadikan minyak.

Tabel 1.8 Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa

Asam lemak	Rumus kimia	Jumlah (%)
Asam lemak jenuh		
Asam kaproat	$C_5H_{11}COOH$	0,0 – 0,8
Asam kaprilat	$C_7H_{15}COOH$	5,5 – 9,5
Asam kaprat	$C_9H_{19}COOH$	4,5 – 9,5
Asam laurat	$C_{11}H_{23}COOH$	44,0 – 52,0
Asam miristat	$C_{13}H_{27}COOH$	13,2 – 19,0

Asam palmitat	$C_{15}H_{31}COOH$	7,5 – 10,0
Asam stearat	$C_{17}H_{35}COOH$	1,0 – 3,0
Asam lemak tidak jenuh		
Asam palmitoleat	$C_{15}H_{29}COOH$	0,0 – 1,3
Asam oleat	$C_{17}H_{33}COOH$	5,0 – 8,0
Asam linoleat	$C_{17}H_{31}COOH$	1,5 – 2,5

1.3.4 Minyak Bunga Matahari

Bunga matahari diketahui telah tumbuh di Arizona, New Mexico pada tahun 3000 SM dan di lembah Missisipi-Missouri pada tahun 900 SM. Tanaman ini dibawa ke Eropa oleh penjelajah muda dan telah dikembangkan sebagai sumber Edible Oil di Rusia. Kandungan asam oleat berbanding terbalik dengan proses maturasi biji.

Bunga matahari banyak dibudidayakan di Eropa. Prosesing awal dari biji bunga matahari dari kulit menghasilkan minyak kuning dengan aroma yang lembut. Minyak biji bunga matahari ini (refined oil) digunakan sebagai minyak salad atau sebagai minyak goreng dan sebagai sumber pembuatan margarin. Untuk minyak salad yang digunakan hanya bunga matahari yang dihasilkan dari daerah Minnesota dan Dakota yang beriklim dingin, karena minyak yang dihasilkan berbeda untuk tiap daerah tergantung pada keadaan iklim.

Produksi minyak biji bunga matahari relatif besar di Rusia, Argentina dan Hungaria. Perkembangan popularitas biji bunga matahari terutama berhubungan dengan :

1. Kestabilan rasanya tanpa perlu hidrogenasi

Hal ini menjadikan biji bunga matahari lebih alami

2. Ketinggian kandungan asam linoleatnya (55-70 %)

Minyak lain yang mengandung asam linoleat tinggi adalah minyak kedelai dan minyak jagung. Kedua minyak ini dalam rangkaian prosesnya sering kali merupakan by-produk (hasil samping). Hal ini menyebabkan produsen dapat memberi potongan harga kepada konsumen. Berbeda dengan minyak biji bunga matahari yang jauh lebih mahal harganya.

Proses pengolahan minyak biji bunga matahari diawali dengan proses ekstraksi. Minyak mentah yang dihasilkan masih mengandung materi-materi pengotor yang kemudian disingkirkan melalui proses refining (Degumming, Neutralizing, Washing, Drying, Bleaching dan Deoderizing).

Komposisi minyak biji bunga matahari adalah sebagai berikut :

1. Kandungan asam lemak %

◆ Miristat	: C – 14 : 0	0,1
◆ Palmitat	: C – 16 : 0	7,0
◆ Palmitoleat:	C – 16 : 1	0,1
◆ Stearat	: C – 18 : 0	4,5
◆ Oleat	: C – 18 : 1	18,7
◆ Linoleat	: C – 18 : 2	67,5
◆ Linolenat	: C – 18 : 3	0,8
◆ Arachidinat:	C – 20 : 0	0,4
◆ Behenat	: C – 22 : 0	0,7
◆ α - linoleat	: C 18 : 3(9, 12, 15)	0,5

2. Kandungan minyak biji (% berat) = 25 – 30 %

3. Kandungan tocopherol dan tocotrienol dalam minyak biji bunga matahari

α - Tocopherol	α - Tocotrienol	δ - Tocopherol	δ - Tocopherol
48,7	5	5,1	0,8

Rumus molekul tocopherol



Rumus molekul tocotrienol



1.3.5 Rapeseed (Lobak)

Rapeseed oil (minyak lobak) adalah minyak yang diperoleh dari biji lobak yang biasanya diperdagangkan dengan nama minyak kanola (canola oil). Minyak ini dulunya hanya ada di Eropa dan Timur Tengah. Minyak lobak telah diolah lebih lanjut untuk memperbaiki keseimbangan ataupun kondisi tingkat sterol dan ikatan jenuh yang lebih seimbang daripada minyak lainnya, kecuali minyak zaitun (olive oil).

Canola oil merupakan nama dagang dari minyak lobak, yang mungkin diasumsikan dari nama lobak sendiri yang artinya “diambil dari biji lobak”. Menurut suatu alasan, nama ini diganti menjadi *canola* oleh industri minyak di Kanada. Minyak kanola sebenarnya adalah minyak yang paling banyak digunakan di Kanada. Pada umumnya hal ini merujuk pada *lear oil* (minyak yang diambil dari bagian daun), untuk minyak lobak dengan asam erusi rendah. Popularitas dari minyak kanola berkembang dengan cepat di Amerika Serikat, yang mungkin dikarenakan ditemukannya minyak jenuh yang lebih rendah (kira – kira 6%) daripada minyak lainnya. Perbandingan ini sangat jauh bila dibandingkan dengan minyak jenuh dari minyak kacang tanah (kurang lebih 18%) dan minyak kelapa sawit (sangat tinggi, sekitar 79%). Minyak kanola memiliki titik jual untuk kandungan sterol yang rendah dan keseimbangan dari asam lemak tak jenuh (satu ikatan rangkap) daripada minyak lainnya, kecuali minyak zaitun. Minyak ini juga memiliki kandungan asam lemak Omega – 3, keberadaan atau kandungan asam lemak dengan ikatan rangkap yang banyak tidak hanya merendahkan kandungan kolesterol ataupun trigliserida, tapi juga mendukung pertumbuhan dan perkembangan otak dengan baik. Minyak kanola sangat sesuai untuk memasak dan pelengkap salad.

Minyak lobak sangat baik digunakan untuk memasak dan menggoreng. Secara relatif memiliki level yang tinggi untuk asam tak jenuh dengan satu ikatan rangkap, membuat minyak robusta ini merupakan salah satu yang terbaik dimana memiliki toleransi yang tinggi untuk suhu yang tinggi. Ketika dijual sebagai minyak goreng, akan sering mengandung suatu anti – foam (anti buih) serta metil – polisilooksana. Walaupun biasanya dijual dalam bentuk cair, minyak lobak dapat dipadatkan dengan proses hidrogenasi, dan bertambah dengan adanya dalam bentuk semi padat ataupun dalam bentuk padat penuh.

Komposisi dasar :

- Asam lemak jenuh : 7%
- Asam lemak tak jenuh dengan satu ikatan rangkap : 63%
- Asam lemak tak jenuh dengan banyak ikatan rangkap : 30%

Komposisi kimia dari rapeseed oil atau canola oil per 100 gram minyak adalah dapat dilihat seperti pada tabel berikut.

Tabel 1.9 Komposisi kimia per 100 gram bahan

1. Lemak	100 g
2. Vitamin E	21 mg
3. Asam lemak	
• Asam lemak jenuh	7,1 g
- Asam palmitat (C ₁₆ H ₃₂ O ₂)	4,0 g
- Asam stearat (C ₁₈ H ₃₆ O ₂)	1,8 g
- Asam arachidat (C ₂₀ H ₄₀ O ₂)	0,7 g
- Asam rehenat (C ₂₂ H ₄₄ O ₂)	0,4 g
- Asam rehenat (C ₂₂ H ₄₄ O ₂)	0,2 g
- Asam lignoserat (C ₂₄ H ₄₈ O ₂)	58,9 g
• Asam lemak tak jenuh dengan satu ikatan rangkap (omega-9)	0,2 g
- Asam palmitoleat (C ₁₆ H ₃₀ O ₂)	56,1 g
- Asam oleat (C ₁₈ H ₃₄ O ₂)	1,7 g
- Asam oleat (C ₁₈ H ₃₄ O ₂)	0,6 g
- Asam gadoleat (C ₂₀ H ₃₈ O ₂)	29,6 g
- Asam erukat (C ₂₂ H ₄₂ O ₂)	20,3 g
- Asam erukat (C ₂₂ H ₄₂ O ₂)	9,3 g

<ul style="list-style-type: none"> Asam lemak tak jenuh dengan banyak ikatan rangkap <ul style="list-style-type: none"> Asam linoleat (omega-6) (C₁₈H₃₂O₂) Asam linolenat (omega-3) (C₁₈H₃₀O₂) 	0,00 mg
4. Kolesterol	

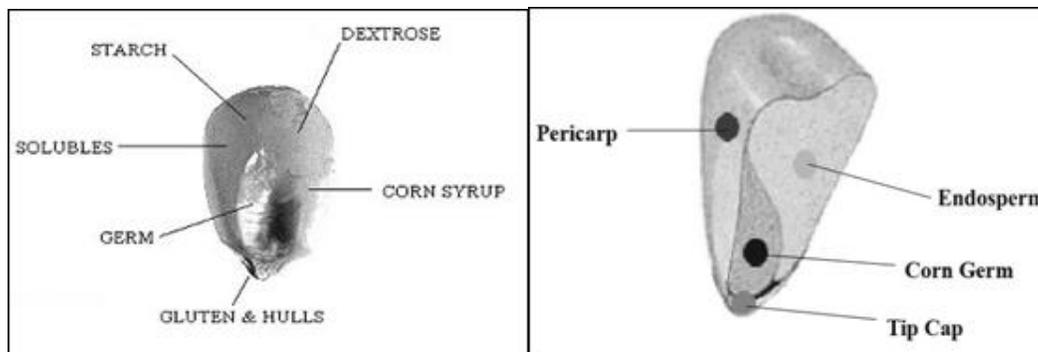
1.3.6 Minyak Jagung

Minyak jagung diperoleh dari biji tanaman jagung atau *Zea mays L.*, yaitu pada bagian inti biji jagung (*kernel*) atau benih jagung (*corn germ*). Tanaman jagung ini memiliki :

Famili : *Poaceae*

Genus : *Zea*

Inti biji jagung (benih jagung (*corn germ*)) ini memiliki kandungan minyak jagung sebanyak 83 % dengan kelembaban 14 %. Kandungan asam lemak minyak jagung yang paling banyak adalah asam linoleat C18:2 (asam lemak tak jenuh / *unsaturated fatty acid*). Minyak ini ditemukan pertama kali di Meksiko Tengah pada 5000 SM.



Gambar 1.2 Biji Jagung

1.3.6.1 Komposisi Kimia Biji Jagung

Jagung sebagai bahan makanan, mengandung nilai gizi yang cukup tinggi jika dibanding dengan bahan pangan lainnya, terutama jagung kuning yang banyak mengandung vitamin A.

Lemak terdapat pada bagian bawah dari butiran biji jagung beratnya sekitar 9-12 persen dari berat butiran. Karbohidrat terdapat pada endosperm sekitar 73-79 persen, kadar protein dalam endosperm sekitar 10-19 persen dan 22,4 persen pada kulit ari.

Hasil analisis menunjukkan kandungan protein pada jagung biji sebesar 8.6-9.4 persen. Kandungan protein ini lebih tinggi lagi (11-15%) pada jagung hibrida yang dipupuk dengan nitrogen.

Protein jagung miskin akan lisin dan triptofan sehingga dapat menimbulkan penyakit pelagra pada orang yang makanannya hanya bersumber dari jagung. Dengan mencampur jagung dengan makanan lainnya yang mengandung lisin dan triptofan penyakit tersebut dapat dicegah. Lemak jagung terutama terdapat dalam lembaga, dengan kadar lemak sekitar 30 persen. Kadar lemak biji jagung secara keseluruhan yaitu 4,2 - 5 persen. Komposisi mineral biji jagung kering dapat dilihat seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 1.10 Komposisi Mineral Biji Jagung Kering

Komponen	Jumlah (%)
Kalsium	0,01940
Fosfor	0,27300
Kalium	0,28500
Besi	0,00226
Magnesium	0,10200
Khlor	0,04100

Mangan	2,43000
Tembaga	1,82000
Kobalt	0,01120
Iod	0,00006

1.3.6.2 Komposisi Kimia Minyak Jagung

Minyak jagung merupakan trigliserida yang disusun oleh gliserol dan asam-asam lemak. Persentase trigliserida sekitar 98,6 persen, sedangkan sisanya merupakan bahan non minyak, seperti abu, zat warna atau lilin. Asam lemak yang menyusun minyak jagung terdiri dari asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh.

Selain komponen-komponen tersebut di atas, minyak jagung juga mengandung bahan yang tidak tersabunkan, yaitu:

1. Sitosterol dalam minyak jagung berkisar antara 0,91-18 %. Jenis sterol yang terdapat dalam minyak jagung adalah campesterol (8-12 %), stigmasterol (0,7-1,4 %), betasterol (86-90 %) dari sterol yang ada dan pada proses pemurnian, kadar sterol akan turun menjadi 11-12 %.
2. Lilin merupakan salah satu fraksi berupa kristal yang dapat dipisahkan pada waktu pemurnian minyak menggunakan suhu rendah. Fraksi lilin terdiri dari mirisil tetrakosanoat dan mirisil isobehenat.
3. Tokoferol yang paling penting adalah alfa dan beta tokoferol yang jumlahnya sekitar 0,078 %. Beberapa macam gugusan tokoferol yaitu 7 metil tocol; 7,8 dimetil tococreena; 5,7,8 trimetil tokotrienol; (5,7,8) trimetil tocol (alfa tokoferol); 7,8 dimetil tocol.
4. Karotenoid pada minyak jagung kasar terdiri dari xanthophyl (7,4 ppm) dan caroten (1,6 ppm) dan kadar tersebut akan menurun menjadi 4,8 ppm xanthophyl dan 0.5 ppm caroten pada proses pemurnian.

Adapun data-data minyak jagung ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 1.11 Komposisi Asam Lemak Minyak Jagung

Asam Lemak	Jumlah (%)
Miristat	0,1
Palmitat	8,1
Stearat	2,5
Reksadekanoat	1,2
Oleat	30,1
Linoleat	56,3
Asam di atas C-18	1,7

Komponen lainnya sebagai penyusun minyak jagung adalah triterpene alkohol. Dengan GLC dapat dianalisis beta amirin sikloaitenol, alfa amirin likloartenol, 2,4 metil sikloartenol dan sejumlah kecil hidrokarbon yaitu 28 ppm squalene, yang merupakan hidrokarbon aromatis polisiklis.

Minyak jagung berwarna merah gelap dan setelah dimurnikan akan berwarna kuning keemasan. Bobot jenis minyak jagung sekitar 0,918 - 0,925, sedangkan nilai indeksnya pada suhu 25°C berkisar antara 1,4657 – 1,4659. Kekentalan minyak jagung hampir sama dengan minyak-minyak nabati lainnya yaitu 58 sentipoise pada suhu 25°C. Minyak jagung larut di dalam etanol, isopropil alkohol, dan furfural, sedangkan nilai transmisinya sekitar 280-290.

1.3.7 Minyak Kedelai

Kacang Kedelai berasal dari Asia Tenggara dan pertama kali di kenal di Amerika Serikat pada tahun 1765 (*Soybean Research Advisory Institute, 1984*). Sekarang penghasil kacang kedelai terbesar di dunia adalah Amerika Serikat dengan lokasi pertanian terbesar terdapat di daerah barat dan selatan Amerika Serikat. Kacang kedelai merupakan panen terbanyak kedua di Amerika Serikat di bawah jagung, dan sejak tahun 1970, Amerika Serikat sudah memproduksi kira-kira lebih dari 1,5 milyar bushels (1 bushels = 36 L) kacang kedelai per tahun. Dua produk utama yang diproses dari kacang kedelai adalah minyak dan tepung. Tabel tentang komposisi kandungan kedelai dan komposisi lemaknya dapat dilihat seperti pada tabel berikut.

Tabel 1.12 Komposisi Kedelai

Kandungan dalam Kedelai	Persentase
Protein	40 %
Lemak	20 %
Sellulosa dan Hemisellulosa	17 %
Gula	7 %
Serat Alam	5 %
Abu (berat basah)	6 %

Tabel 1.13 Komposisi Asam Lemak

Asam Lemak	Persentase (%)
Myristic	Tr
Palmitic	7-10
Stearic	3-6
Arachic	0-2
Behenic	-
Palmitoleic	Tr
Oleic	20-35
Linoleic	40-57
Linolenic	5-14

1.3.8 Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guinensis*) berasal dari Guinea di pesisir Afrika Barat, kemudian diperkenalkan ke bagian Afrika lainnya, Asia Tenggara dan Amerika Latin sepanjang garis equator (antara garis lintang utara 15° dan lintang selatan 12°). Kelapa sawit tumbuh baik pada daerah iklim tropis, dengan suhu antara 24 °C - 32 °C dengan kelembaban yang tinggi dan curah hujan 200 mm per tahun. Kelapa sawit mengandung kurang lebih 80% perikarp dan 20% buah yang dilapisi kulit yang tipis. Kandungan minyak dalam perikarp sekitar 30% – 40%. Kelapa sawit menghasilkan dua macam minyak yang sangat berlainan sifatnya, yaitu :

1. Minyak sawit (CPO), yaitu minyak yang berasal dari sabut kelapa sawit
2. Minyak inti sawit (CPKO), yaitu minyak yang berasal dari inti kelapa sawit

Pada umumnya minyak sawit mengandung lebih banyak asam-asam palmitat, oleat dan linoleat jika dibandingkan dengan minyak inti sawit. Minyak sawit merupakan gliserida yang terdiri dari berbagai asam lemak, sehingga titik lebur dari gliserida tersebut tergantung pada kejenuhan asam lemaknya. Semakin jenuh asam lemaknya semakin tinggi titik lebur dari minyak sawit tersebut.

Tabel 1.14 Karakteristik Minyak Sawit

Karakteristik	Harga
Specific Gravity pada 37,8 °C	0,898-0,901
Iodine Value	44 – 58
Saponification Value	195 – 205
Unsaponification Value, %	< 0,8
Titer, °C	40 – 47

Komponen penyusun minyak sawit terdiri dari trigliserida dan non trigliserida. Asam-asam lemak penyusun trigliserida terdiri dari asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh.

Tabel 1.15 Komposisi Komponen Trigliserida Asam Lemak pada Minyak Sawit dari Berbagai Sumber

Asam Lemak	Malaysia (%)	Indonesia (%)	Zaire (%)

Miristik	0,5-0,8	0,4-0,8	1.2-2.4
Palmitik	46-51	46-50	41-43
Stearik	2-4	2-4	4-6
Oleik	40-42	38-42	38-40
Linoleik	6-8	6-8	10-11

Komponen non-trigliserida ini merupakan komponen yang menyebabkan rasa, aroma dan warna kurang baik. Kandungan minyak sawit yang terdapat dalam jumlah sedikit ini, sering memegang peranan penting dalam menentukan mutu minyak.

Tabel 1.16 Kandungan Minor (Komponen non-Trigliserida) Minyak Sawit

Komponen	ppm
Karoten	500 – 700
Tokoferol	400 – 600
Sterol	Mendekati 300
Phospatida	500
Besi (Fe)	10
Tembaga (Cu)	0,5
Air	0,07 – 0,18
Kotoran-kotoran	0,01

1.3.9 Minyak Safflower

Merupakan salah satu jenis bunga predator. Bunga ini diproduksi dalam skala besar di Mesir. *Safflower* biasanya tumbuh di daerah hangat. Bunga ini membutuhkan waktu hujan dan panas yang hampir sama. *Safflower* mempunyai waktu tumbuh sekitar 120 hari, sekitar 300-500 mm, di daerah hutan hujan atau irigasi. Disamping itu, *Safflower* merupakan tanaman yang tidak bisa bersaing dengan rumput liar, memperoleh zat makanan dari tanah, sehingga tempat tumbuhnya harus cukup tanpa ada gangguan dari rumput liar.

Dalam beberapa penelitian, diketahui bahwa didalam minyak *Safflower* terdapat 3 % mol ikatan rangkap dua, 3 % mol ikatan rangkap tiga, 23 % mol ikatan rangkap empat, 19 % mol ikatan rangkap lima, dan 47 % mol ikatan rangkap enam atau tujuh. Disamping itu juga diketahui bahwa minyak *Safflower* mengandung 74,6 % mol asam linoleat.

Tabel 1.17 Komposisi Asam Lemak Minyak Safflower

Asam Lemak	Normal	Olein
Palmitat	5,25	4,5
Stearat	1,50	1,5
Oleat	15,00	77,00
Linoleat	77,00	15,00
Lain-lain	1,25	2,00

Tabel 1.18 Sifat Fisik dan Kimia Minyak *Safflower*

Karakteristik	Kandungan	Minimum	Maksimum
Fisik			
<i>Color Gardness</i>	8-10	-	11'
<i>Color after heat bleaching</i>	322-3	-	4'
<i>Color, Refined, Bleached, Deodorized</i>	0,5-1 ted	-	15
<i>Spesific gravity</i>	0,919-0,924	-	-
<i>Retractive moles</i>	1,473-1,476	-	-
<i>Ester</i>	15-17	-	-
<i>Flash point</i>	148,8-300	121,1(250)	-
Kimia			
<i>Free Fatty Acid</i>	0,35-0,6	-	-
<i>Saponification value</i>	186-194	-	-
<i>Iodine value</i>	141-147	140	-
<i>Unsaponifiable</i>	0,3-0-,6	-	-
<i>Peroxide value</i>	0-1,0	-	-
<i>Moisture and volatile</i>	0,03-0,1	-	-
<i>Insoluble impurities</i>	0,01-0,1	-	-
<i>Moisture and impurities</i>	0,05-0,1	-	-
<i>Principle fatty acid</i>			
<i>Palmitat</i>	4-6	-	-
<i>Stearat</i>	1-2	-	-
<i>Oleat</i>	16-12	-	-
<i>Linoleat</i>	75-79	72	-
<i>Linolenat</i>	nil	-	-

1.3.10 Minyak Beras

Minyak beras diperoleh dari produk samping pengilangan tanaman padi. Minyak beras (biasanya disebut juga dengan *rice brand oil*) merupakan bahan utama dalam membuat sereal. Sumber utama dalam pembuatan minyak beras adalah beras itu sendiri. Lebih dari 90 % asam lemak dalam minyak beras terdiri atas asam palmitat, asam oleat, dan asam linolenat. Sedangkan 4 % diantaranya terdiri atas pospolipid. Pospolipid yang terkandung didalam minyak beras itu lebih tinggi bila dibandingkan dengan minyak nabati yang lain.

Pada minyak beras terdapat sterol yang merupakan kandungan asam lemak tak tersaponifikasi maksimum, yang terdiri atas sterol bebas, ester, sterilglikosida, dan asilsteril glikosida. Lebih dari 4 % minyak beras merupakan asam lemak yang tak tersaponifikasi. Salah satu yang paling tidak diinginkan adalah β -sitosterol. Komposisi kimia dari minyak beras dapat dilihat pada tabel 1.19.

Disamping itu, didalam minyak beras juga terdapat kadungan *wax* sekitar 1-4 %, tergantung pada jenisnya dan metode yang digunakan untuk mengekstraksi minyak tersebut. *Wax* itu larut didalam heksana dan tidak larut didalam aseton. Lilin yang keras mencair pada suhu 79,5°C dan terurai menjadi *fatty alcohol saturated* C 24, C 26, dan C 30. Sedangkan asam lemak saturatednya terdiri atas C 22, C 24, dan C 26, serta n-alkana C 29 dan C 31. Lilin yang lunak memiliki titik leleh pada suhu 74°C dan terurai menjadi *fatty alcohol saturated* C 24 dan C 30. Asam lemak saturatednya terdiri atas C 16 dan C 26, dan n-alkana C21 dan C 29.

Tabel 1.19 Komposisi Kimia Minyak Beras

Karakteristik	RBO*	GNO*
---------------	------	------

<i>Physical chemical parameter</i>		
<i>Acid value</i>	1,2	1,2
<i>Iodine value</i>	104,0	100,2
<i>Saponifiable value</i>	188,0	206,2
<i>Unsaponifiable matter</i>	4.2	0,4
<i>Fatty acid composition, %</i>		
C14:0	0,3	-
C16:0	15,0	14,4
C18:0	1,7	3,1
C18:0	43,0	42,6
C18:0	37,4	35,9
C18:0	1,5	-
C20:0	0,6	2,7
C22:0	-	1,0

(RBO = Rice Brand Oil, GNO = Ground Nut Oil)

1.3.11 Minyak Biji Kapas

Minyak biji kapas diperoleh dari biji tanaman kapas. Minyak biji kapas diperoleh dari proses pengekstraksian biji kapas. Spesies yang umum dikenal dari tanaman kapas yaitu : - 4 *Gossypium hirsutum* (USA dan Australia)

- *G. arboreum* dan *G. herbaceum* (Asia)

- *G. barbadense* (Egypt)

Biji kapas ini memiliki kandungan minyak biji kapas sebanyak 16,14 % dengan kelembaban < 10 %. Kandungan asam lemak minyak biji kapas yang paling banyak adalah asam linoleat C18:2 (asam lemak tak jenuh / *unsaturated fatty acid*)

Kapas adalah suatu serabut lembut yang tumbuh di sekitar suatu semak belukar yang asli kepada daerah subtropis dan tropis.

Serabut kapas setelah diproses untuk memindahkan benih dan jejak lilin, protein, dll. terdiri dari selulosa suatu polimer alami. Produksi kapas sangat efisien dimana hanya sekitar kurang dari sepuluh persen berat dari kapas yang terbuang sewaktu dilakukan pengolahan awal sehingga menjadi bahan baku. Tanaman kapas tumbuh pada daerah tropis dan subtropis yang beriklim hangat (panas). Komposisi kandungan asam lemak yang terdapat pada minyak biji kapas dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.20 Komposisi Asam Lemak Minyak Biji Kapas

Asam Lemak (FA)	Kandungan %
Miristat C14:0	0.7 – 0.9
Palmitat C16:0	22.7 – 27.3
Palmitoleat C16:1	0.6 – 0.8
Stearat C18:0	2.0 – 2.7
Oleat C18:1	15.6 – 18.6
Linoleat C18:2	50.5 – 55.8
Linolenat C18:3	0.2 – 0.3
Aracidoneat C20:4	0.1

1.4 Proses Pemurnian Minyak Nabati

Pada dasarnya rancangan pabrik dalam memproses pemurnian minyak nabati mentah sangat bervariasi bergantung pada pabriknya.

Akan tetapi tahapan-tahapan dalam proses tersebut adalah sama, yakni degumming, netralisasi, bleaching, dan deodorisasi. Proses berikut ini merupakan proses dari Pennwalt yang dimulai dari pengolahan minyak nabati setelah diekstraksi dimana masih berupa minyak nabati mentah.

Proses pemurnian ini dapat digunakan untuk memurnikan minyak kacang, minyak kapas, minyak sawit, minyak jagung, minyak bunga matahari, dan lain sebagainya.

1.4.1 Proses Degumming Secara Kontinu

Degumming adalah suatu proses pemisahan getah atau lendir-lendir yang terdiri dari fosfatida, protein, residu, karbohidrat, air dan resin tanpa mengurangi jumlah asam lemak bebas dalam minyak. Getah-getah (*gum*) dalam minyak nabati perlu dihilangkan untuk menghindari perubahan warna dan rasa selama langkah rafinasi berikutnya. Proses Pennwalt melibatkan pengolahan asam fosfor satu tingkat dan pengolahan air panas satu tingkat diikuti oleh penghilangan secara terus-menerus getah-getah terhidrat dalam super sentrifusi super degumming.

Aplikasi proses tersebut dapat digunakan untuk minyak kacang, minyak kapas, minyak sawit, minyak jagung, dan lain-lain.

1.4.2 Proses Netralisasi Secara Kontinu

Semua minyak nabati mentah untuk konsumsi manusia telah dinetralsir untuk menghilangkan asam lemak bebas, protein, dan zat perekat cair, dan setelah itu dicuci untuk mengurangi kandungan sabun dari minyak netral untuk menghasilkan produk yang lebih stabil. Hasil netralisasi lebih diefektifkan lagi dengan tahap berikutnya seperti pemutihan, hidrogenasi, winterisasi, deodorisasi, dan hasil selanjutnya adalah produk berkualitas dengan hasil yang tinggi. Netralisasi juga menghasilkan penghilangan fosfat, asam lemak bebas, dan warna. Penghilangan sisa sabun dan embun dihitung dalam tahap pencucian dan pengeringan. Proses netralisasi terdiri dari pemurnian kaustik dan pemurnian kembali (bila diperlukan) pencucian air pertama, pencucian air kedua dan pengeringan vakum. Dalam tahap pemurnian dan pencucian, pemisahan minyak netral dari stok sabun dan minyak netral dari air cuci dikeluarkan dalam satu atau lebih high-g super sentrifusi.

Tabel 1.21 Performa Minyak setelah Netralisasi

	% FFA	ppm sabun	% embun
Setelah dirafinasi	0,5 -0,8	1000 -2000	0,5
Setelah dirafinasi kembali	<0,1	200 – 600	0,5
Setelah pencucian air lunak I	<0,1	100	0,5
Setelah pencucian air lunak II	<0,1	<50	<0,5
Setelah pengeringan vakum	<0,1	<50	<0,1

1.4.3 Proses Bleaching Secara Kontinu

Tujuan bleaching atau pemutihan adalah untuk menghilangkan zat warna yang tidak disukai dalam minyak. Minyak nabati yang netral, yang telah dicuci, dan dikeringkan masih mengandung sejumlah warna dan sebagian kecil sabun (< 50 ppm) yang perlu dihilangkan.

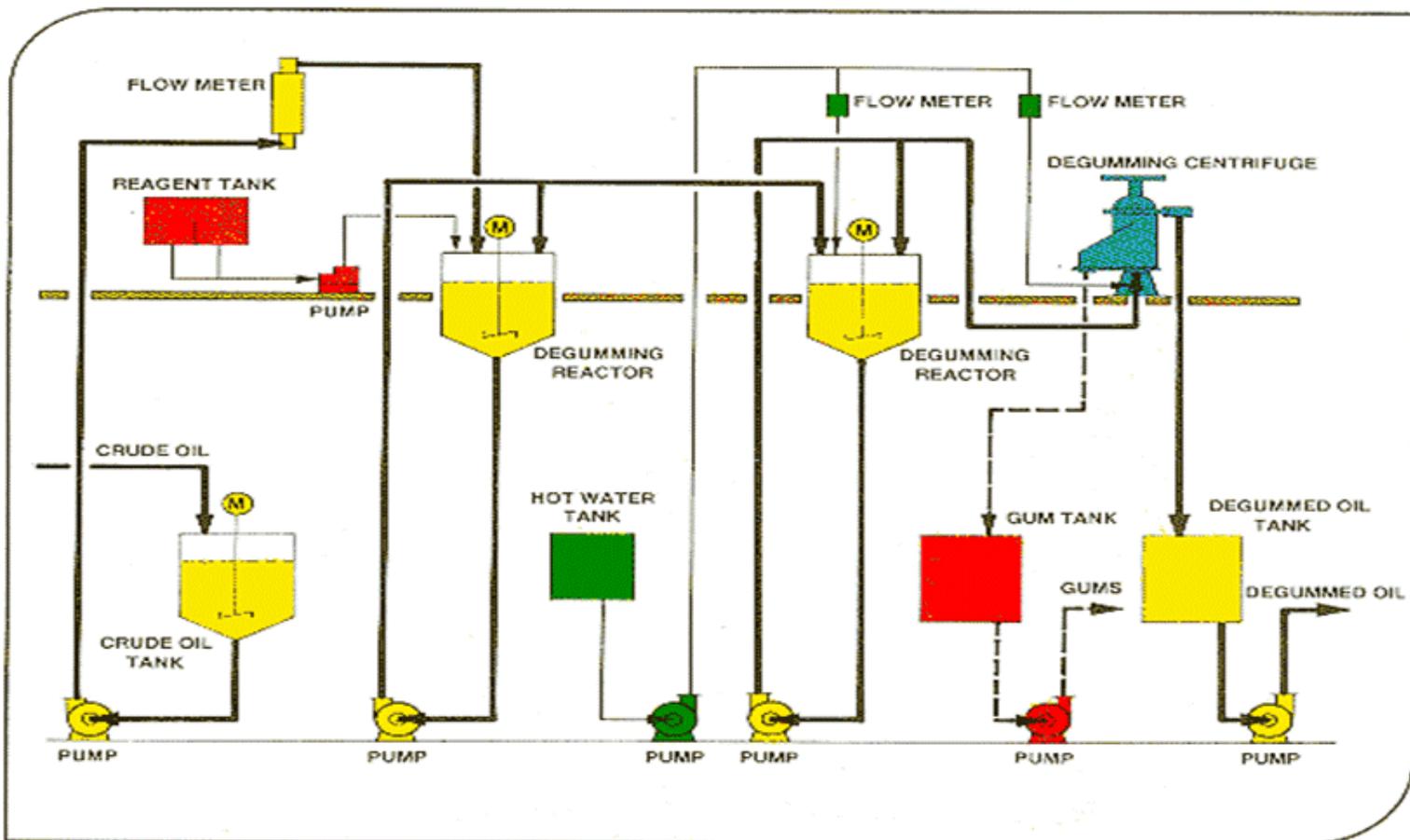
Proses pemutihan terus menerus Pennwalt dilengkapi dengan *hermetic leaf filter*, dioperasikan dibawah vakum untuk menghindari oksidasi minyak. Minyak dicampur dengan sejumlah kuantitas tanah pemutih dan / atau agen pemutih lain dan kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu yang sesuai dan dipompa ke *continuous bleacher* yang dioperasikan dibawah vakum dimana waktu muatan yang cukup disediakan untuk memastikan efektivitas pemutihan. Lumpur tanah minyak kemudian dipompa ke 2 *hermetic leaf filter* yang beroperasi berangkai yang menghasilkan pengeluaran minyak *bleached* secara terus menerus.

1.4.4 Deodorisasi

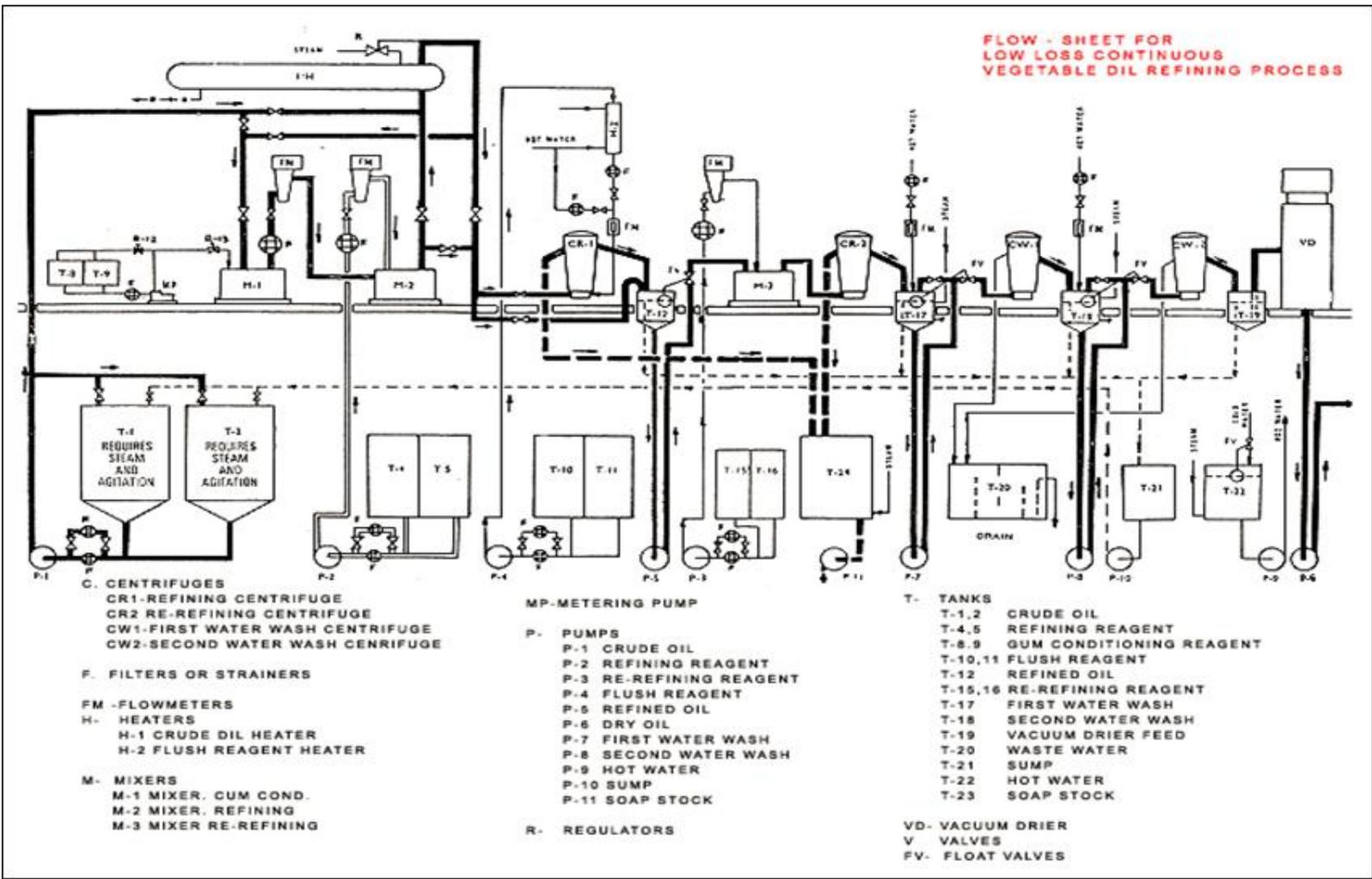
Proses deodorisasi merupakan tipe yang sangat khusus dari distilasi steam di bawah vakum tinggi berdasarkan prinsip *falling film* untuk menghilangkan komponen-komponen volatil secara objektif seperti keton, aldehid, alkohol.

Minyak yang telah diputihkan dipompa dengan pompa umpan ke deaerator yang berfungsi untuk memberi perlakuan awal pada minyak yaitu menghilangkan kandungan gas dalam minyak. Minyak yang telah dideaerasi melewati *heat exchanger* dimana minyak dipanaskan dengan cara mengganti panas minyak. Minyak kemudian dipanaskan ke suhu pemisahan (*stripping*) dalam *preheater* dimana fluida thermal disirkulasikan. Minyak tersebut kemudian diumpankan ke *flash chamber* dan dialirkan ke *oil distributor* dalam *falling film deodoriser*. Minyak diolah secara *counter current* ke uap *stripping* dalam bentuk film yang sangat tipis dan memperoleh deodorisasi yang sempurna. Asam lemak terdestilasi dikondensasi, didinginkan, dan disimpan. Minyak dari arus bawah dialirkan ke *vessel intermediate* yang telah diatur

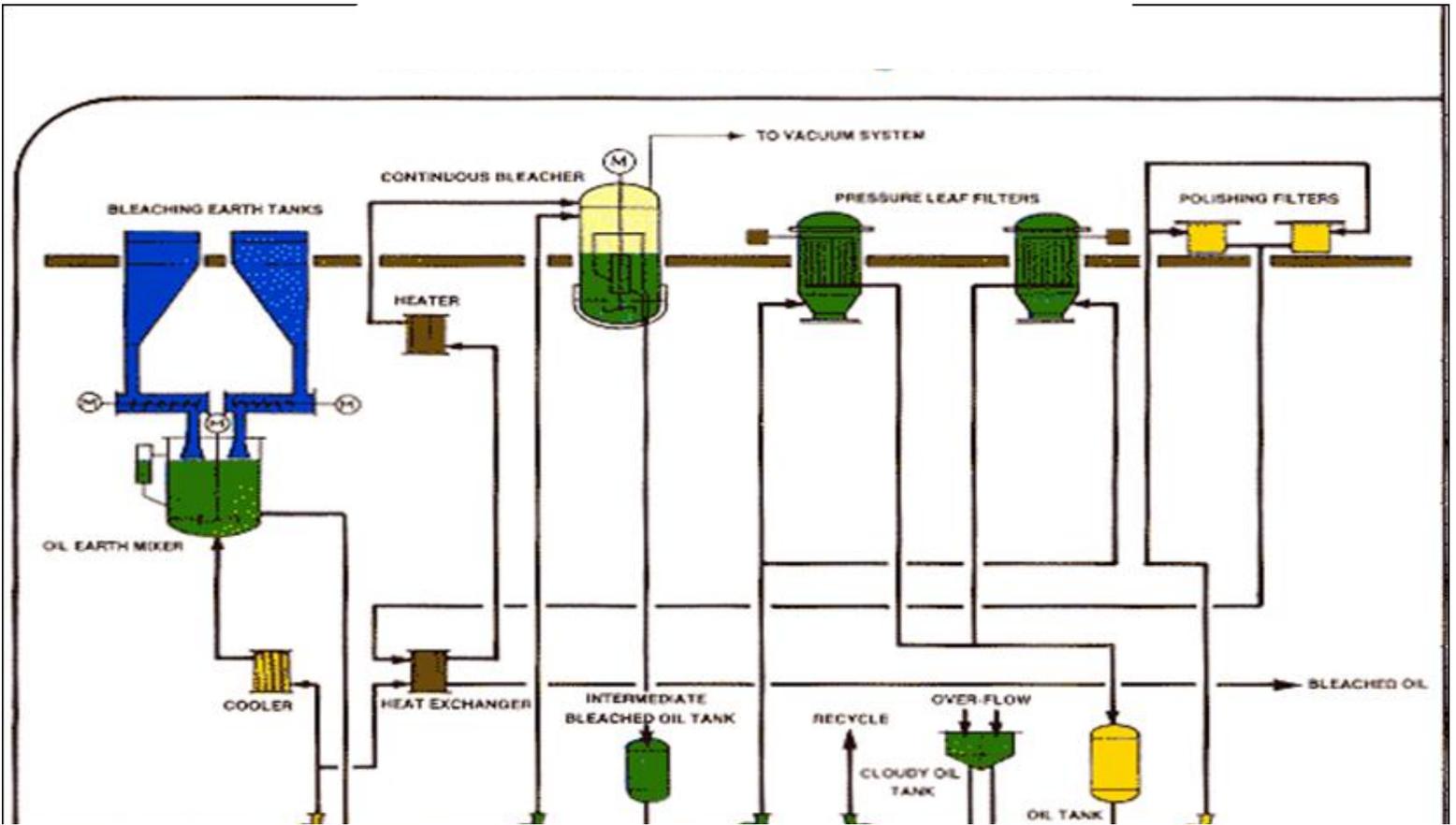
untuk ditambahkan asam sitrat. Minyak yang telah dideodorisasi ini kemudian dipompa melewati *heat exchanger* ke *polishing filter*. Minyak yang telah disaring dilewatkan ke pendingin dan dikeluarkan sebagai produk.

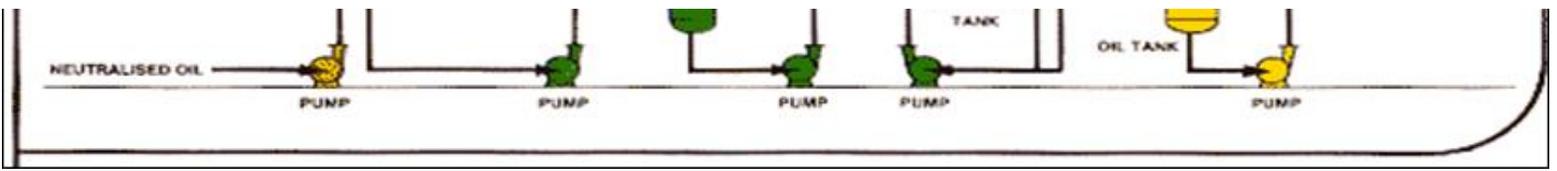


Gambar 1. 3 Proses Degumming Secara Kontinu

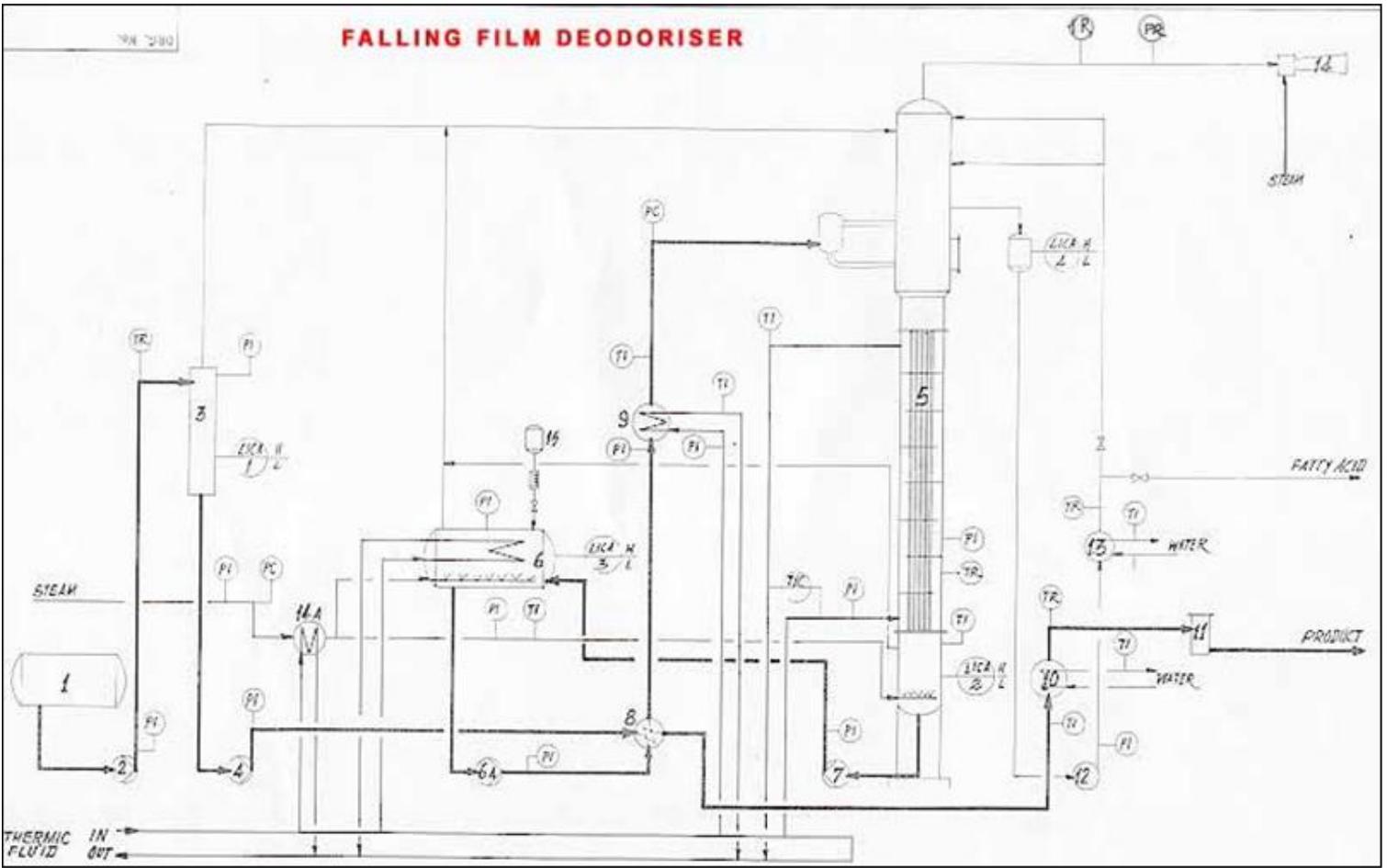


Gambar 1.4 Proses Netralisasi Secara Kontinu





Gambar 1.5 Proses Bleaching Secara Kontinu



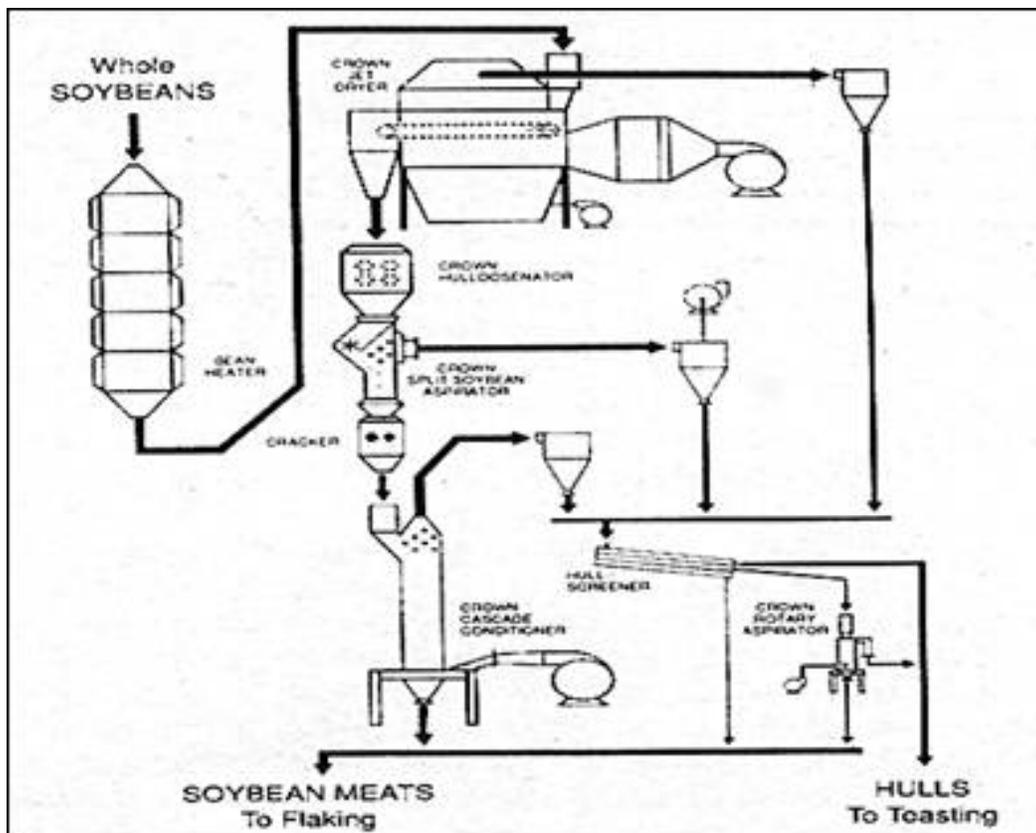
Gambar 1.6 Deodorisasi

1.5 Studi Kasus Pembuatan Minyak

1.5.1 Pembuatan Minyak Kedelai

1.5.1.2 Pre-treatment

Kacang kedelai harus dibersihkan secara hati-hati, dikeringkan dan dikuliti terlebih dahulu untuk ekstraksi minyak dengan kadar yang sedikit. Pada awalnya, kacang kedelai diumpungkan ke *cracking roll* untuk memecahkan shaker screens dan aspiration. Kulit kacang kedelai tersebut dipindahkan dari biji dan butiran yang masih kasar, dengan menggunakan *fan aspiration* dan saringan. Magnet digunakan untuk memisahkan berbagai logam. Ekstraksi minyak dilengkapi dengan *conditioning* biji kacang melalui pemakaian steam secara tidak langsung untuk mengatur kandungan kelembapan dan suhu, biji yang sudah dihancurkan dibiarkan pada temperatur $\pm 74-79$ $^{\circ}\text{C}$ selama 30-60 menit terlebih dahulu. Lalu digunakan *smooth-surface roller* untuk menggilas sampai terbentuk lapisan yang lebar dengan ketebalan yang seragam. Tujuan dari *conditioning* adalah denaturasi panas dan koagulasi dari protein yang diikuti dengan penambahan sesuatu bahan ke minyak droplets dan mengurangi kekuatan ikatan dari minyak untuk material yang padat, membuat proses ekstraksi menjadi lebih mudah.

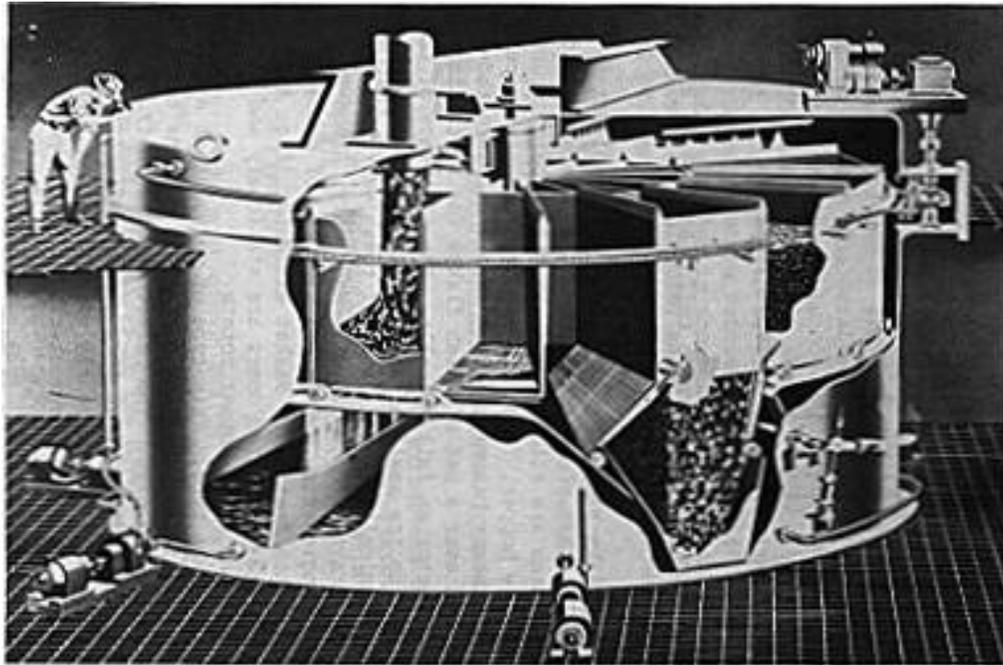


Gambar 1.7 Diagram Sistem Dehulling untuk Kacang Kedelai

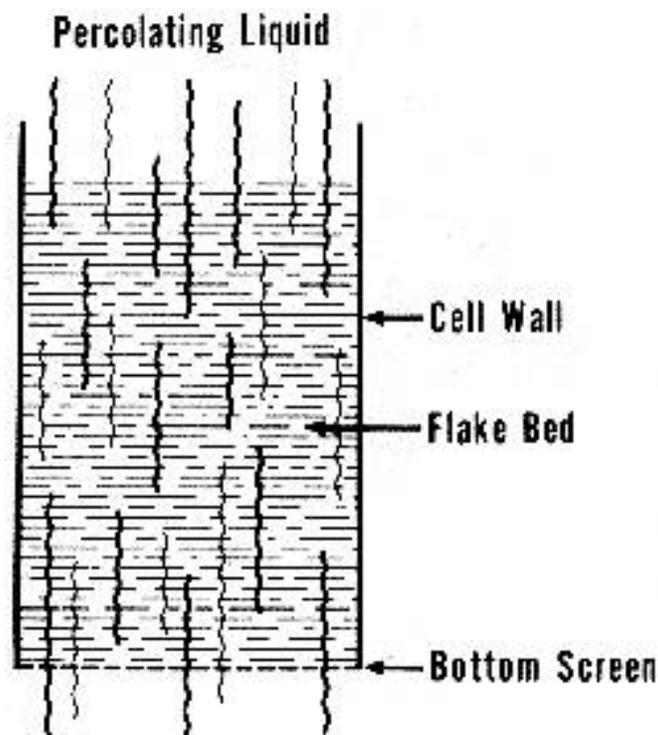
1.5.1.2 Ekstraksi

Ada 3 metode utama untuk mengekstraksi minyak dari kacang kedelai. Prosedur-prosedur ini adalah *hydraulic pressing*, *expeller pressing* dan *solvent extraction*. *Hydraulic pressing* adalah salah satu metode yang paling tua dengan menggunakan tekanan. Ini merupakan satu prosedur tekanan batch yang membutuhkan pekerjaan dan secara umum tidak begitu banyak digunakan pada kacang kedelai. *Expeller pressing* menggantikan prosedur *hydraulic pressing* untuk ekstraksi minyak. Kedua prosedur diatas tidak secara umum dipakai pada proses ekstraksi minyak dari kacang kedelai.

Ekstraksi pelarut terhadap minyak dari biji kedelai dapat dilihat dari peralatan jenis penyaring atau jenis pengendap. ekstraktor penyaring dianggap lebih efisien ekstraktor pengendap, karena mampu untuk menangani kapasitas produk yang besar. Salah satu penggunaan dari ekstraktor penyaring adalah rotary ekstraktor. Pelarut hexane dipompakan melewati lapisan bed, lalu hasil saringan turun melalui saringan mesh, atau sistem *wedgewire screen bar*. Ketebalan flate/lapisan pada efisiensi perpindahan minyak. Peningkatan dari 0,02 ke 0,06 mm menurunkan 80 kali laju ekstraksi. Pada akhir siklus ekstraksi, lapisan dibiarkan untuk mengalir dan di dorong ke *discharge hopper*. Miscella dipompakan secara bolak-balik untuk mengalirkan flakes/lapisan. Aliran yang berlawanan arah sangat penting untuk ekstraksi pelarut, sebagai pembantu untuk memindahkan minyak secara efisiendari sistem aliran yang paralel. Miscella menjadi kaya akan minyak yang diperoleh dari ekstraksi lapisan kedelai.



Gambar 1.8 Alat Ekstraksi Pelarut



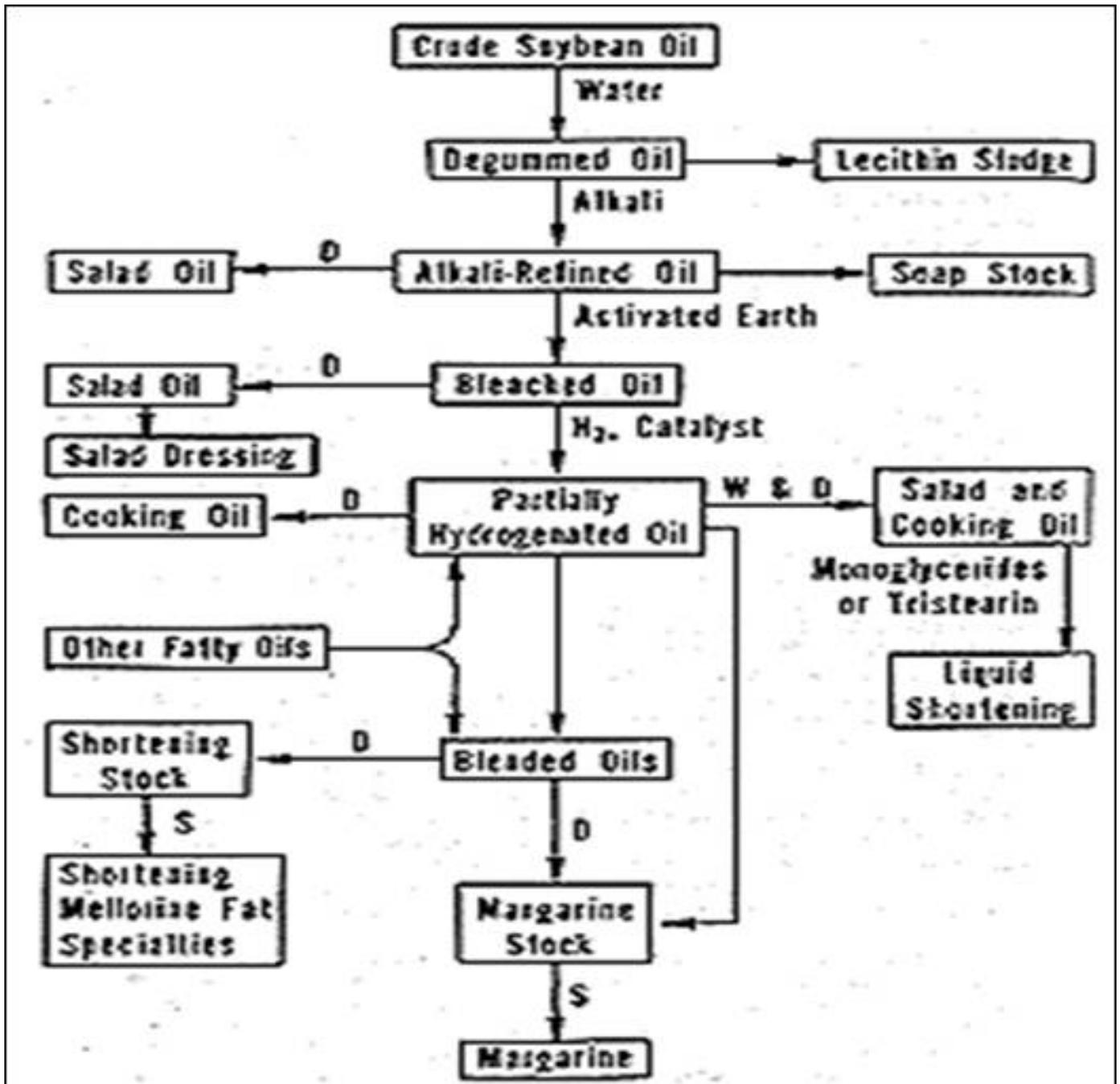
Gambar 1.9 Cairan Penyaring

Lapisan atas yang terekstraksi terdiri dari 35% heksana, 7-8% air, dan 0,5-1% minyak. Untuk proses bahan pangan atau produk makanan dari kedelai, pelarut diperoleh kembali dari lapisan atas pada unit *desolventizer-toaster (D-T)*. Bahan terlarut yang meninggalkan ekstraktor terdiri dari 25-30% minyak. Setelah itu disaring untuk menghilangkan zat tersuspensi. Pelarut diperoleh kembali melalui rangkaian evaporator. Hasil bahan terlarut pada evaporator tahap

pertama terdiri dari 65-78% minyak. Tahap kedua terdiri dari 90-95% minyak. Uap pada kedua evaporator di recovery kembali pada kondensor dan di daur ulang ke ekstraktor. Pelarut akhir yang dihilangkan diselesaikan melalui *oil stripper*. Pemisah minyak ini terdiri atas kolom vakum silinder yang terbuat dari baja, dimana uap mengalir keatas secara berlawanan arah dengan arah aliran minyak. Minyak yang bebas dari pelarut, didinginkan sampai temperatur kamar dan dipompakan ke storage (penyimpan) untuk proses selanjutnya.

1.5.1.3 Pemurnian

Setelah ekstraksi dan pemekatan, minyak kedelai mentah mengandung kotoran yang tidak terlarut dan terlarut. Material tak terlarut dalam minyak dapat dihilangkan melalui filtrasi. Bagaimanapun material terlarut harus dihilangkan melalui teknik yang berbeda yang diimplementasikan dibawah ini.



Kunci: D= deodorization, W= winterization, S= solidification, H₂= hydrogenation.

Gambar 1.10 Flow Diagram Pembuatan Produk Minyak Kedelai yang Dapat Dikonsumsi

- *Degumming dan Lecithin Recovery*

Degumming adalah suatu proses yang meliputi pencampuran minyak kedelai mentah dengan 2-3% air, kemudian diaduk selama 30-60 menit (secara hati-hati untuk mencegah kontak dengan udara dan kemudian minyak teroksidasi) pada temperatur 70°C. Posfat hidrat dan pengotor lainnya dapat diendapkan, disaring atau diputar dari minyak yang dihilangkan gum-

nya. Proses ini pada umumnya untuk menampung kembali posfat untuk membuat lecithin kedelai dan juga menghilangkan material yang dapat mengendap selama pengapalan atau penyimpanan minyak murni. Material Lumpur gum diproses menjadi lecithin setelah pengeringan dan pemutihan, atau ditambahkan kembali bahan pangan dari kedelai yang basah. Lecithin seringkali dibutuhkan untuk makanan karena kebasahannya, mengemulsi, bersifat koloid, antioksidan, dan sifat fisiologinya.

- *Alkali Refining* / Pembersihan Alkali

Operasi pembersihan otomatis selanjutnya digunakan untuk menghilangkan pengotor yang tak terlihat yang dapat mempengaruhi kualitas minyak. Kaustik soda digunakan dalam refining untuk menghilangkan asam lemak bebas, posfat dan gum, colorants, zat tak terlarut dan zat lainnya. Minyak mentah dipompakan lewat heat exchanger untuk mengatur temperatur sampai 38⁰C dan sedikit sampel diambil setelah melewati pencampuran. Asam lemak bebas yang terkandung harus ditentukan saat penambahan persen berat soda kaustik tergantung pada FFA yang ada. Misalnya, 0,1-0,13% kaustik ditambahkan dalam basis kering dan kemudian dicampur untuk memastikan penyabunan FFA, hidrasi posfolipid dan reaksi dengan pigmen warna. Campuran ini dipanaskan sampai 75-82% dan diputar untuk memisahkan kaustik dari minyak yang murni. Kemudian, minyak murni dipanaskan sampai 88⁰C dan dicampur dengan 10-20% air suling yang dipanaskan samapi 93⁰C. Tegangan geser yang besar digunakan untuk campuran minyak – air dan campuran tersebut dilewatkan pada 2 pemutar untuk memisahkan fasa berat dan ringan.

- *Bleaching* / Pemutihan

Secara normal, proses pemutihan vakum dikerjakan dengan menambahkan zat aktivasi pada minyak suling untuk menghilangkan warna, bau, pengotor lain dan sabun residu. Kira-kira 1% dari adsorbent seperti zat fulleris atau karbon aktif ditambahkan pada minyak. Slurry dipompakan kedalam sistem vakum pada 15 inHg selama 7-10 menit dan dipanaskan sampai 104-166⁰C dengan melewati melalui heat exchanger bagian luar pada tangki kosong dengan pengadukan selama 10 menit. Slurrynya kemudian disaring, didinginkan dan dipompakan ke tangki penanganan. *Shortenings* pemutihan khusus menjadi warna putih seperti margarine, minyak salad dan minyak goreng dapat juga berbekas menjadi warna kuning. Bau, rasa dan stabilitas oksida minyak kedelai yang diputihkan hasilnya lebih baik.

- *Hydrogenation* / Hidrogenasi

Hidrogenasi minyak kedelai dapat meningkatkan titik lelehnya, stabilitas yang lebih baik

dari minyak akibat efek oksidasi dan keburukan ras dengan mengurangi asam linoleat menjadi asam oleat. Hidrogenasi akan memberikan perbedaan derajat kekerasan untuk produk spesifik yang diinginkan. Reaksi ini terjadi diantara gas hidrogen murni, katalis seperti nikel dan lemak serta minyak yang dihasilkan dalam penambahan hidrogen menjadi ikatan tak jenuh dari ikatan jenuh. Hidrogenasi terjadi pada tangki bertekanan yang vakum terdiri dari minyak dan gas hidrogen yang terdispersi menjadi gas yang memanaskan campuran dan pengadukan. Saat hidrogenasi yang diinginkan terjadi, campuran didinginkan, katalis disaring untuk mendapat larutan yang bersih. Minyak terhidrogenasi sebagian, yang bersisa cairan dan minyak kedelai terhidrogenasi sempurna menjadi keras.

- *Deodorization* / Penghilangan Bau

Deodorization pada temperatur tinggi dibutuhkan untuk menghilangkan zat mudah menguap dan kandungan yang bau untuk membuat minyak menjadi cairan yang memiliki rasa lunak yang diinginkan konsumen. Penghilangan FFA juga menambah stabilitas minyak disaraged dengan uap pada temperatur tinggi dan vakum sehingga dapat mencegah kontak dengan oksigen dan akibat oksidasi yang terjadi selama proses deodorization.

1.5.1.4 Kegunaan dari Minyak Kedelai

Minyak kedelai yang merupakan minyak sayur yang dominant digunakan secara domestic yaitu produk minyak makan. Aplikasi dari minyak kedelai dibedakan atas 2 kategori:

1. Produk lemak yang dapat dikonsumsi
2. Produk lemak industri untuk tujuan teknikal

Tabel 1.22 Produk Minyak Kedelai

Produk Minyak Kedelai				
Gliserol Sterol Asam Lemak	Minyak Kedelai Murni		Kacang Kedelai Lecithin	
	Dapat dikonsumsi	Tujuan Teknik	Dapat dikonsumsi	Tujuan Teknik
	- krim kopi	- agen anti korosi	- agen pengemulsi	- agen anti busa
	- minyak makan	- agen anti static	- produk kue	- alkohol
	- campuran susu	- bahan baker	- permen/ coklat	- yeast
	- margarine	- bahan baker	- pharmaceutical	- agen anti
	- mayonaise	- bahan baker	- pharmaceutical	- agen anti
	- pharmaceutical	- bahan baker	- kebutuhan nutrisi	- semburan
	- minyak salad	- minyak inti	- kebutuhan nutrisi	- cat, tinta

- desinfektan

- medis

1.5.1.5 Keuntungan dan Kerugian Minyak Kedelai

Ada beberapa keuntungan dari proses ekstraksi minyak dari kedelai, jika dibandingkan dengan minyak yang lain. Ekstraksi minyak (hasilnya) tidak mudah menguap dan sangat stabil temperturnya dalam bentuk cairan. Minyak kedelai dapat juga diproses untuk memisahkan komponen yang tidak dibutuhkan seperti fosfat, bahan logam dan sabun. Dengan memisahkan bahan komponen yang tidak dibutuhkan tersebut, stabilitas dari minyak kedelai ini semakin meningkat. Dalam minyak kedelai juga terdapat anti oksidan secara alami tidak terekstraksi. Anti oksidan ini membantu mencegah bau tengik yang muncul yang ditandai dengan hadirnya lipida dalam minyak. Anti oksidan juga membantu mengurangi radikal bebas yang merusak dalam tubuh.

Ada juga beberapa kerugiannya, yakni fosfatides yang sangat tinggi, sekitar 2 %, harus dipisahkan saat proses berlangsung. Juga terdapat 7-8 % asam linolenik yang bisa dikurangi dengan proses hidrogenasi. Kandungan yang tinggi ini (asam linolenik) dapat menyebabkan hilangnya rasa dan bau.

1.5.1.6 Pengepakan Minyak dan Masa Kadaluarsa

Minyak kedelai dikemas dalam kemasan 1 pon dan 3 pon atau kemasan 50 pon polyetilene yang berbentuk kubus. Dalam bentuk cairan, dikemas pada kemasan 35 pon atau kendi plastic 1 galon. Pada pabrik, minyak kedelai dapat disimpan dalam tangki besi atau stainless steel. Masa kadaluarsanya sekitar lebih dari setahun.

Minyak yang dikonsumsi dalam botol akan mengalami perubahan rasa dan teroksidasi saat terkena cahaya. Untuk itu harus dikemas dengan botol berwarna gelap, untuk memperpanjang masa kadaluarsa. Pengemasan dengan bahan logam harus diperhatikan karena dapat terjadi reaksi antara logam dengan minyak.

Minyak kedelai tidak stabil dalam bentuk non hidrogenasi. Faktor yang menyebabkan ketidakstabilan minyak termasuk trigliserida (komposisinya) dan kandungan lemak bebasnya (terutama asam linolenic), aktivitas enzimatik pada kacang tersebut dan faktor lainnya. Kestabilan minyak dapat ditingkatkan dengan proses pemurnian dan penanganan khusus.

1.5.2 Pembuatan Minyak Jagung

1.5.2.1 Proses Pembuatan Minyak

Pembuatan minyak jagung skala industri melibatkan beberapa tahapan proses antara lain:

1. Metode perolehan minyak jagung konvensional

Biji lembaga pres basah masih mengandung 2-4% air setelah dikeringkan dan mengandung 44-50% minyak. Kandungan minyak yang tinggi ini disebabkan oleh pemisahan gula, zat tepung, dan protein yang dilarutkan dalam air yang berlebihan. Ketika proses pemisahan terjadi, biji lembaga press menghasilkan 89-94% minyak mentah. Proses pemisahan penuh terutama dilakukan dalam tangki kecil dengan menggunakan beberapa pengaduk. Karena biaya yang sangat tinggi, tangki-tangki besar menggunakan pengaduk untuk mengaduk bahan dalam jumlah besar menghasilkan sisa minyak yang tinggi pada cake (18-22%). Minyak dalam cake akan diekstrak kembali dan digabungkan ke dalam minyak mentah, dengan kadar minyak 97-99%.

Ketika biji lembaga dipisahkan dari tangkainya dengan proses pengepresan kering, terkandung 20-25% minyak berdasarkan kadar berat bahan. Kandungan ini lebih rendah dari biji lembaga yang dipisahkan secara manual (33%) karena sisa-sisa endosperm masih terdapat pada biji lembaga.

Proses pemisahan minyak konvensional di atas memiliki beberapa kekurangan. Minyak jagung terbungkus dalam biji lembaga oleh lapisan-lapisan sel yang tebal dan elastis yang harus dipecahkan sebelum minyak dapat diperoleh. Minyak diperoleh dengan cara meningkatkan kelembaban biji lembaga dan meningkatkan suhunya hingga 90-105 °C untuk melunakkan sel bagian dalamnya dan menyediakan friksi yang cukup besar pada saat pemecahan. Kontak suhu yang terlalu lama dapat merusak kualitas minyak, memerlukan energi dan biaya yang besar.

2. Metode perolehan minyak percobaan

Kekurangan metode konvensional menghasilkan cara-cara baru untuk memperoleh minyak jagung. Beberapa percobaan telah dilakukan untuk memisahkan minyak secara langsung dari biji lembaga basah (55% kandungan air). Dalam proses ekstraksi, biji lembaga basah direndam dalam air dan digiling menjadi ukuran <math><160 \mu\text{m}</math> untuk memperoleh minyak. Kemudian minyak dipisahkan dari fasa cair dengan cara penuangan (*decanting*) atau sentrifugasi. Minyak jagung melalui proses degumming penuh dan dimurnikan. Karena proses berlangsung pada suhu tidak melebihi 50°C, maka minyak yang dihasilkan memiliki kualitas tinggi. Namun metode ini belum dapat diterapkan karena tidak ekonomis.

3. Alkali Refining

Minyak jagung mentah mengandung komponen-komponen yang tidak diinginkan seperti asam lemak bebas (FFA), fosfolipid, proteinase, bahan-bahan yang lembab dan lengket, karbohidrat,

pigmen, zat lilin, zat-zat tak terlarut, produk oksidasi, mycotoxin, dan residu pestisida serta insektisida.

Pemurnian alkali merupakan cara yang masih digunakan untuk menghilangkan zat-zat yang tidak diinginkan. Biasanya, minyak mentah ditambahkan dengan 12-18 Bé larutan basa dengan kandungan berlebih sebanyak 0.05-0.2% untuk menetralkan FFA, mengendapkan fosfolipid, dan memisahkan zat-zat tak terlarut. Keuntungan dari proses ini adalah sederhana, sedikit kehilangan minyak, dan murah. Setelah pemisahan alkali, minyak yang telah dinetralkan dicuci dengan air dan dikeringkan dengan pengeringan vakum.

4. Bleaching

Bleaching minyak murni dilakukan pada kondisi vakum (50 mmHg abs) dalam tangki kontinu atau batch dengan menggunakan *activated bleaching clay* pada suhu 90-110°C selama 20-40 menit. Minyak kemudian disaring menghasilkan produk yang jernih dan bening.

5. Dewaxing

Dewaxing merupakan proses untuk memisahkan komponen-komponen dengan titik didih tinggi, termasuk zat lilin dan trigliserida jenuh yang sedikit terdapat dalam minyak jagung (< 0.5%). Minyak yang dihasilkan adalah minyak jernih pada suhu ruangan atau bahkan didinginkan.

6. Deodorization

Suhu, waktu, laju stripping steam, laju keluaran minyak, dan kondisi vakum harus dioptimalkan untuk menghasilkan minyak kualitas tinggi yang tahan lama. Waktu tinggal tocopherol, kadar FFA, stabilitas rasa, dan perubahan warna digunakan sebagai respon untuk menentukan parameter deodorisasi optimum untuk merancang deodorizer skala batch maupun kontinu. Deodorizer modern kontinu terbuat dari bahan stainless steel dan beroperasi pada temperatur 240-260°C pada tekanan 3-6 mmHg abs menghasilkan minyak konsumsi yang tidak berasa.

7. Physical Refining

Permurnian fisik merupakan proses yang berguna bagi minyak jagung. Proses ini mencakup degumming dan bleaching untuk memisahkan zat-zat tak terlarut, fosfolipid, pigmen, mycotoxin, dan komponen-komponen non volatil sedangkan komponen-komponen volatil seperti FFA, pestisida, dan produk oksidasi dipisahkan pada proses *steam refining-deodorization*.

8. Mycotoxins removal

Aflatoxin (AT) adalah metabolit (produk samping metabolisme) jamur *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus parasiticus* yang beracun dan karsinogenik. Zat ini biasanya terdapat pada jagung berjamur. Proses pemurnian alkali konvensional diikuti proses bleaching dapat membuang semua AT dari minyak jagung mentah yang terinokulasi *A.flavus*. Proses deodorisasi saja tidak mampu membuang semua AT dari minyak. Minyak jagung mentah dapat juga mengandung mycotoxin (racun jamur) seperti racun T-2 dari *Fusarium sporotrichinoides*. Dari percobaan diperoleh bahwa pemurnian alkali dapat membuang semua kontaminan racun T-2.

9. Pesticide removal

Minyak jagung mentah dapat mengandung sedikit herbisida dan pestisida. Proses deodorisasi sangat efektif untuk menghilangkan residu pestisida, sedangkan proses pemurnian alkali dan bleaching hanya sedikit mengurangi kadar pestisida.

10. Pengepakan

Sebelum tahun 1970, minyak jagung dan minyak nabati dikemas dalam botol-botol kaca dan kaleng timah. Zaman sekarang, botol ekstrusi-tiup PVC dalam ukuran kecil telah digunakan untuk menyimpan minyak jagung dan HDPE (High-Density Polyethylene) digunakan sebagai alternatif kemasan murah untuk ukuran besar.

Gambar 1.11 Metode Pemurnian Minyak Jagung Secara Umum

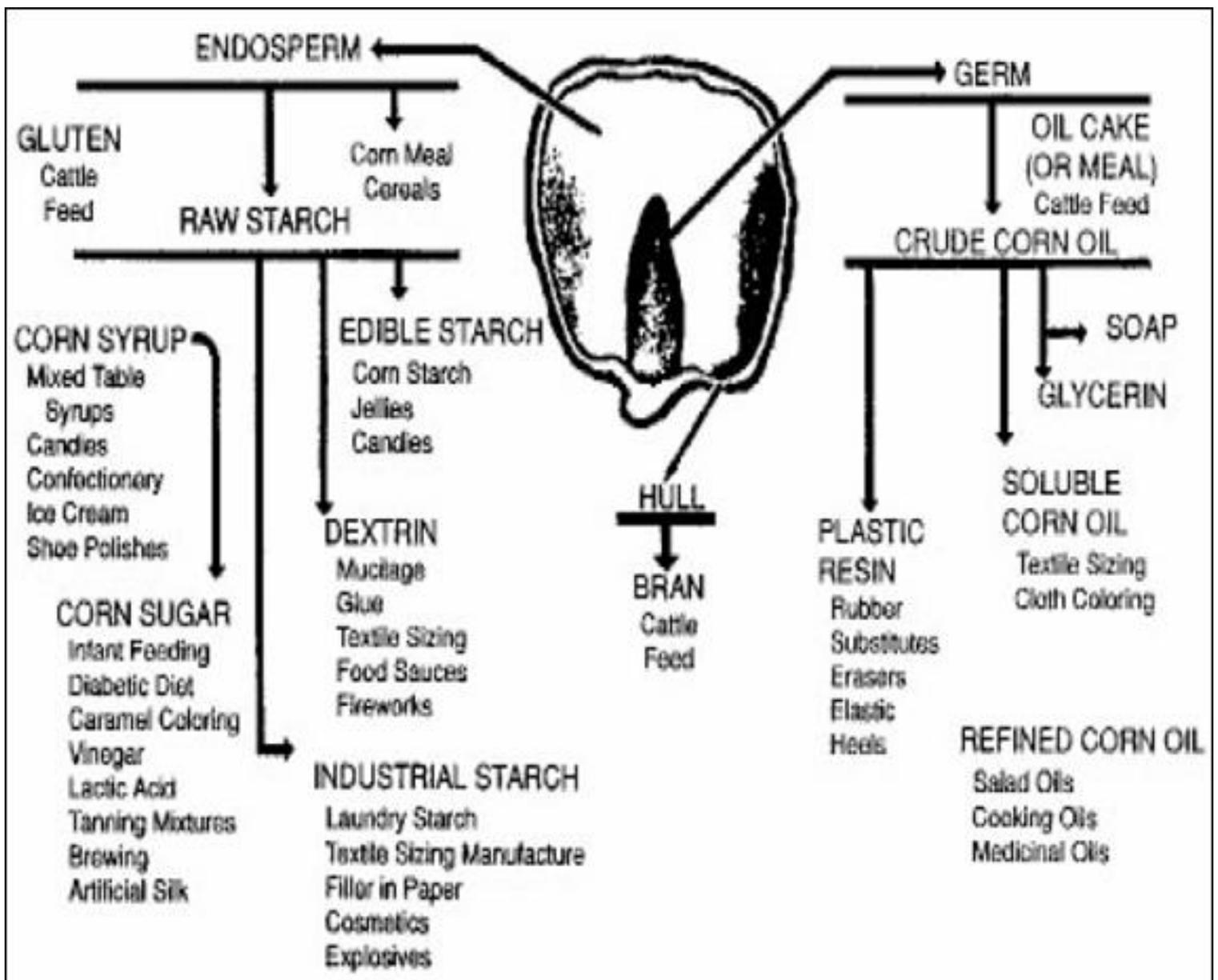
1.5.2.2 Kegunaan Minyak Jagung

Minyak jagung kaya akan kalori yaitu sekitar 250 kalori per ons. Minyak jagung merupakan minyak goreng yang stabil (tahan terhadap ketengikan) karena adanya tokoferol yang larut dalam minyak.

Dengan proses winterisasi, minyak jagung dapat diolah menjadi minyak salad dan sebagai hasil sampingannya adalah mentega putih (*shortening*). Minyak salad yang ditambah garam dan *flavoring agent* berupa rempah-rempah akan menghasilkan *mayonnaise*.

Dalam minyak jagung terdapat sitosterol yang fungsinya sama dengan kolesterol pada lemak hewan, yaitu dapat membentuk endapan pada dinding pembuluh darah karena adanya ion Ca^{++} . Adanya asam-asam lemak esensial itu dapat mengurangi pembentukan kompleks Ca dengan sitosterol, sehingga minyak jagung jauh lebih baik bila dibandingkan dengan sumber minyak yang lain, apalagi bila dibandingkan dengan lemak yang berasal dari hewan.

Dalam minyak jagung terlarut vitamin-vitamin juga dapat digunakan sebagai bahan non pangan, misalnya sebagai obat-obatan. Dalam jumlah kecil minyak jagung kasar atau minyak jagung murni dapat digunakan dalam pembuatan bahan mesiu, bahan kimia, insektisida, cat, pengganti vernis, zat anti karat dan juga digunakan pada industri tekstil.



Gambar 1.12 Kegunaan Bagian-Bagian Biji Jagung

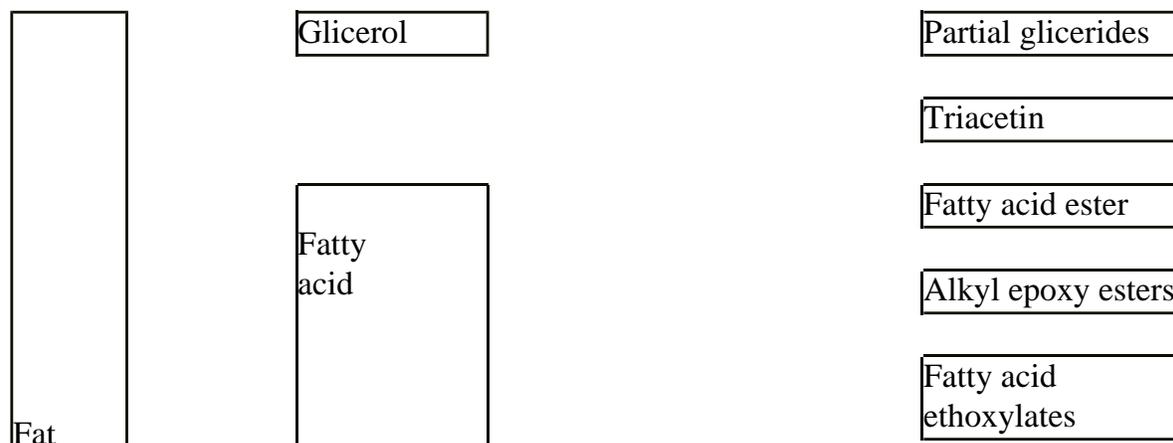
BAB II OLEOKIMIA

Oleokimia merupakan bahan kimia yang berasal dari minyak/lemak alami, baik tumbuhan maupun hewani. Bidang keahlian teknologi oleokimia merupakan salah satu bidang keahlian yang mempunyai prospek yang baik dan penting dalam teknik kimia. Pada saat ini dan pada waktu yang akan datang, produk oleokimia diperkirakan akan semakin banyak berperan menggantikan produk-produk turunan minyak bumi (petrokimia).

Pada saat ini, permintaan akan produk oleokimia semakin meningkat. Hal ini dapat dimaklumi karena produk oleokimia mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan produk petrokimia, seperti harga, sumber yang dapat diperbaharui dan produk yang ramah lingkungan.

Pada saat ini industri oleokimia masih berbasis kepada minyak/trigliserida sebagai bahan bakunya. Hal ini terjadi karena secara umum, para pengusaha masih ragu untuk terjun secara langsung ke industri oleokimia. Masih sangat jarang dijumpai sebuah industri yang mengolah bahan baku langsung menjadi bahan kimia tanpa melalui trigliserida. Padahal secara ekonomi dan teknik, banyak produk dari bahan alami yang bisa diolah langsung dari bahan nabati tanpa melalui trigliserida. Contohnya adalah pengolahan secara langsung buah kelapa sawit menjadi asam lemak. Selama ini asam lemak dari kelapa sawit selalu diolah dari minyak/trigliserida. Padahal dari segi teknik dan ekonomi akan lebih efisien untuk mengolah secara langsung buah sawit menjadi asam lemak melalui pengaktifan enzim lipase yang terkandung pada buah sawit. Hal ini juga bisa ditemukan pada bahan baku nabati lainnya.

Skema industri oleokimia dan turunannya dapat dilihat seperti pada gambar berikut.



&
Oil

Conjugated fatty acids

Guerbet

Fatty alcohol alkoxyates

Alkyl chlorides

Fatty alcohol ether sulfates

Fatty alcohol

Fatty alcohol ethoxylates

Fatty alcohol ether phosphates

Fatty acid methyl ester

Fatty alcohol sulfates

Fatty alcohol sulfosuccinates

Esters

α -sulfo fatty acid ester

Fatty acid alkanolamides

Epoxidized triglycerides

Ethoxylated triglycerides

Hydrogenated castor oil

Turkey oil

Skema Bahan Baku Oleokimia dan Turunannya

BAB III

ASAM LEMAK

Asam lemak bersama-sama dengan gliserol, merupakan penyusun utama minyak nabati atau lemak dan merupakan bahan baku untuk semua lipida pada makhluk hidup. Asam ini mudah dijumpai dalam minyak masak (goreng), margarin, atau lemak hewan dan menentukan nilai gizinya. Secara alami, asam lemak bisa berbentuk bebas (karena lemak yang terhidrolisis) maupun terikat sebagai gliserida. Asam lemak merupakan salah satu *basic oleochemical*.

3.1 Karakteristik dan Aturan Penamaan

3.1.1 Karakteristik

Asam lemak tidak lain adalah asam alkanoat atau asam karboksilat berderajat tinggi (rantai C lebih dari 6). Rumus molekulnya adalah : $C_nH_{2n}O_2$.



Gugus fungsi : R -C- OH atau R-COOH.

Karena berguna dalam mengenal ciri-cirinya, asam lemak dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh hanya memiliki ikatan tunggal di antara atom-atom karbon penyusunnya, sementara asam lemak tak jenuh memiliki paling sedikit satu ikatan ganda di antara atom-atom karbon penyusunnya.

Asam lemak merupakan asam lemah, dan dalam air terdisosiasi sebagian. Umumnya berfase cair atau padat pada suhu ruang (27 °C). Semakin panjang rantai C penyusunnya, semakin mudah membeku dan juga semakin sukar larut.

Asam lemak jenuh bersifat lebih stabil (tidak mudah bereaksi) daripada asam lemak tak jenuh. Ikatan ganda pada asam lemak tak jenuh mudah bereaksi dengan oksigen (mudah teroksidasi). Karena itu, dikenal istilah bilangan oksidasi bagi asam lemak.

Keberadaan ikatan ganda pada asam lemak tak jenuh menjadikannya memiliki dua bentuk: *cis* dan *trans*. Semua asam lemak nabati alami hanya memiliki bentuk *cis* (dilambangkan dengan "Z"). Asam lemak bentuk *trans* (*trans fatty acid*, dilambangkan dengan "E") hanya diproduksi oleh sisa metabolisme hewan atau dibuat secara sintesis. Akibat polarisasi atom H, asam lemak *cis* memiliki rantai yang melengkung. Asam lemak *trans* karena atom H-nya berseberangan tidak mengalami efek polarisasi yang kuat dan rantainya tetap relatif lurus.

Ketengikan (*rancidity*) terjadi karena asam lemak pada suhu ruang dirombak akibat hidrolisis atau oksidasi menjadi hidrokarbon, alkanal, atau keton, serta sedikit epoksi dan alkohol (alkanol). Bau yang kurang sedap muncul akibat campuran dari berbagai produk ini.

3.1.2 Aturan Penamaan

Penamaan asam lemak didasarkan pada nama lazim (trivial name/nama dagang) dan nama IUPAC. Nama IUPAC diturunkan dari nama alkana dengan mengganti akhiran a menjadi oat dan memberi awalan asam, sedangkan nama dagang didasarkan pada sumber alami asam yang bersangkutan.

Beberapa aturan penamaan dan simbol telah dibuat untuk menunjukkan karakteristik suatu asam lemak. Nama

sistematik dibuat untuk menunjukkan banyaknya atom C yang menyusunnya (lihat asam alkanoat). Angka di depan nama menunjukkan posisi ikatan ganda setelah atom pada posisi tersebut. Contoh: asam 9-dekanoat, adalah asam dengan 10 atom C dan satu ikatan ganda setelah atom C ke-9 dari pangkal (gugus karboksil). Nama lebih lengkap diberikan dengan memberi tanda delta (Δ) di depan bilangan posisi ikatan ganda. Contoh: asam Δ 9-dekanoat. Simbol C diikuti angka menunjukkan banyaknya atom C yang menyusunnya; angka di belakang titik dua menunjukkan banyaknya ikatan ganda di antara rantai C-nya. Contoh: C18:1, berarti asam lemak berantai C sebanyak 18 dengan satu ikatan ganda. Lambang omega (ω) menunjukkan posisi ikatan ganda dihitung dari ujung (atom C gugus metil).

Berdasarkan panjang rantai atom karbon (C), berikut sejumlah asam lemak alami (bukan sintetis) yang dikenal. Nama yang disebut lebih dahulu adalah nama sistematik dari IUPAC dan diikuti dengan nama trivialnya.

- Asam oktanoat (C8:0), asam kaprilat.
- Asam dekanoat (C10:0), asam kaprat.
- Asam dodekanoat (C12:0), asam laurat.
- Asam 9-dodekanoat (C12:1), asam lauroleinat, ω -3.
- Asam tetradekanoat (C14:0), asam miristat.
- Asam 9-tetradekanoat (C14:1), asam miristoleinat, ω -5.
- Asam heksadekanoat (C16:0), asam palmitat.
- Asam 9-heksadekanoat (C16:1), asam palmitoleinat, ω -7.
- Asam oktadekanoat (C18:0), asam stearat.
- Asam 6-oktadekanoat (C18:1), asam petroselat, ω -12.
- Asam 9-oktadekanoat (C18:1), asam oleat, ω -9.
- Asam 9-hidroksioktadekanoat (C18:1), asam ricinoleat, ω -9, OH-7.
- Asam 9,12-oktadekadienoat (C18:2), asam linoleat, ω -6, ω -9.
- Asam 9,12,15-oktadekatrienoat (C18:3), asam α -linolenat, ω -3, ω -6, ω -9.
- Asam 6,9,12-oktadekatrienoat (C18:3), asam γ -linolenat, ω -6, ω -9, ω -12.
- Asam 8,10,12-oktadekatrienoat (C18:3), asam kalendulat, ω -6, ω -8, ω -10.
- Asam 9,11,13-oktadekatrienoat (C18:3), asam α -elaeostearat, ω -7, ω -9, ω -11.
- Asam 9,11,13,15-oktadekatetraenoat (C18:4), asam α -parinarat, ω -3, ω -5, ω -7, ω -9.
- Asam eikosanoat (C20:0), asam arakidat.
- Asam 5,8,11,14-eikosatetraenoat (C20:4), asam arakidonat, ω -6, ω -9, ω -12, ω -15.
- Asam 9-eikosenoat (C20:1), asam gadoleinat, ω -11.
- Asam 11-eikosenoat (C20:1), asam eikosenat, ω -9.
- Asam dokosanoat (C22:0), asam behenat.
- Asam 13-dokosenoat (C22:1), asam erukat, ω -9.
- Asam tetrakosanoat (C24:0), asam lignoserat.

- Asam 15-tetrakosenoat (C₂₄:1), asam nervonat, ω-9.
- Asam heksakosanoat (C₂₆:0), asam cerotat.
- Asam 5,8,11,14,17 Eicosapentaenoic (C₂₀:5), EPA
- Asam 7,10,13,16,19 docasapentaenoic (C₂₂:5), DPA
- Asam 4,7,10,13,16,19 docosaheptaenoic (C₂₂:6), DHA

Tabel 3.1 Persentase Kandungan Asam Lemak pada Beberapa Minyak Nabati

Asam lemak	Rumus Molekul	Palm oil (%)	PKO (%)	Kelapa (%)	Kedelai (%)	Bunga Matahari (%)	Kapas (%)
Caproic	C ₆ H ₁₂ O ₂	-	Tr	0,2 - 0,8	-	-	-
Caprylic	C ₈ H ₁₆ O ₂	-	3 – 10	6 – 9	-	-	-
Capric	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	-	3 – 14	6 – 10	-	-	-
Lauric	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	-	37 – 52	44 - 51	-	-	-
Myristic	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0,5 – 5	7 – 17	13-18	Tr	Tr	0,2-2
Palmitic	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	32 – 47	2 – 9	8-10	7-10	4-8	20-27
Stearic	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	2 – 8	1 – 3	1-3	3-6	2-5	1-3
Arachic	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	-	Tr	-	0-2	0-1	0,2-1
Behenic	C ₂₂ H ₄₄ O ₂	-	-	-	-	0-1	-
Palmitoleic	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	-	Tr	Tr	Tr	Tr	0-2
Oleic	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	40 – 52	11 – 23	5,5-7	20-35	20-35	22-35
Linoleic	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	5 – 11	1 – 3	Tr	40-57	45-68	42-54
Linolenic	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	-	-	-	5-14	Tr	Tr

Tabel 3.2 Industri Asam Lemak di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (Tahun 2000)
1	PT. Aribhawana Utama (PT. Ecogreen)	Medan	5.500
2	PT. Sinar Oleochemical International (SOCI)	Medan	120.000
3	PT. Flora Sawita	Medan	52.000
4	PT. Cisadane Raya Chemical	Tangerang	182.000
5	PT. Sumi Asih	Bekasi	100.000
T o t a l			459.000

Tabel 3.3 Produksi Asam Lemak Menurut Jenisnya (1999)

Fatty acid	Produksi (ton)	Persentase (%)
Stearic	146.000	77,1
Palmitic	14.750	7,8
Oleic	9.117	4,8

Fatty acid lainnya	19.403	10,3
T o t a l	189.288	100

Pada saat ini, selain sebagai eksportir, Indonesia juga merupakan salah satu negara importir asam lemak. Hal ini terjadi karena tata niaga yang diatur masih kurang baik oleh pemerintah. Selain itu ada beberapa *grade* asam lemak yang belum dapat diproduksi di dalam negeri.

Konsumsi asam lemak untuk berbagai industri adalah sebagaia berikut :

- Industri ban
- Sepatu
- PVC
- Kosmetika
- Softener
- Fatty alcohol
- Sabun
- Farmasi
- dan lain-lain

Konsumsi oleh industri ban :

- digunakan sebagai pelumas atau activator untuk mempercepat reaksi zinc oxide dalam pembuatan *compound*
- meningkatkan mutu/kualitas ban menjadi lebih mengkilat dan menarik
- komposisi : 3-5 % stearic acid dari berat seratus karet alam (BSK) ; tergantung penggunaan compoundnya

Konsumsi oleh industri pipa PVC :

- digunakan sebagai *lubrican internal*
- komposisi : 0,15 % - 0,2 % dari seluruh total bahan baku (tergantung jenis pipa PVC yang diproduksi)

Konsumsi oleh industri garam stearat :

- komposisi : 60 – 70 % asam stearat dari total bahan baku, tergantung tingkat kemurnian Pb/Zn/Mg/Ca/Ba stearat yang diproduksi

Sedangkan konsumsi oleh industri-industri lainnya cenderung meningkat.

Tabel 3.4 Harga berbagai produk asam lemak (Juli 2000) :

Jenis Asam Lemak	Harga (US\$/ton)
Stearic acid	450 – 650
Palmitic acid	460 – 650
Lauric acid	800 – 1000
Myristic acid	1300 – 1400
Caprilic acid	1400 - 1700

3.2 Sumber dan Penggunaan Asam Lemak

Asam lemak diperoleh dari hewan dan tumbuh-tumbuhan seperti kelapa sawit, kelapa, jagung, kedelai, biji jarak dan

biji bunga matahari. Sedangkan asam lemak sintetik dapat diperoleh dari industri petrochemical. Dalam penggunaannya, asam lemak memegang peranan penting pada industri oleochemical, seperti pada industri ban, sabun, detergent, alkohol lemak, polimer, amina lemak, kosmetik dan farmasi. Selain minyak/trigliseriga, asam lemak merupakan salah satu pusat/basis industri oleokimia. Skema sumber dan penggunaan asam lemak dapat dilihat pada bagan berikut.

Skema Sumber dan Penggunaan Asam Lemak

- Reaksi asam lemak dengan chloride (PCl_3 / SOCl_2)



Reaksi asam lemak dengan amonia -----> fatty amines



Katalis : 1-3 % sulfuric acid/hydrogen chloride

Alkohol : monohydric/polyhydric

Penggunaan fatty ester :

- ester dari alkohol monohydric digunakan pada industri kosmetik dan plasticizer
- ester dari alkohol polyhydric :
 - § glycol diester -----> vinyl plasticizer
 - § monoester -----> surface-active agent
 - § glyceride -----> surface-active agent
 - § triolein -----> plasticizer
 - § dan lain-lain

ctt : Esterifikasi dengan polyols : suhu tinggi (230 – 235 °C)

Katalis : $ZnCl_2$ / $PbCl_4$

Produk : mono, di & triglyceride + air

Cara lain pembuatan fatty ester : interesterifikasi trigliserida

Contoh : trigliserida + metanol -----> gliserol + metil ester

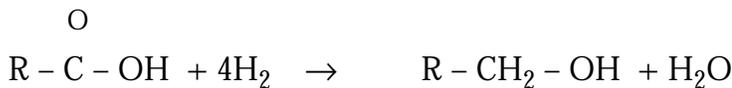
- Hidrogenasi asak lemak

Produk : fatty alcohol (alkohol lemak)

Fatty alcohol : $C_6 - C_{10}$: sebagai plasticizer

$C_{12} - C_{18}$: industri detergent

Reaksi :



Kondisi Operasi :

T = 300 °C

P = 30 - 80 bar

Katalis : copper chromite

Cara lain pembuatan fatty alcohol :

- hidrogenasi methyl ester pada suhu dan tekanan tinggi
- sinteas Ziegler
- sintesa OXO

Sintesa Ziegler dan OXO menghasilkan alkohol lemak sintetik dari petrokimia.

3.3 Biosintesis Asam Lemak

Pada daun hijau tumbuhan, asam lemak diproduksi di kloroplas. Pada bagian lain tumbuhan dan pada sel hewan (dan manusia), asam lemak dibuat di sitosol. Proses esterifikasi (pengikatan menjadi lipida) umumnya terjadi pada sitoplasma, dan minyak (atau lemak) disimpan pada oleosom. Banyak spesies tanaman menyimpan lemak pada bijinya (biasanya pada bagian kotiledon) yang ditransfer dari daun dan organ berkloroplas lain. Beberapa tanaman penghasil lemak terpenting adalah kedelai, kapas, kacang tanah, jarak, raps/kanola, kelapa, kelapa sawit, jagung dan zaitun.

Proses biokimia sintesis asam lemak pada hewan dan tumbuhan relatif sama. Berbeda dengan tumbuhan, yang mampu membuat sendiri kebutuhan asam lemaknya, hewan kadang kala tidak mampu memproduksi atau mencukupi kebutuhan asam lemak tertentu. Asam lemak yang harus dipasok dari luar ini dikenal sebagai asam lemak esensial karena tidak memiliki enzim untuk menghasilkannya.

Biosintesis asam lemak alami merupakan cabang dari daur Calvin, yang memproduksi glukosa dan asetil-KoA. Proses berikut ini terjadi pada daun hijau tumbuh-tumbuhan dan memiliki sejumlah variasi. Kompleks-enzim asilsintase III (KAS-III) memadukan malonil-ACP (3C) dan asetil-KoA (2C) menjadi butiril-ACP (4C) melalui empat tahap (kondensasi, reduksi, dehidrasi, reduksi) yang masing-masing memiliki enzim tersendiri.

Pemanjangan selanjutnya dilakukan secara bertahap, 2C setiap tahapnya, menggunakan malonil-KoA, oleh KAS-I atau KAS-IV. KAS-I melakukan pemanjangan hingga 16C, sementara KAS-IV hanya mencapai 10C. Mulai dari 8C, di setiap tahap pemanjangan gugus ACP dapat dilepas oleh enzim tioesterase untuk menghasilkan asam lemak jenuh bebas dan ACP. Asam lemak bebas ini kemudian dikeluarkan dari kloroplas untuk diproses lebih lanjut di sitoplasma, yang dapat berupa pembentukan ikatan ganda atau esterifikasi dengan gliserol menjadi trigliserida (minyak atau lemak). Pemanjangan lebih lanjut hanya terjadi bila terdapat KAS-II di kloroplas, yang memanjangkan palmitil-ACP (16C) menjadi stearil-ACP (18C). Enzim Δ^9 -desaturase kemudian membentuk ikatan ganda, menghasilkan oleil-ACP. Enzim tioesterase lalu melepas gugus ACP dari oleat. Selanjutnya, oleat keluar dari kloroplas untuk mengalami perpanjangan lebih lanjut.

Asam lemak mengandung energi tinggi (menghasilkan banyak ATP). Karena itu kebutuhan lemak dalam pangan diperlukan. Diet rendah lemak dilakukan untuk menurunkan asupan energi dari makanan.

Asam lemak tak jenuh dianggap bernilai gizi lebih baik karena lebih reaktif dan merupakan antioksidan di dalam tubuh. Posisi ikatan ganda juga menentukan daya reaksinya. Semakin dekat dengan ujung, ikatan ganda semakin mudah bereaksi. Karena itu, asam lemak Omega-3 dan Omega-6 (asam lemak esensial) lebih bernilai gizi dibandingkan dengan asam lemak lainnya. Beberapa minyak nabati (misalnya α -linolenat) dan minyak ikan laut banyak mengandung asam lemak esensial (lihat macam-macam asam lemak). Karena mudah terhidrolisis dan teroksidasi pada suhu ruang, asam lemak yang dibiarkan terlalu lama akan turun nilai gizinya. Pengawetan dapat dilakukan dengan menyimpannya pada suhu sejuk dan kering, serta menghindarkannya dari kontak langsung dengan udara.

3.4 Pembuatan Asam Lemak

5 1

•

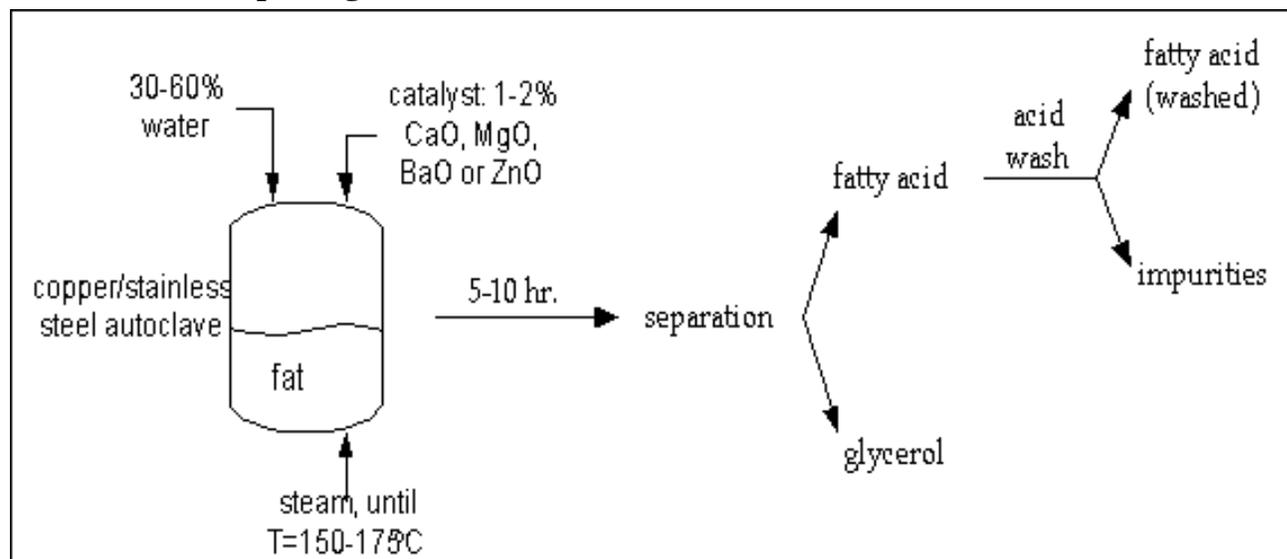
=

5 1

3.4.1 Twitchell Proses

Twitchell catalyst : benzenestearosulfonic acid ($C_6H_4-SO_3H-C_{18}H_{35}O_2$)

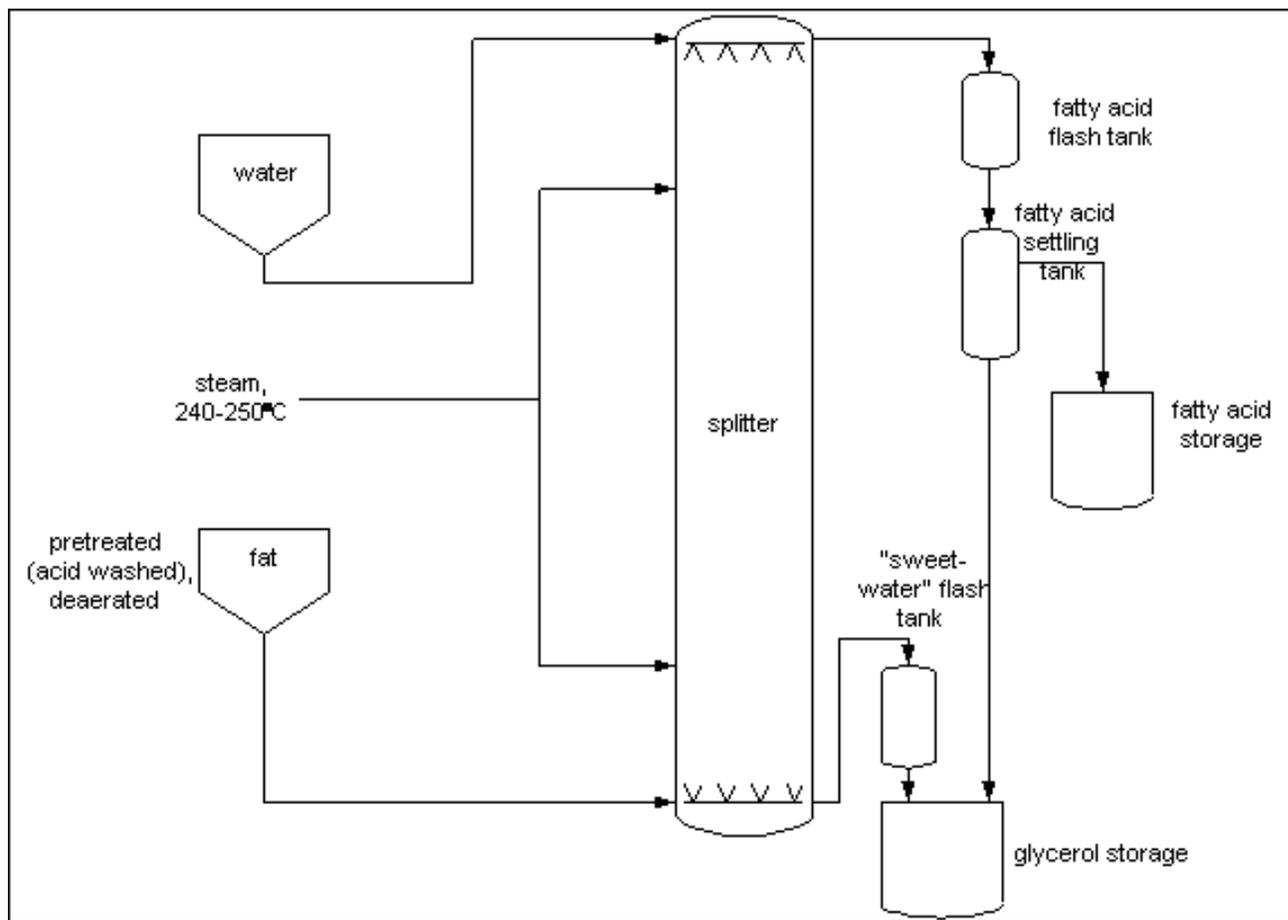
3.4.2 Autoclave Splitting



Jika tanpa katalis : $T = 230\text{ }^{\circ}\text{C}$

$t = 2 - 3$ jam ; tingkat hidrolisis : 95 – 98 %

3.4.3 Continuous Splitting



Kondisi steam : 240 – 250 oC dan 650 – 700 psi

§ 97 – 99 % split

§ 10 – 25 % sweet water

Jika pakai katalis : CaO, MgO, ZnO, maka produk harus dimurnikan

3.5 Studi Kasus : Pembuatan Asam Lemak dari Kelapa Sawit

3.5.1 Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guinensis*) berasal dari Guinea di pesisir Afrika Barat, kemudian diperkenalkan ke bagian Afrika lainnya, Asia Tenggara dan Amerika Latin sepanjang garis equator (antara garis lintang utara 15° dan lintang selatan 12°). Kelapa sawit dapat diklasifikasikan atas beberapa varietas antara lain :

1. Dura

Cangkangnya tebal, daging buah tipis, intinya besar, dan hasil ekstraksi minyaknya rendah, yaitu berkisar 17-18%.

2. Pisifera

Tidak mempunyai cangkang, serat tebal mengelilingi inti yang kecil. Jenis ini tidak dikembangkan untuk tujuan komersil.

3. Tenera

Suatu hibrida yang berasal dari penyilangan Dura dan Pisifera. Cangkangnya tipis, mempunyai cincin dikelilingi biji dan hasil ekstraksi minyaknya tinggi, yaitu berkisar 23-26%.

Kelapa sawit tumbuh baik pada daerah iklim tropis, dengan suhu antara 24 °C - 32 °C dengan kelembaban yang

tinggi dan curah hujan 200 mm per tahun. Kelapa sawit mengandung kurang lebih 80% perikarp dan 20% buah yang dilapisi kulit yang tipis. Kandungan minyak dalam perikarp sekitar 30% – 40%. Kelapa sawit menghasilkan dua macam minyak yang sangat berlainan sifatnya, yaitu :

1. Minyak sawit (CPO), yaitu minyak yang berasal dari sabut kelapa sawit
2. Minyak inti sawit (CPKO), yaitu minyak yang berasal dari inti kelapa sawit

Pada umumnya minyak sawit mengandung lebih banyak asam-asam palmitat, oleat dan linoleat jika dibandingkan dengan minyak inti sawit. Minyak sawit merupakan gliserida yang terdiri dari berbagai asam lemak, sehingga titik lebur dari gliserida tersebut tergantung pada kejenuhan asam lemaknya. Semakin jenuh asam lemaknya semakin tinggi titik lebur dari minyak sawit tersebut.

Tabel 3.5 Karakteristik Minyak Sawit

Karakteristik	Harga
Specific Gravity pada 37,8 °C	0,898-0,901
Iodine Value	44 – 58
Saponification Value	195 – 205
Unsaponification Value, %	< 0,8
Titer, °C	40 – 47

3.5.2 Komponen-Komponen pada Minyak Kelapa Sawit

Komponen penyusun minyak sawit terdiri dari trigliserida dan non trigliserida. Asam-asam lemak penyusun trigliserida terdiri dari asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh.

3.5.2.1 Komponen Trigliserida

Tabel 3.6 Komposisi Asam Lemak pada Minyak Sawit dari Berbagai Sumber

Asam Lemak	Malaysia (%)	Indonesia (%)	Zaire (%)
Miristik	0,5-0,8	0,4-0,8	1.2-2.4
Palmitik	46-51	46-50	41-43
Stearik	2-4	2-4	4-6
Oleik	40-42	38-42	38-40
Linoleik	6-8	6-8	10-11

3.5.2.2 Komponen non-Trigliserida

Komponen non-trigliserida ini merupakan komponen yang menyebabkan rasa, aroma dan warna kurang baik. Kandungan minyak sawit yang terdapat dalam jumlah sedikit ini, sering memegang peranan penting dalam menentukan mutu minyak.

Tabel 3.7 Kandungan Minor Minyak Sawit

Komponen	ppm
Karoten	500 – 700
Tokoferol	400 – 600
Sterol	Mendekati 300
Phospatida	500
Besi (Fe)	10
Tembaga (Cu)	0,5
Air	0,07 – 0,18
Kotoran-kotoran	0,01

- **Karoten**

Senyawa ini menimbulkan warna oranye tua pada CPO. Karoten larut dalam asam lemak, minyak, lemak dan pelarut minyak serta pelarut lemak, tetapi tidak larut dalam air. Senyawa ini dapat dihilangkan dengan proses adsorpsi dengan tanah pemucat. Fraksi karoten yang paling berpengaruh dalam CPO adalah *β-carotein*, pigmen ini juga tidak stabil terhadap pemanasan.

- **Tokoferol**

Tokoferol merupakan antioksidasi di dalam minyak sawit (CPO). Tokoferol dapat dibedakan atas *α, β, θ tokoferol*.

- **Senyawa Sterol**

Sterol adalah komponen karakteristik dari semua minyak. Senyawa ini merupakan senyawa unsaponifiable. Pengambilan senyawa ini dari minyak banyak dilakukan karena senyawa ini penting untuk pembentukan vitamin D dan untuk membuat obat-obat lain. Senyawa sterol yang berasal dari tumbuh-tumbuhan disebut phytosterol. Dua senyawa phytosterol yang telah dapat diidentifikasi karakteristiknya adalah *β-sitosterol* dan *α-stigmasterol*.

- **Senyawa Phospatida**

Senyawa ini dapat dianggap sebagai senyawa trigliserida yang salah satu asam lemaknya digantikan oleh asam

phosphoric. Senyawa fosfatida yang terpenting dalam CPO ialah lesitin. Senyawa ini larut dalam alkohol. Kontaminan logam besi (Fe) dan tembaga (Cu) merupakan katalisator yang baik dalam proses oksidasi, walaupun dalam jumlah yang sedikit, sedangkan kotoran-kotoran merupakan sumber makanan bagi pertumbuhan jamur lipolitik yang dapat mengakibatkan terjadinya hidrolisa. Air merupakan bahan perangsang tumbuhnya mikroorganisme lipolitik, karena itu di dalam perdagangan, kadar ini juga menentukan kualitas minyak. Jika kandungan air dalam minyak tinggi, maka dapat menaikkan asam lemak bebas selama selang waktu tertentu. Akan tetapi minyak yang terlalu keringpun mudah teroksidasi, sehingga nilai optimum kadar air dan bahan menguap juga harus diuji.

3.5.3 Mutu Minyak Kelapa Sawit

Warna minyak kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh kandungan karoten dalam minyak tersebut. Karoten dikenal sebagai sumber vitamin A, pada umumnya terdapat pada tumbuhan yang berwarna hijau dan kuning termasuk kelapa sawit, tetapi para konsumen tidak menyukainya. Oleh karena itu para produsen berusaha untuk menghilangkannya dengan berbagai cara. Salah satu cara yang digunakan ialah dengan menggunakan bleaching earth.

Mutu minyak sawit juga dipengaruhi oleh kadar asam lemak bebasnya, karena jika kadar asam lemaknya bebasnya tinggi, maka akan timbul bau tengik di samping juga dapat merusak peralatan karena mengakibatkan timbulnya korosi. Faktor-faktor yang dapat menyebabkan naiknya kadar asam lemak bebas dalam CPO antara lain adalah :

- Kadar air dalam CPO.
- Enzim yang berfungsi sebagai katalis dalam CPO tersebut.

Kadar air dapat mengakibatkan naiknya kadar asam lemak bebas karena air pada CPO dapat menyebabkan terjadinya hidrolisa pada trigliserida dengan bantuan enzim lipase dalam CPO tersebut.

3.5.4 Kriteria Masa Panen

3.5.4.1 Interval Kematangan

Minyak mulai terakumulasi pada buah yang masih muda dan perkembangannya akan sangat cepat sekitar 130 hari setelah penyerbukan. Pada tandan kelapa sawit, buah tidak akan matang secara serempak. Biasanya ada buah yang belum matang, matang dan yang sangat matang sekali. Di Malaysia, standard kematangan minimum buah adalah jika salah satu buah telah lepas dengan sendirinya dari tandannya sebelum dilakukan penebahan. Hal ini berarti, ketika salah satu buah telah lepas dari tandannya, maka buah yang lain yang masih berada pada pohon/tandannya akan semakin matang. Untuk mengatasi hal ini, maka dibuat interval masa panen, yaitu antara 7 sampai 10 hari tergantung kepada umur dan jenis kelapa sawit.

3.5.4.2 Pengaruh Kematangan Buah Terhadap Kadar Minyak dan Kadar Asam Lemak Bebas

Hubungan antara kematangan buah dengan kandungan minyak dan kadar asam lemak bebas telah banyak dipublikasikan, antara lain :

1. Dufrane dan Berger (1957)

Dufrane dan Berger melakukan penelitian di Bokondji, Zaire. Mereka menyimpulkan bahwa jika buah dipanen pada saat kematangan masih meningkat (dari 2% menjadi 46% buah lepas dari tandannya), maka kandungan

minyak pada mesokarp akan meningkat dari sekitar 46% menjadi 51%, atau terjadi kenaikan sekitar 5%. Pada saat yang bersamaan, kandungan asam lemak bebas pada minyak meningkat dari 0,5% menjadi 2,9%.

2. Ng dan Southworth (1973)

Ng dan Southworth melakukan penelitian di Johor, Malaysia. Mereka menyimpulkan bahwa pada persilangan tanaman sawit Dura dengan Pisifera yang telah berumur 11 tahun, kenaikan persentase pelukaan buah dari 10% menjadi 30% menghasilkan kenaikan kandungan minyak pada mesokarp dari kira-kira 47,5% menjadi 50%, atau naik sekitar 2,5%. Pada saat yang bersamaan, kandungan asam lemak bebas juga mengalami kenaikan, yaitu dari 1,1% menjadi 2,1%.

3. Wuidart (1973)

Wuidart melakukan penelitian di Ivory Coast terhadap kelapa sawit persilangan Dura dengan Pisifera yang telah berumur 10 tahun. Wuidart menyimpulkan bahwa persentase minyak pada mesokarp buah pada tandan akan meningkat sesuai dengan kematangan buah.

Dari penelitian-penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa kandungan minyak pada buah tergantung kepada kematangan buah, dimana kandungan minyak pada buah akan maksimum jika buah sudah benar-benar matang, dan kandungan minyaknya akan sedikit jika buah belum matang.

3.5.5 Perkembangan Asam Lemak pada Kelapa Sawit

Faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan asam lemak pada minyak kelapa sawit telah banyak diteliti, dan 2 penemuan yang paling pokok dari penelitian-penelitian tersebut yaitu :

1. Penemuan Fickenday (1910), yang menyatakan bahwa hidrolisa minyak secara enzimatik dipengaruhi oleh lipoid yang terdapat di dalam minyak.
2. Penemuan Loncin (1952), yang menyatakan bahwa hidrolisa autokatalitik secara spontan dapat terjadi pada minyak tumbuh-tumbuhan.

Pada minyak kelapa sawit, asam lemak bebas dapat terbentuk karena adanya aksi mikroba atau karena hidrolisa autokatalitik oleh enzim lipase yang terdapat pada buah sawit. Hasil penelitian Fickendey yang menyatakan adanya pengaruh lipoid pada buah sawit ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3.8 Kadar Asam Lemak Bebas pada Minyak Setelah Penumbukan

Perolehan Minyak setelah Penumbukan	Kadar Asam Lemak Bebas (%)	
	A	B
Test 1 segera/langsung	43,1	2,4
Test 2 segera/langsung	48,5	1,1
Test 3 segera/langsung	49,4	0,8
Test 4a segera/langsung	52,9	2,3
Test 4b setelah 24 jam	66,9	
Test 4b setelah 48 jam	67,2	

ket : A = buah segar yang ditumbuk tanpa pemanasan

B = buah ditumbuk setelah dipanaskan pada suhu 90 °C – 100 °C

Hal yang harus diingat bahwa pada pelaksanaan penelitian ini, perikarp buah sawit ditumbuk dan dikupas dan

selanjutnya dipisahkan dari inti, tanpa adanya pemanasan terlebih dahulu untuk mengeluarkan minyak.

Tabel berikut ini menunjukkan kecepatan proses hidrolisa minyak dan pengaruh lama penyimpanan tandan buah sawit terhadap kadar asam lemak bebas.

Tabel 3.9 Kadar Asam Lemak Bebas pada Perikarp yang Telah Dilukai dan Ditumbuk

Waktu	Kadar Asam Lemak Bebas (%)
Segera mungkin	22
Setelah 5 menit	33
Setelah 15 menit	39
Setelah 30 menit	40
Setelah 60 menit	42,5

Tabel 3.10 Pengaruh antara Lama Penyimpanan dengan Pemrosesan Tandan Buah Sawit Terhadap Kadar Asam Lemak Bebas

Keterlambatan antara Masa Panen dengan Pemrosesan	Perlakuan			
	Lembut		Kasar	
	Luka Buah (%)			
	10	30	10	30
3 Jam	1,86	2,00	1,67	2,38
48 Jam	2,19	2,90	2,86	3,29

Dari hasil penelitian di atas dapat ditarik kesimpulan, yaitu :

- minyak pada buah yang tidak dilukai mengandung kadar asam lemak bebas yang rendah
- minyak yang diperoleh dari buah sawit segar yang ditumbuk/dilukai dan tanpa adanya perlakuan panas, mempunyai kandungan asam lemak bebas di atas 40%
- lama penyimpanan buah setelah masa panen akan meningkatkan kadar asam lemak bebas pada minyak

3.5.5.1 Peran Mikroorganisma dalam Pembentukan Asam Lemak

Ada 2 pendapat yang menyatakan pengaruh mikroorganisma pada buah sawit :

1. Fickendey, dkk, menyatakan bahwa keasaman akan meningkat dengan cepat pada perikarp buah yang dilukai, jika buah ini diletakkan pada tempat terbuka dan mengandung jamur.
2. Wilbaux, menyatakan bahwa jamur dari tipe Oospora (kemungkinan *Geotrichium candidum*) terbukti mampu meningkatkan kandungan asam lemak bebas pada buah sawit segar dari 0,1 % menjadi 6,4 % dalam waktu 60 jam.

Jika hasil penelitian ini dihubungkan dengan penelitian Loncin, maka dapat disimpulkan bahwa hidrolisa karena adanya aktifitas mikroba dapat terjadi secara berdampingan dengan hidrolisa secara autokatalitik. Hal ini kemungkinan dapat terjadi terutama jika kondisi optimum dari mikroba dan enzim lipase dapat dipertahankan,

seperti :

- temperatur harus dibawah 50 °C
- adanya nutrien yang cocok untuk mikroorganisma

3.5.5.2 Hidrolisa Secara Autokatalitik

Pada penelitian Loncin, kesimpulan yang diberikan adalah sebagai berikut :

A. Adanya kandungan uap pada minyak sangat penting untuk kelangsungan reaksi. Hasil penelitian tersebut ditunjukkan seperti pada tabel berikut.

Tabel 3.11 Pengaruh Uap di Dalam Minyak pada Pembentukan Asam Lemak Bebas

Perlakuan	Kadar Asam Lemak Bebas (%)	
	Mula-mula	Disimpan selama 30 hari pada suhu 60 °C
Minyak sawit kering	7,30	7,35
Minyak sawit yang tidak kering	7,30	8,85
Minyak sawit + 20% uap	7,30	10,60

B. Hasil reaksi dipengaruhi oleh kadar asam lemak bebas mula-mula, suhu reaksi dan lama reaksi. Hubungan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\log A = \log A_0 +$$

dimana : A_0 = kadar asam lemak mula-mula

A = kadar asam lemak pada waktu t

K = koefisien temperatur

t = lama reaksi

Pada tabel berikut, Loncin memberikan harga K pada berbagai temperatur.

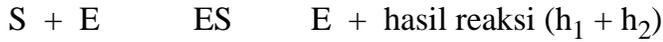
Tabel 3.12 Harga K pada Berbagai Temperatur

Temperatur (°C)	K
37	0,025
50	0,051
60	0,102 - 0,164 (biasanya 0,125)
70	0,250 – 0,288
80	0,505
100	1,480

Dari tabel di atas, umumnya harga K menjadi sekitar 2 kali lipat untuk setiap kenaikan suhu 10 °C.

3.5.6 Enzim

c



Pada skema di atas terlihat suatu reaksi antara substrat (S) dan enzim (E). Terdapat 3 trayek reaksi, yaitu trayek a yang membentuk kompleks enzim-substrat (ES), trayek b menguraikan (merombak) kompleks enzim-substrat dan pembentukan hasil reaksi h_1 dan h_2 , dan trayek c menyusun kembali reaksi-reaksi ulangan.

Aktifitas enzim tergantung pada :

1. Kadar (konsentrasi) dan jenis substrat

Jika konsentasi substrat kecil, maka reaksinya ditentukan oleh substratnya, sehingga tercapai keseimbangan antara kecepatan reaksi dan konsentrasi substrat. Tetapi jika substratnya dalam keadaan berlebih, maka reaksinya tergantung pada jumlah enzim yang ada. Kecepatan reaksi enzim tidak tergantung pada konsentrasi substrat yang ada.

2. Temperatur

Reaksi–reaksi enzim sangat tergantung kuat pada temperatur. Temperatur dapat menentukan aktifitas maksimum dari enzim. Temperatur optimum tergantung pula pada macamnya enzim, susunan cairan, dan lamanya percobaan. Pada umumnya setiap kenaikan 10 °C, kecepatan reaksi dapat meningkat menjadi 2 atau 3 kali lipat. Tetapi pada suhu di atas 50 °C, umumnya enzim sudah mengalami kerusakan.

3. Konsentrasi ion-hidrogen (H⁺)

pH optimum tergantung pada masing-masing enzim. pH ini juga tergantung pada macam dan konsentrasi substrat yang dipakai dan syarat-syarat percobaan lainnya. Pada umumnya pH optimum untuk beberapa enzim adalah sekitar larutan netral atau asam lemah.

4. Pengaruh dari efektor

Substansi-substansi yang mempertinggi aktifitas suatu enzim disebut aktivator dan yang menghambat disebut inhibitor. Tiap percobaan dengan enzim mempunyai aktivator dan inhibitor dalam jumlah dan macam yang berbeda. Reaksi-reaksi in vitro (dalam tabung) berbeda dengan reaksi in vivo (hidup). Perbedaan tersebut dapat dilihat seperti pada tabel berikut :

Tabel 3.13 Reaksi in Vitro dan in Vivo

	In vivo	In vitro
Penggolongan ruang enzim	Pada umumnya mempunyai sistem multi-enzim	Bebas dalam larutan
Keadaan enzim	Keadaannya selalu dapat diperbaharui	Konsentrasi pada permulaan sudah ditentukan. Sebagian menjadi inaktif selama inkubasi
Substrat	Relatif rendah, pengadaan terbatas	Relatif tinggi, terdapat kejenuhan substrat
Penentu kecepatan reaksi	Substrat	Enzim
Sistem reaksi	Terbuka	Tertutup

Hasil reaksi	Selalu dipengaruhi oleh enzim lain, atau oleh difusi dan sirkulasi	Pada awal reaksi = 0 dan meningkat pada jangka waktu percobaan
Temperatur	Sekitar 37 °C	Sekitar 25 °C
pH	Sekitar 7	Optimum
Efektor	Sangat variabel	Aktifitas penuh

Enzim yang sangat berpengaruh dalam pembentukan asam lemak dan gliserol adalah enzim lipase. Enzim lipase banyak terdapat pada biji-bijian yang mengandung minyak, seperti kacang kedelai, biji jarak, kelapa sawit, kelapa, biji bunga matahari, biji jagung dan juga terdapat dalam daging hewan dan dalam beberapa jenis bakteri. Dalam buah kelapa sawit, selain enzim lipase terdapat juga enzim oksidase, yaitu enzim peroksidase. Enzim lipase yang terdapat pada kelapa sawit ini adalah ricinus lipase yang cara kerjanya sangat mirip dengan pancreatic lipase. Enzim lipase bertindak sebagai biokatalisator yang menghidrolisa trigliserida menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Enzim peroksidase berperan dalam proses pembentukan peroksida yang kemudian dioksidasi lagi dan pecah menjadi gugusan aldehid dan keton. Senyawa keton ini jika dioksidasi lagi akan pecah menjadi asam.

Indikasi dari aktifitas enzim lipase ini dapat diketahui dengan mengukur kenaikan bilangan asam. Enzim lipase ini sangat aktif, bahkan pada kondisi yang baik, minyak sawit jarang diproduksi dengan kandungan asam lemak bebas dibawah 2 % atau 3 %, dan pada kondisi yang optimum, kandungan asam lemak pada minyak bisa mencapai 60 % atau lebih. Enzim lipase akan mengalami kerusakan pada suhu 60 °C, dan aktifitas enzim ini lambat pada buah yang baru dipanen, tetapi aktifitasnya akan cepat meningkat apabila buah mengalami luka. Buah yang baru dipanen dan dilepas dari tandannya pada umumnya telah mengalami luka, tetapi hal ini tidak cukup untuk memberi peluang berkembangnya aktifitas enzim lipase secara optimum. Salah satu perlakuan secara mekanik untuk melukai buah sawit ini adalah dengan melakukan perajangan sampai berukuran ± 1 cm. Rajangan ini kemudian dikempa dengan menggunakan mesin kempa (*screw-type press*) atau digiling dengan blender.

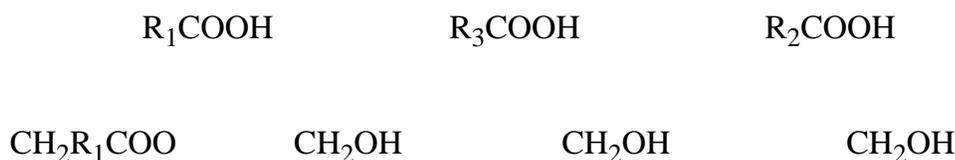
3.5.7 Proses Hidrolisa Trigliserida dengan Enzim

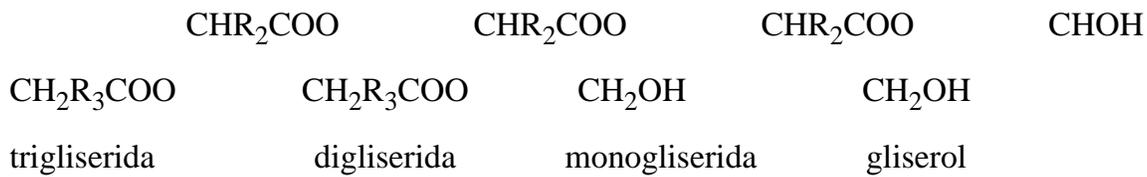
Pada saat ini enzim lipase yang sudah dapat digunakan secara komersil antara lain adalah *Immobilize lipase* yang berasal dari *Candida antartica* (Novozyme 435), *Mucor miehe* (Lipozyme IM), serta *Candida cylindracea* (Sigma).

Sifat-sifat enzim lipase adalah sebagai berikut :

- Temperatur optimum: 35 °C, pada suhu 60 °C enzim sebagian besar sudah rusak.
- pH optimum : 4,7 – 5,0
- Berat molekul : 45000-50000
- Dapat bekerja secara aerob maupun anaerob
- ko-faktor : Ca^{++} , Sr^{++} , Mg^{++} . Dari ketiga ko-faktor ini yang paling efektif adalah Ca^{++}
- Inhibitor : Zn^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} , iodine, versene

Tahap hidrolisis trigliserida dengan lipase dapat dilihat seperti berikut ini :

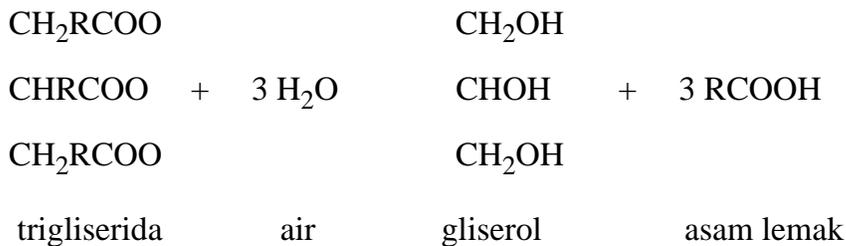




3.5.8 Proses Pembuatan Asam Lemak

3.5.8.1 Hidrolisa CPO dengan H_2O

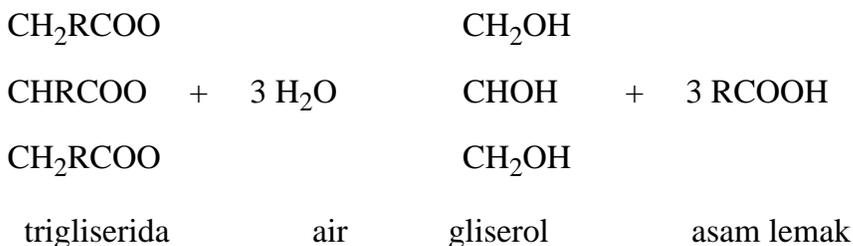
Hidrolisa CPO dengan H_2O merupakan metoda yang umum dipakai untuk menghasilkan asam lemak. Reaksi ini akan menghasilkan gliserol sebagai produk samping. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Reaksi ini dilakukan pada suhu $240\text{ }^\circ\text{C}$ – $260\text{ }^\circ\text{C}$ 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.

3.5.8.2 Hidrolisa CPO secara Enzimatik

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 H_2O 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 adalah sebagai berikut :



Reaksi ini dilakukan pada kondisi optimum aktifitas enzim lipase yaitu pada suhu $35\text{ }^\circ\text{C}$ dan pH 4,7-5. Derajat pemisahan pada proses ini mampu mencapai 90%.

3.5.8.3 Hidrolisa Secara Langsung Buah Kelapa Sawit Secara Enzimatik

Hidrolisa secara langsung buah kelapa sawit dengan mengaktifkan enzim lipase sebagai biokatalisator yang terdapat pada buah kelapa sawit merupakan suatu alternatif proses yang dapat dilakukan untuk memperoleh asam lemak. Enzim lipase yang terdapat pada buah sawit akan membantu air dalam menghidrolisa trigliserida menjadi asam

lemak dan gliserol.

Jika proses ketiga dibandingkan dengan proses pertama dan kedua, dimiliki kelebihan dan kekurangan, antara lain :

1. Hidrolisa minyak sawit dengan air pada suhu dan tekanan tinggi mampu menghasilkan pemisahan asam lemak dengan gliserol sampai 99%, tetapi proses ini menggunakan CPO yang telah diolah dari tandan, disamping itu juga dapat merusak komponen-komponen minor yang terdapat dalam minyak sawit.

Pada proses hidrolisa CPO secara enzimatik, kebutuhan energi relatif kecil. Kekurangan dari proses ini adalah harga enzim lipase yang sangat mahal. Pemakaian enzim lipase secara berulang-ulang dapat dilakukan, tetapi hal ini memerlukan tambahan proses untuk mendapatkan enzim lipase yang mempunyai kemampuan yang sama seperti semula. Disamping itu, karena sifat enzim yang sangat sensitif terhadap temperatur dan pH, maka kemungkinan kerusakan pada enzim lipase secara tiba-tiba tentu saja dapat terjadi, sementara pemenuhan enzim lipase ini relatif sulit dilakukan karena faktor biaya dan *supplier* enzim lipase yang terbatas di pasaran.

2. Hidrolisa dengan mengaktifkan enzim lipase yang terdapat pada buah kelapa sawit jika ditinjau dari segi ekonomi dan teknik sangat baik sekali, karena sesuai dengan tujuannya yaitu untuk menghasilkan asam lemak dan gliserol, maka proses ini tidak perlu lagi melakukan pengolahan terlebih dahulu terhadap TBS menjadi minyak. Tetapi, sampai saat ini penelitian di bidang ini belum ada yang dipublikasikan.

BAB IV

BIODIESEL

4.1 Sejarah Biodiesel

Bahan bakar nabati bioetanol dan biodiesel merupakan dua kandidat kuat pengganti bensin dan solar yang selama ini digunakan sebagai bahan bakar mesin Otto dan Diesel. Pemerintah Indonesia telah mencanangkan pengembangan dan implementasi dua macam bahan bakar tersebut, bukan hanya untuk menanggulangi krisis energi yang mendera bangsa namun juga sebagai salah satu solusi kebangkitan ekonomi masyarakat.

Biodiesel pertama kali dikenalkan di Afrika selatan sebelum perang dunia II sebagai bahan bakar kendaraan berat. Biodiesel didefinisikan sebagai metil/etil ester yang diproduksi dari minyak tumbuhan atau hewan dan memenuhi kualitas untuk digunakan sebagai bahan bakar di dalam mesin diesel. Sedangkan minyak yang didapatkan langsung dari pemerahan atau pengempaan biji sumber minyak (*oilseed*), yang kemudian disaring dan dikeringkan (untuk mengurangi kadar air), disebut sebagai minyak lemak mentah. Minyak lemak mentah yang diproses lanjut guna menghilangkan kadar fosfor (*degumming*) dan asam-asam lemak bebas (dengan netralisasi dan *steam refining*) disebut dengan *refined fatty oil* atau *straight vegetable oil* (SVO).

SVO didominasi oleh trigliserida sehingga memiliki viskositas dinamik yang sangat tinggi dibandingkan dengan solar (bisa mencapai 100 kali lipat, misalkan pada Castor Oil. Oleh karena itu, penggunaan SVO secara langsung di dalam mesin diesel umumnya memerlukan modifikasi/tambahan peralatan khusus pada mesin, misalnya penambahan pemanas bahan bakar sebelum sistem pompa dan injektor bahan bakar untuk menurunkan harga viskositas. Viskositas (atau kekentalan) bahan bakar yang sangat tinggi akan menyulitkan pompa bahan bakar dalam mengalirkan bahan bakar ke ruang bakar. Aliran bahan bakar yang rendah akan menyulitkan terjadinya atomisasi bahan bakar yang baik. Buruknya atomisasi berkorelasi langsung dengan kualitas pembakaran, daya mesin, dan emisi gas buang.

Pemanasan bahan bakar sebelum memasuki sistem pompa dan injeksi bahan bakar merupakan satu solusi yang paling dominan untuk mengatasi permasalahan yang mungkin timbul pada penggunaan SVO secara langsung pada mesin diesel. Pada umumnya, orang lebih memilih untuk melakukan proses kimiawi pada minyak mentah atau *refined fatty oil*/SVO untuk menghasilkan metil ester asam lemak (fatty acid methyl ester - FAME) yang memiliki berat molekul lebih kecil dan viskositas setara dengan solar sehingga bisa langsung digunakan dalam mesin diesel konvensional. Biodiesel umumnya diproduksi dari *refined vegetable oil* menggunakan proses transesterifikasi. Proses ini pada dasarnya bertujuan mengubah [tri, di, mono] gliserida berberat molekul dan berviskositas tinggi yang mendominasi komposisi *refined fatty oil* menjadi asam lemak metil ester (FAME). Biodiesel tergolong bahan bakar yang dapat diperbaharui karena diproduksi dari hasil pertanian, antara lain : jarak pagar, kelapa, sawit, kedele, jagung, rape seed, kapas, kacang tanah. Selain itu biodiesel juga bisa dihasilkan dari lemak hewan dan minyak ikan.

Penggunaan biodiesel cukup sederhana, dapat terurai (biodegradable), tidak beracun dan pada dasarnya bebas kandungan belerang (sulfur). Keuntungan lain dari biodiesel antara lain :

1. Termasuk bahan bakar yang dapat diperbaharui.
2. Tidak memerlukan modifikasi mesin diesel yang telah ada.
3. Tidak memperparah efek rumah kaca karena siklus karbon yang terlibat pendek.
4. Kandungan energi yang hampir sama dengan kandungan energi petroleum diesel.
5. Penggunaan biodiesel dapat memperpanjang usia mesin diesel karena memberikan lubrikasi lebih daripada bahan bakar petroleum.
6. Memiliki flash point yang tinggi, yaitu sekitar 200 °C, sedangkan bahan bakar petroleum diesel flash pointnya hanya 70 °C.
7. Bilangan setana (cetane number) yang lebih tinggi daripada petroleum diesel

Konsep penggunaan minyak tumbuh-tumbuhan sebagai bahan pembuatan bahan bakar sudah dimulai pada tahun 1895 saat Dr. Rudolf Christian Karl Diesel (Jerman, 1858-1913) mengembangkan mesin kompresi pertama yang secara khusus dijalankan dengan minyak tumbuh-tumbuhan. Mesin diesel atau biasa juga disebut Compression Ignition Engine yang ditemukannya itu merupakan suatu mesin motor penyalaan yang mempunyai konsep penyalaan di akibatkan oleh kompresi atau penekanan campuran antara bahan bakar dan oxygen didalam suatu mesin motor, pada suatu kondisi tertentu. Konsepnya adalah bila suatu bahan bakar dicampur dengan oxygen (dari udara) maka pada suhu dan tekanan tertentu bahan bakar tersebut akan menyala dan menimbulkan tenaga atau panas. Pada saat itu, minyak untuk mesin diesel yang dibuat oleh Dr. Rudolf Christian Karl Diesel tersebut berasal dari minyak sayuran. Tetapi karena pada saat itu produksi minyak bumi (petroleum) sangat melimpah dan murah, maka minyak untuk mesin diesel tersebut digunakan minyak solar dari minyak bumi. Hal ini menjadi inspirasi terhadap penerus Karl Diesel yang mendesain motor diesel dengan spesifikasi minyak diesel.

4.2 Proses Pengolahan

Pada pembuatan biodiesel dari minyak nabati kadar asam lemak bebas harus dihilangkan terlebih dahulu. Cara pengolahan asam lemak bebas dapat dilakukan dengan cara berikut:

- Kadar FFA < 2% -----> dengan penetralan,
- Kadar FFA > 2% -----> dengan esterifikasi asam lemak.

Skema proses pengolahan dapat dilihat seperti pada bagan berikut :



Proses Pengolahan (Up stream)

- Mengontrol jumlah air dan asam lemak bebas pada bahan baku yang baru masuk (minyak atau lemak).
- Jika tingkat asam lemak bebas atau air terlalu tinggi dimungkinkan terjadi masalah penyabunan (saponifikasi) dan pemisahan gliserin.

Proses Pengolahan (Main Stream)

1. Katalis dilarutkan dalam alkohol/metanol dengan pengadukan
2. Campuran alkohol dan katalis direaksikan secara batch dengan minyak. Sistem dibuat tertutup dari atmosfer untuk mencegah kehilangan alkohol/metanol.
3. Fase gliserin lebih berat dari fase biodiesel dan keduanya dipisahkan oleh gaya berat dengan hanya menarik gliserin dari dasar tempat vessel.
4. Setelah fase gliserin dan biodiesel dipisahkan, kelebihan alkohol di tiap fase dipindahkan dengan proses dengan evaporasi atau destilasi.

5. Produk gliserin terdiri dari katalis yang tidak digunakan dan sabun yang dinetralisasi dengan asam dan dikirim ke tempat penyimpanan sebagai gliserin mentah.

Beberapa Alternatif Proses (main stream)

Proses Pengolahan (Down Stream)

- Setelah dipisahkan dari gliserin, biodiesel terkadang dimurnikan secara perlahan dengan pencucian yang menggunakan air panas/hangat untuk memindahkan sisa katalis atau sabun
- Kemudian dilakukan pengeringan melalui destilasi Vakum

Proses Lanjutan (Pencucian)

Banyak cara “washing” biodiesel, yang paling banyak digunakan adalah “The Bubblewash Methode”, caranya adalah : ditambahkan air seperempat sampai setengah volume oil (campur H_3PO_4 10% 10 ml per galon) -----> suhu tetap. Masukkan pompa akuarium, nyalakan 24 jam. Lakukan lagi sekitar 3 - 4 kali hingga pH air netral.

Reaksi pembuatan biodiesel bisa dilakukan dengan 2 cara, yaitu :

1. Reaksi Trans-esterifikasi

- Dibuat dengan reaksi kimia antara methanol (ethanol) dan minyak
- 100 kg minyak + 10 kg methanol -----> 100 kg biodiesel + 10 kg glycerin
- Diperlukan 1 % katalis (seperti NaOH, KOH)

01 : 0000:0

01 : 0000:0

01 : 00 : 01 :

2. Reaksi Esterifikasi

01 : 00 : 01 :

01 : 0000:0

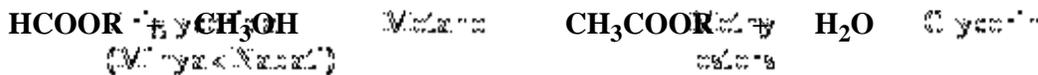
01 : 00 : 01 :

- Reaksi kimia antara methanol (ethanol) dan Free Fatty Acid
- 1kg FFA + 0,1 kg methanol ----> 1kg biodiesel + 0,1 air
- Diperlukan 1 % katalis (seperti H₂SO₄, HCl)

01 : 0000:0

01 : 0000:0

01 : 00 : 01 :



4.2.1 Proses Satu Tahap

Proses ini telah dilakukan oleh perusahaan LURGI di Jerman, yaitu proses pengolahan: langsung Trans-esterifikasi, artinya : Suatu proses kimiawi dari trigliserida pada RPO dengan metanol dengan menggunakan sodium methylate sebagai katalis untuk menghasilkan biodiesel kelapa sawit atau Vegetable Oil Metil Ester (VOME) dan glycerin.

Bahan baku :

1. CPO (Crude Palm Oil)
2. RPO (Refine Palm Oil)
3. CPS (Crude Palm Skarin)
4. RPS (Refund Palm Stearin)

Bila bahan baku minyak yang digunakan merupakan minyak yang telah diproses (*refined fatty oil*) dengan kadar air dan asam lemak bebas yang rendah, maka proses esterifikasi dengan katalis alkalin bisa langsung dilakukan terhadap minyak tersebut.

Transesterifikasi pada dasarnya terdiri atas 4 tahapan, yakni:

1. Pencampuran katalis alkalin (umumnya sodium hidroksida atau potassium hidroksida) dengan alkohol (umumnya methanol). Konsentrasi alkalin yang digunakan bervariasi antara 0.5 - 1 wt % terhadap massa minyak. Sedangkan alkohol diset pada rasio molar antara alkohol terhadap minyak sebesar 9:1.
2. Pencampuran alkohol+alkalin dengan minyak di dalam wadah yang dijaga pada temperatur tertentu (sekitar 40 - 60°C) dan dilengkapi dengan pengaduk (baik magnetik ataupun motor elektrik) dengan kecepatan konstan (umumnya pada 600 rpm - putaran per-menit). Keberadaan pengaduk sangat penting untuk memastikan terjadinya reaksi methanolisis secara menyeluruh di dalam campuran. Reaksi methanolisis ini dilakukan sekitar 1 - 2 jam.
3. Setelah reaksi methanolisis berhenti, campuran dibiarkan dan perbedaan densitas senyawa di dalam campuran akan mengakibatkan separasi antara metil ester dan gliserol. Metil ester dipisahkan dari gliserol dengan teknik separasi gravitasi.
4. Metil ester yang notabene biodiesel tersebut kemudian dibersihkan menggunakan air distilat untuk memisahkan zat-zat pengotor seperti methanol, sisa katalis alkalin, gliserol, dan sabun-sabun (*soaps*). Lebih tingginya densitas air dibandingkan dengan metil ester menyebabkan prinsip separasi gravitasi berlaku: air berposisi di bagian bawah sedangkan metil ester di bagian atas.

Selain proses 1 tahap, juga bisa dilakukan proses 2 tahap dengan alasan-alasan berikut :

- Proses satu tahap dapat tidak efisien karena terbentuknya sabun.
- Sabun terbentuk selama transesterifikasi dengan katalis basa, ketika ion Na⁺ bergabung dengan adanya asam lemak bebas (free fatty acids) yang mungkin ada dalam bahan baku
- Sabun akan mengurangi hasil (yield) karena sabun mengikatkan methyl ester dengan air. Ikatan ester dapat dibersihkan dalam pencucian, tetapi pemisahan air akan lebih sulit dan meningkatkan konsumsi air.
- Proses esterifikasi dengan katalis asam sebelum transesterifikasi dengan katalis basa akan mengeliminasi sebagian

besar asam lemak bebas.

4.2.2 Proses Dua Tahap

Transesterifikasi merupakan metode yang saat ini paling umum digunakan untuk memproduksi biodiesel dari *refined fatty oil*. Metode ini bisa menghasilkan biodiesel (FAME) hingga 98% dari bahan baku minyak tumbuhan. Bila bahan baku yang digunakan adalah minyak mentah yang mengandung kadar asam lemak bebas (*free fatty acid* - FFA) tinggi, yakni lebih dari 2%, maka perlu dilakukan proses praesterifikasi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas hingga sekitar 2% melalui dua tahap proses yaitu :

1. Esterifikasi asam: Ini merupakan proses pendahuluan menggunakan katalis asam untuk menurunkan kadar asam lemak bebas hingga sekitar 2%. Asam sulfat (*sulphuric acid*) 0.5 wt% dan alkohol (umumnya methanol) dengan molar rasio antara alkohol dan bahan baku minyak sebesar 6:1 terbukti memberikan hasil konversi yang baik.
2. Esterifikasi alkalin: Selanjutnya dilakukan proses transesterifikasi terhadap produk tahap pertama di atas menggunakan katalis alkalin. Sodium hidroksida 0.5 wt% dan alkohol (umumnya methanol) dengan rasio molar antara alkohol dan produk tahap pertama sebesar 9:1 digunakan dalam proses transesterifikasi ini.

Kedua proses esterifikasi di atas dilakukan pada temperatur 40 - 50°C. Esterifikasi dilakukan di dalam wadah berpengaduk magnetik dengan kecepatan konstan. Keberadaan pengaduk ini penting untuk memastikan terjadinya reaksi di seluruh bagian reaktor. Produk esterifikasi alkalin akan berupa metil ester di bagian atas dan gliserol di bagian bawah (akibat perbedaan densitas). Setelah dipisahkan dari gliserol, metil ester tersebut selanjutnya dicuci dengan air distilat panas (10 vol%). Karena memiliki densitas yang lebih tinggi dibandingkan metil ester, air pencuci ini juga akan terpisah dari metil ester dan menempati bagian bawah reaktor. Metil ester yang telah dimurnikan ini selanjutnya bisa digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Selain untuk menurunkan kadar asam, pada proses praesterifikasi juga perlu dilakukan pengurangan kadar air. Pada prinsipnya, pengurangan kadar air bisa dilakukan dengan dua cara, separasi gravitasi atau separasi distilasi. Separasi gravitasi mengandalkan perbedaan densitas antara minyak dengan air. Air yang lebih berat akan berposisi di bagian bawah untuk selanjutnya dapat dipisahkan. Sedangkan separasi distilasi mengandalkan titik didih air sekitar 100°C dan pada beberapa kasus digunakan pula tekanan rendah untuk memaksa air keluar dan terpisah dari minyak.

Beberapa kritik yang ditujukan terhadap proses transesterifikasi kimiawi adalah tingginya konsumsi energi proses serta masih terikutnya senyawa-senyawa pengotor dalam metil ester, seperti [mono, di] gliserida, gliserol, air, dan katalis alkalin yang dipergunakan. Pemurnian metil ester terhadap senyawa-senyawa pengotor tersebut memerlukan tambahan energi dan material dalam proses transesterifikasi minyak menjadi biodiesel.

Beberapa peneliti telah mengajukan teknik katalisis biologis (*biocatalysis*) untuk memproduksi biodiesel, *oleic acid alkyl ester* (dalam hal ini butil oleat), dari triolein menggunakan beberapa macam katalis biologis, yakni *Candida Antarctica B*, *Rizhomucor Miehei*, dan *Pseudomonas Cepacia*. Karena mahalnya harga katalis biologis dibandingkan katalis kimiawi, maka penggunaan katalis biologis tersebut dilakukan dengan cara immobilisasi pada katalis. Teknik ini sekaligus memungkinkan dilakukannya proses kontinyu dalam produksi biodiesel. Dari hasil pengujian yang dilakukan ditemukan bahwa *Pseudomonas Cepacia* merupakan katalis biologis yang paling baik dalam menghasilkan 100% butil oleat (*oleic acid ethyl ester*) dalam waktu 6 jam. Temperatur optimum reaksi ini adalah 40°C. Ada juga penelitian yang dilakukan menggunakan jalur katalis biologis untuk memproduksi biodiesel dari minyak tumbuhan. Mereka membuat katalis padat (*solid catalyst*) dari gula dengan cara melakukan pirolisis terhadap senyawa gula (D-glucose dan sucrose) pada temperatur di atas 300 °C. Proses ini menyebabkan karbonisasi tak sempurna terhadap senyawa gula dan terbentuknya lembar-lembar karbon aromatik polisiklis (*polycyclic aromatic carbon sheets*). Asam sulfat (*sulphuric acid*) kemudian digunakan untuk mensulfonasi cincin aromatik tersebut sehingga menghasilkan katalis. Katalis padat yang dihasilkan dengan cara ini disebutkan memiliki kemampuan mengkonversi minyak tumbuhan menjadi biodiesel lebih tinggi dibandingkan katalis asam sulfat cair ataupun katalis asam padat lain yang telah ada sebelumnya. Beberapa percobaan proses transesterifikasi tanpa katalis sudah dilakukan pada kedelai (*soybean oil*) menggunakan methanol

superkritik dan *co-solvent* CO₂. Tidak adanya katalis pada proses ini memberikan keuntungan tidak diperlukannya proses purifikasi metil ester terhadap katalis yang biasanya terikut pada produk proses transesterifikasi konvensional menggunakan katalis asam/basa. Pada percobaan lanjutan lainnya juga dilakukan proses transesterifikasi menggunakan methanol superkritik dengan menambahkan *co-solvent* CO₂ yang berfungsi untuk menurunkan tekanan dan temperatur operasi proses transesterifikasi.

Hal ini berkorelasi langsung pada lebih rendahnya energi yang diperlukan dalam proses transesterifikasi menggunakan methanol superkritik. Namun demikian, temperatur yang terlibat dalam proses yang dilakukan masih cukup tinggi, yakni sekitar 280°C.

Sedangkan katalis yang biasa dipakai antara lain :

- Trans-Esterifikasi :

- KOH
- NaOH
- Na₂CO₃
- CaCO₃
- MgO
- Dll

- Esterifikasi :

- H₂SO₄
- HCl

Selain trigliserida (minyak) dan katalis, reaktan lain yang dipakai adalah metanol atau etanol. Keuntungan/kerugian menggunakan metanol dan etanol dapat dilihat sebagai berikut:

- Etanol umumnya lebih disukai karena :
 - Berasal dari produk pertanian, terbarukan (renewable), ramah lingkungan
 - Penangannya lebih aman karena efek toxic ke personil, uap relatif kurang
- Metanol lebih luas penggunaannya dalam produksi biodiesel daripada metanol
 - Metanol lebih murah daripada ethanol

4.3 Perkembangan Biodiesel di Indonesia

Perkembangan biodiesel di Indonesia pada saat ini dapat dirangkum seperti berikut ini :

- Menristek, Menhub, Gubernur DKI Jakarta dan Komisi VII DPR di Parkir PRJ-Kemayoran Jakarta pada hari Sabtu 29 Oktober 2005 melepas sebanyak 15.000 pemudik dari keluarga pedagang jamu gendong
- Meskipun tidak dijual secara umum seperti halnya BBM, masyarakat dapat membeli biodiesel di "pabriknya" di Puspiptek Serpong. Setiap hari dihasilkan biodiesel 1,5 ton.
- 28 bus dinas BPPT yang mayoritas bermesin diesel buatan tahun 1980
- Sebagian besar pembeli justru para pemilik mobil keluaran baru dan bermerek, termasuk mobil-mobil berstandar Euro 1 dan 2.

Sedangkan pabrik/plant biodiesel di Indonesia adalah :

- Pertamina, ITB dan PT Rekayasa Industri telah menandatangani perjanjian proyek pengembangan biodiesel.
- Skala proyek biodiesel dari minyak jarak tsb :
 - 1. Skala kecil : kapasitas 1000 liter/hari
 - 2. Skala menengah : kapasitas 15 000 liter/hari
 - 3. Skala besar : kapasitas 100.000 ton /tahun

- Potensi : hemat BBM 100.000 barel/hari
- Target :
 - tahun2005-2006 Membuat minimal satu pabrik biodiesel dan gasohol
 - Tahun 2010 10 %dari minyak solar adalah biodiesel
 - Tahun 2025 penggunaan bioenergi mencapai 30% dari energi nasional
- Investasi :Rp 3,7 Triliun

4.4 Uji Kualitas Biodiesel

Peralatan yang digunakan harus standart ASTM. Uji kualitas harus dilakukan secara rutin agar diperoleh standart bahan baku/ produk sehingga proses pengolahan minyak dapat dilakukan pada kondisi yang telah direncanakan.

Peralatan/instrumen juga harus distandartkan agar diperoleh hasil uji yang universal.

Contoh Bagan dan Test yang Perlu Dilakukan



Uji Spesifikasi :

1. Berat jenis dan api gravity

Berat jenis dan api gravity : jumlah berat (mg) bahan setiap volume bahan (ml)

API GRAVITY= DEG API = 141,5/S.G. -131,5

Uji ini gunanya untuk :

- menentukan jenis minyak
- menentukan tempat penyimpanan
- menentukan jenis/kapasitas transport

Alat yang dipakai : timbangan, picnometer (ASTM D 941) atau HIDROMETER

2. Anilin Point

Analisa ini dipakai untuk menghitung indeks diesel yaitu bilangan yang menentukan tingkat kearomatisan minyak diesel.

Kandungan aromatis menentukan kualitas penyalaan(asap akan menjadi hitam)

3. Viskositas

Viskositas menunjukkan tingkat kekentalan bahan. Untung rugi didalam mesin jika viskositas kecil/tinggi :

Viscositas rendah :

- minyak mudah dialirkan
- Daya pompa kecil
- Pengabutan / injeksi baik
- Kendala kebocoran

Viscositas tinggi:

- sulit dialirkan
- Daya pompa besar
- Pengabutan / injeksi jelek
- Kendala pembakaran mungkin sulit

4. Flash & Fire Point

Analisa ini dipergunakan utk menentukan kualitas penyalaan yaitu mudah tidaknya bahan bakar menyala. Alat yang digunakan adalah : cleveland open cup astm d 92 atau seta cleveland open cup.

5. Volatilitas Minyak Bakar

Alat yang dipakai adalah Distilasi ASTM

Uji Lainnya :

- Water content
- Ash content
- S content
- Carbon residu
- Angka cetane (Sulit, biaya mahal), GC, dll

Tabel 4.1 Jatropha Biodiesel dibandingkan dengan Petro-diesel dan EU Standards

Property	Units	Jatropha biodiesel	Petro-diesel	E.U standard biodiesel
Density @30C	g/ml	0.88	0.85	> 0.8
Combustion point	C	192	55	> 55
Kinetic viscosity	cSt	4.84	2 – 8	5
Calorific potential	MJ/kg	41	45	Undefined
Cetane number		52	47.5	> 48
Ester content	%	> 99	0	> 99
Sulfur content	%	0	< 0.5	< 0.55
Carbon residue	%	0.024	< 0.35	< 0.1

Tabel 4.2 Perbandingan Sifat Minyak Diesel

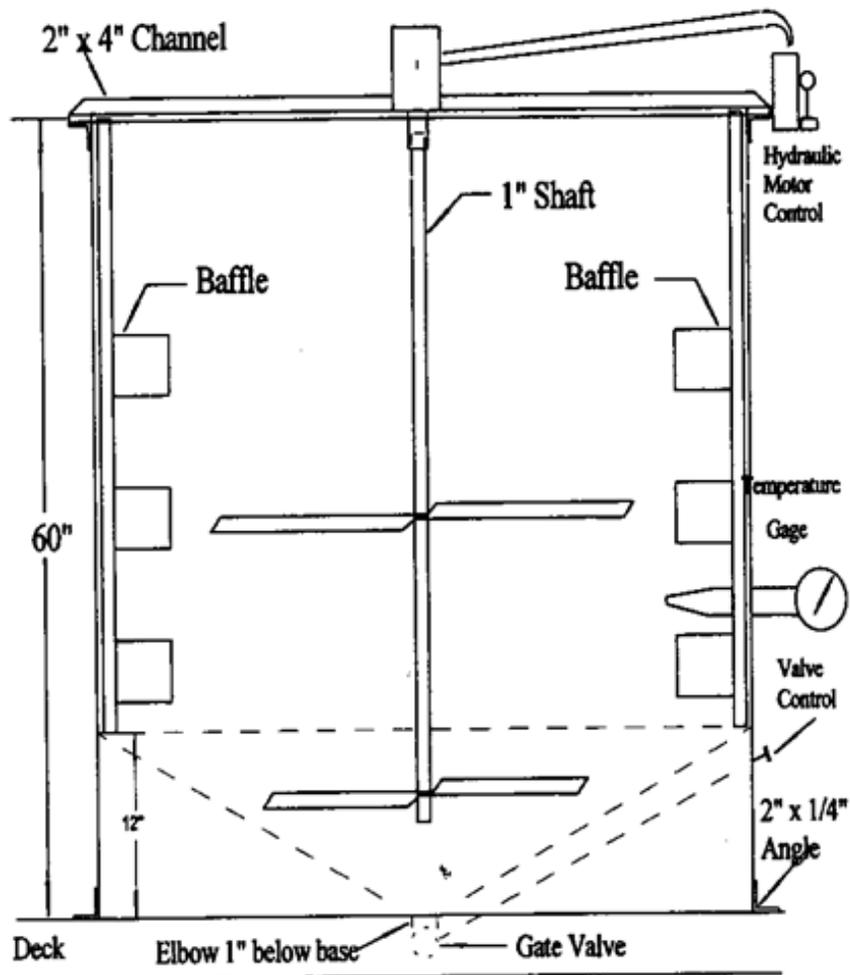
Type	Solar	Biodiesel	DME	Methanol	Ethanol	EU Biodiesel
SG 16 °C	0,85	0,88	0,67	0,796	0,794	0,8
Viscositas 20 °C (cst)	2,5	4,48	nd	0,75	151	5
Titik didih (°C)	235	nd	nd	65	78	nd
Flash point (°C)	52	nd	nd	11	13	nd
Autoignition (°C)	254	192	235	464	423	>55
Angka cetan	40-55	52	55-60	<15	<15	>48
Calor Mj/kg	45	41	6900*	20,1	27	nd

Tabel 4.3 Hasil Uji Beberapa Biodiesel

ITEM	METHODE	APB	ASTM D6751	10%Olein +solar	solar
SG 60/60	d1298	0.8845	0.875-0.9	0.85	0.82-0.87
Viscositas (ctp)	d445	5.159	1.9 - 6	5.8	1.6 – 5.8
Flash point (°C)	D92	194	130	185	150
Cetane number	D613	--	47 min	54.9	45

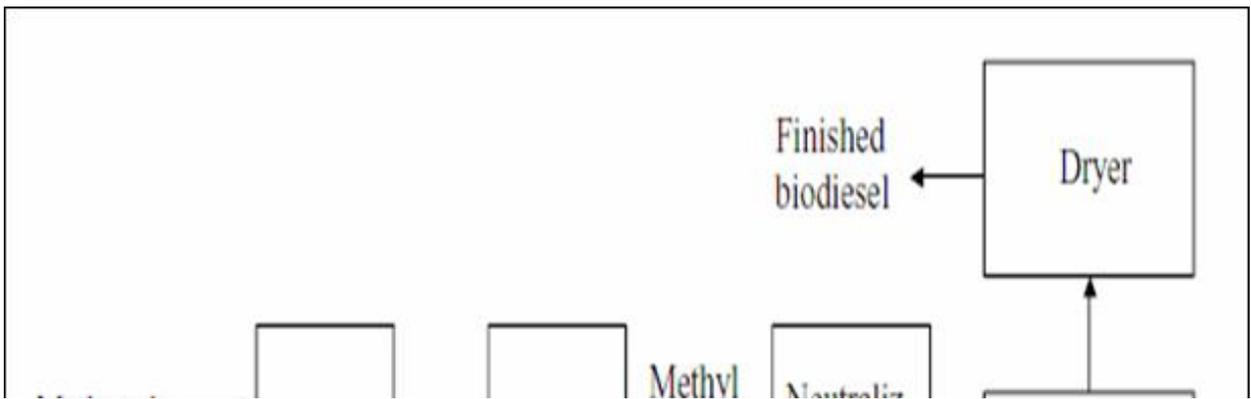
Carbon residu % wt	D189	0.017	0.05	--	--
Ash content	D482	0.0085	0.02 mak.	--	--
Water conten % v.	D95	0.2	0.05 mak.	--	--
S conten % mass	D159/1552	--	0.05 mak	0.25	0.5
Pour point (°C)	D97	40	65 mak.	4	65

4.5 Pabrik Biodiesel



Gambar 4.1 Reaktor Trans-Esterifikasi

Gambar 4.2 Skema Produksi Biodiesel



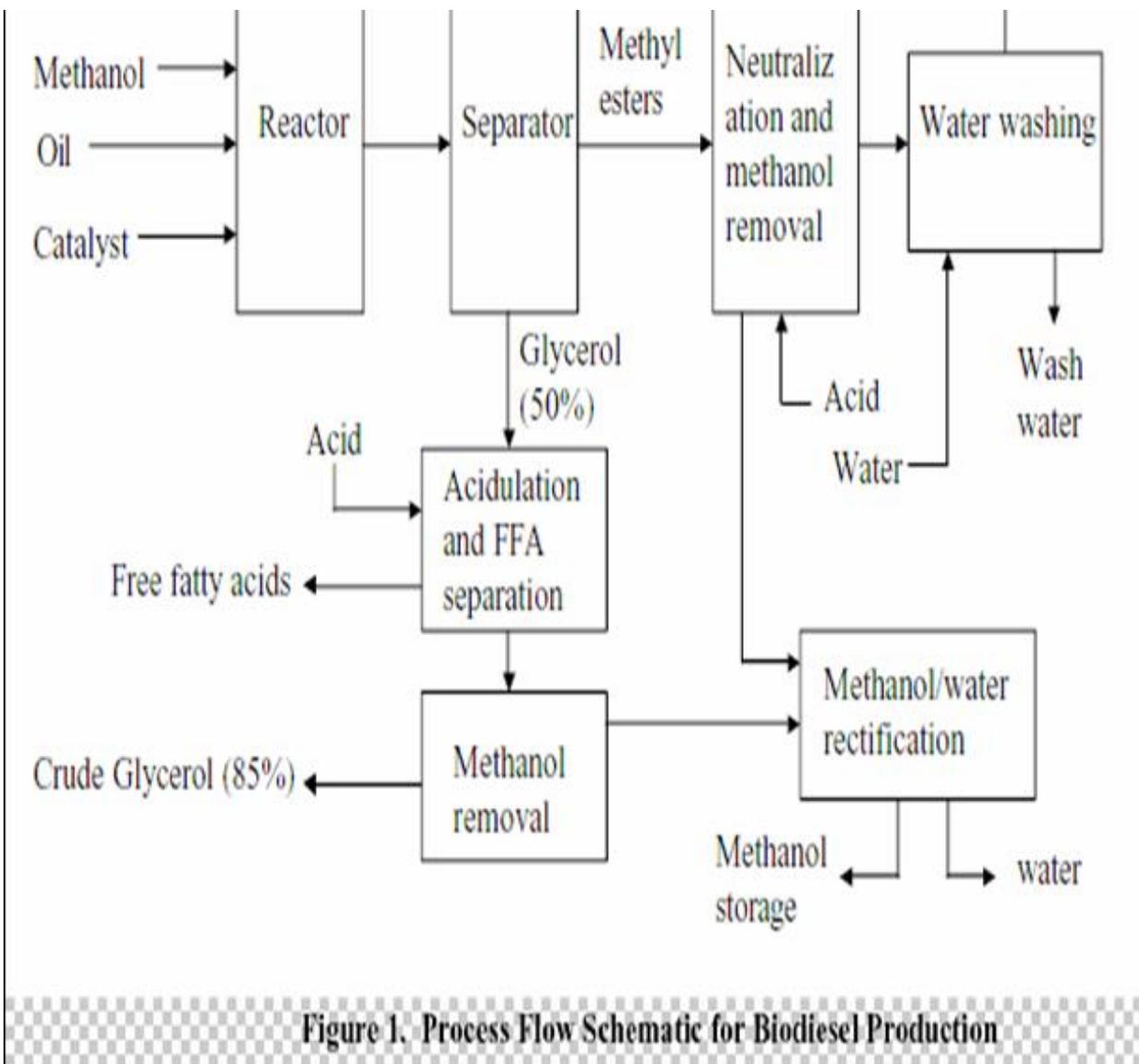
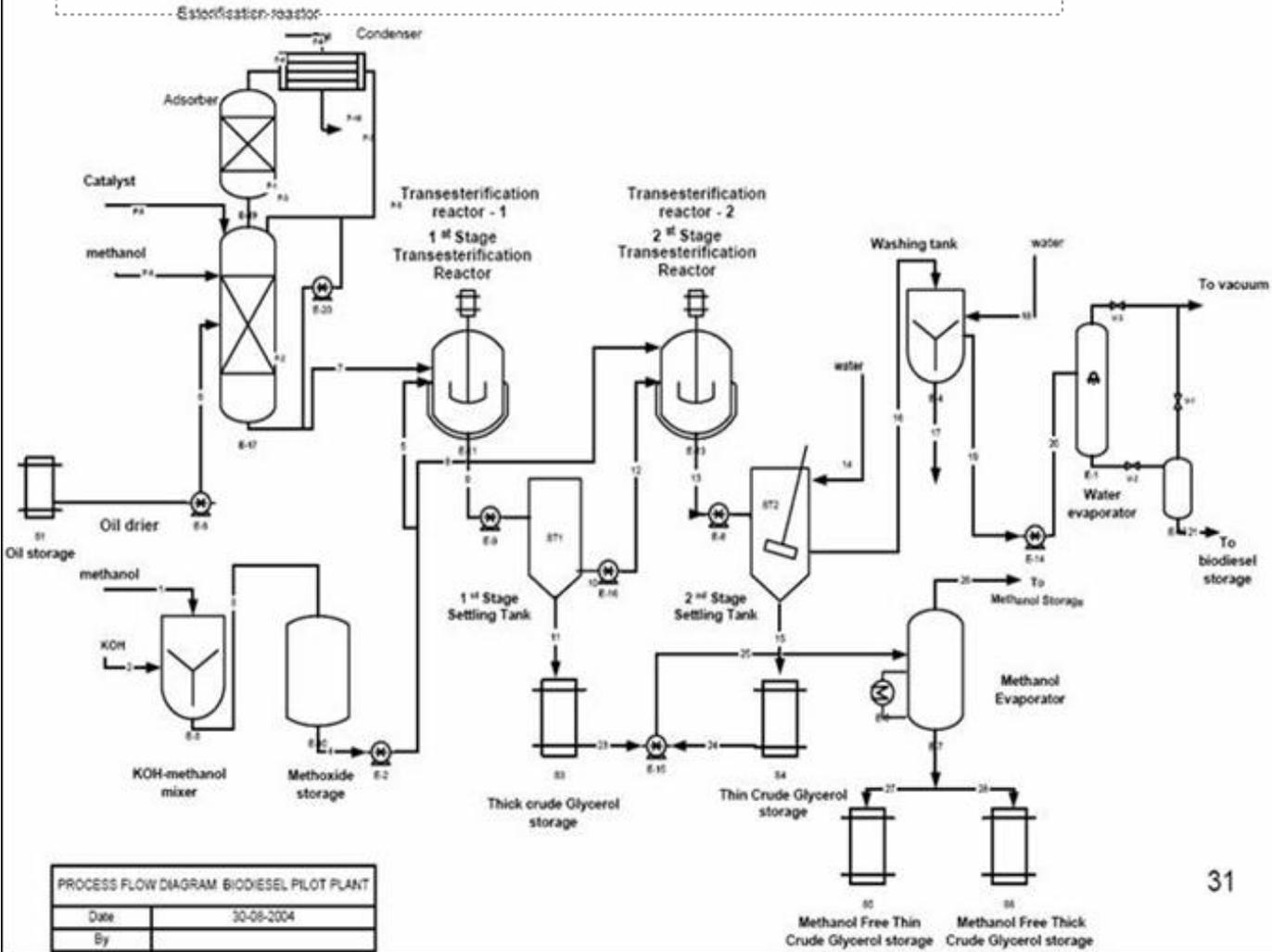
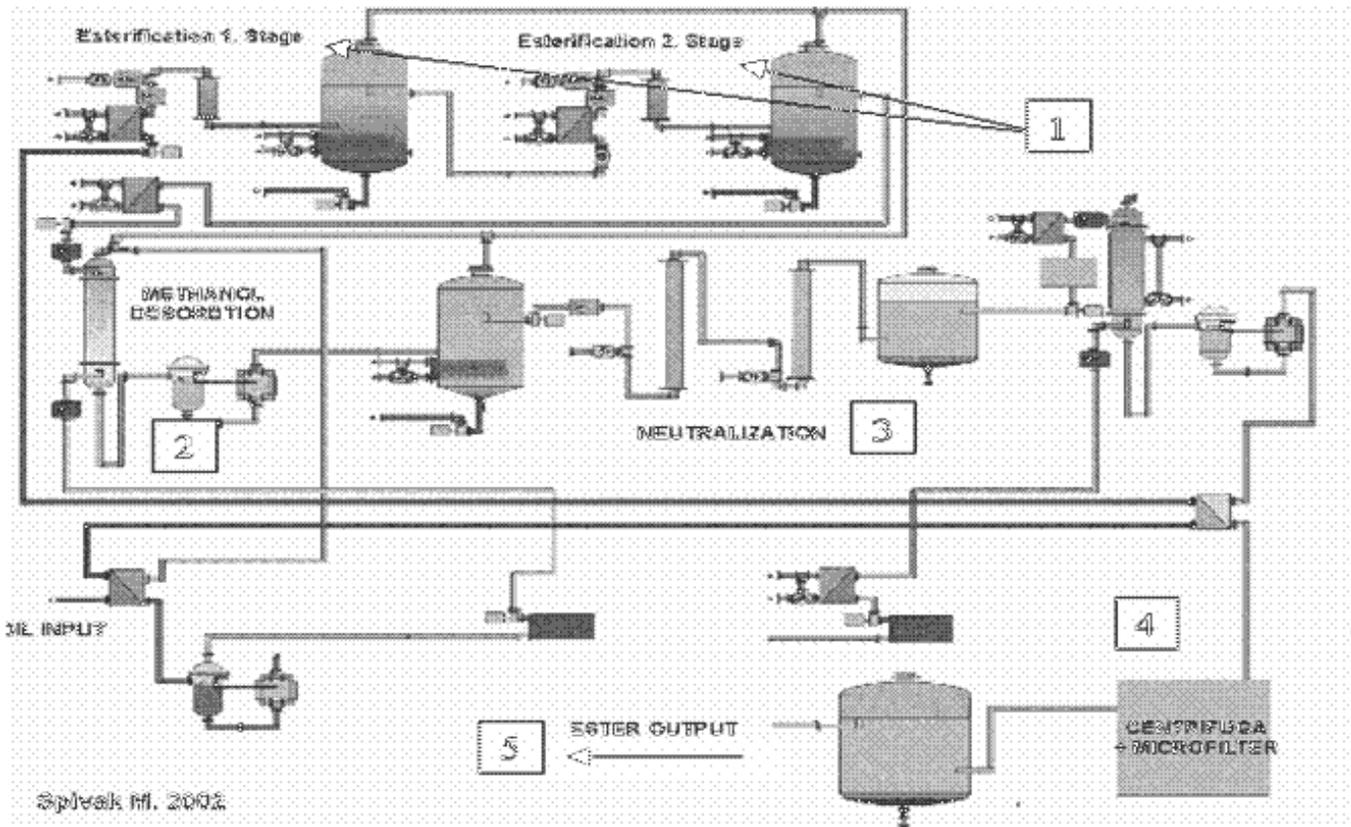


Figure 1. Process Flow Schematic for Biodiesel Production

Gambar 4.4 Proses Flow Diagram

Process Flow Diagram





4.6 Prospek

Bisnis Tanaman Jarak dan Biodiesel

Beberapa alasan mengapa Indonesia perlu mengembangkan energi dari minyak nabati :

- Konsumsi energi meningkat
- Bahan bakar fosil akan habis
- Devisa (impor BBM)
- Potensi penggunaan biofuel
- Potensi lahan
- Potensi sumber daya manusia (petani)

Tahap-tahap pengambilan minyak dari biji jarak :

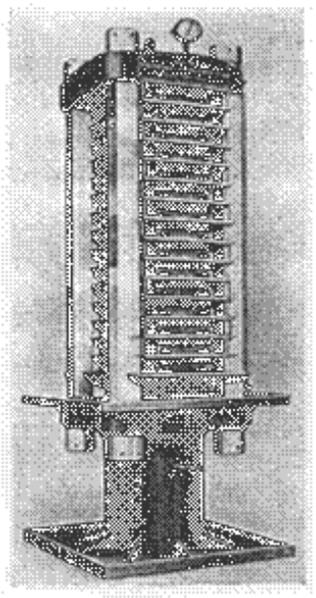
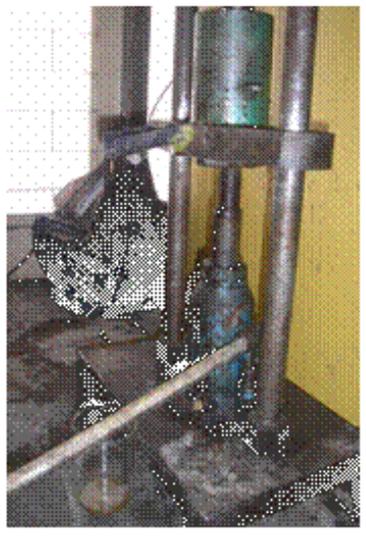
- Ø Pemisahan & Pengeringan
- Ø Peamanasan / pengukusan
- Ø Pengepresan
- Ø Penyaringan

Diagram alir proses pengambilan minyak dari biji jarak :

Diagram alir proses pemurnian minyak jarak

Teknik Pengepresan :

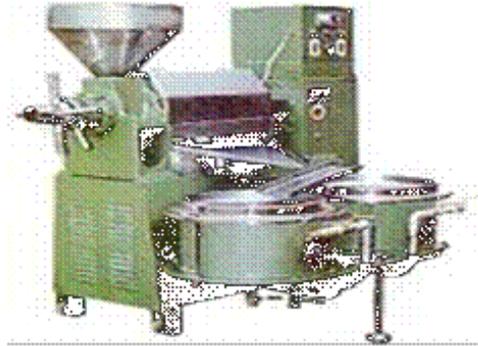
1. Metode Penekanan Hidrolik



2. Metode Penekanan Roller Press

- jepitan dua roll
- cocok untuk memisahkan cairan dengan padatan untuk bahan-bahan yang bentuknya memanjang seperti batang tebu.
- Kelebihan : proses kontinyu

3. Metode Penekanan Press Ulir (Screw Press)



Metoda penekanan berulir

Keuntungan :

- Kapasitas produksi bisa lebih besar dan menghemat waktu karena dilakukan secara kontinyu serta membutuhkan sedikit pekerja

Kerugian :

- Harga peralatan cukup mahal dan biaya perawatan tinggi
- Diperlukan lebih banyak energi
- Minyak masih harus dilakukan penyaringan.

Tabel 4.4 Penggunaan Energi Primer Di Indonesia, Juta Sbm
(Setara Barrel Minyak)

	1992		2004		Pertumbuhan %/tahun
	juta SBM	%	juta SBM	%	
Minyak	259.9	64.5%	401.0	49.1%	4.5%
Gas Alam	82.0	20.4%	222.3	27.2%	14.3%
Gas Cair	37.3	9.3%	157.1	19.5%	35.0%
Hidro	27.5	6.8%	18.3	2.2%	-2.8%
Geothermal	2.0	0.5%	12.3	1.5%	42.9%
Total	402.7	100.0%	816.6	100.0%	8.6%

Source: US Embassy

Tabel 4.5 Kehutnhan Bhm Per Sektor 1990-2004

(juta Kilo Liter)					
Tahun	Transportasi	Rumah Tangga	Industri	Pembangkit Listrik	Total
1990	13.6	7.8	7.0	4.1	32.6
1991	14.9	8.0	7.4	6.4	36.6
1992	15.8	8.5	8.3	6.9	39.5
1993	16.7	8.9	9.0	6.8	41.4
1994	18.7	9.5	9.4	3.0	40.6
1995	20.4	9.1	10.3	3.0	42.8
1996	22.8	9.7	10.5	3.3	46.4
1997	24.9	9.8	10.8	6.9	51.5
1998	23.7	10.1	10.5	4.4	48.6
1999	24.1	11.9	11.5	4.3	51.8
2000	26.3	12.4	12.1	5.0	55.9
2001	27.8	12.5	12.5	5.0	57.7
2002	28.4	11.6	12.3	6.5	58.8
2003	29.0	11.7	11.2	7.9	60.8
2004	30.1	11.8	15.9	6.8	64.7
Pertumbuhan, %/tahun	8.6%	3.7%	9.1%	4.8%	7.0%

Sumber: BSCM

Tabel 4.6 Pertumbuhan Produksi Bahan Bakar Minyak Mentah Nasional 1990-2004

Tahun	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Produksi (juta ton)	11.5	12.3	11.8	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0
Pertumbuhan (%)		7%	-5%	6%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%

Tabel 4.7 Impor Minyak Mentah 2000 - 2004

Negara Asal Impor : Saudi Arabia, Aljazair, Iran, China, Malaysia, Australia, Libya, Vietnam, Nigeria, Brunei, PNG, Yaman, Iraq, Pakistan, Thailand, Oman, Rwanda, Angola, dll.

Sumber: Migas

Sumber: Migas

Tabel 4.8 Impor BBM 2000 - 2004

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

**Tabel 4.10 Cadangan dan umur sumber bahan baku energi non-renewable
Per akhir 2004**

Source: BP Statistical Review of World Energy June 2005

Gambar 5.3 Fatty Alcohol Production from Fatty (Lurgi)

BAB VI

SABUN

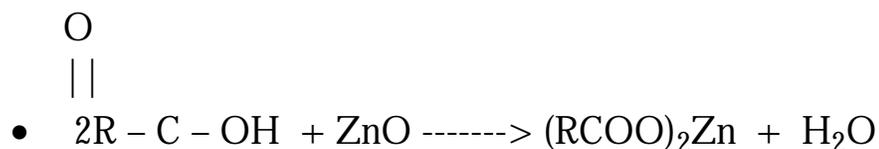
6.1 Sejarah Sabun

Tak ada catatan pasti, kapan nenek moyang kita mulai bersabun. Konon, tahun 600 SM masyarakat Funisia di mulut Sungai Rhone sudah membuat sabun dari lemak kambing dan abu kayu khusus. Mereka juga membarterkannya dalam berdagang dengan bangsa Kelt, yang sudah bisa membuat sendiri sabun dari bahan serupa. Pliny (23 – 79) menyebut sabun dalam *Historia Naturalis*, sebagai bahan cat rambut dan salep dari lemak dan abu pohon beech yang dipakai masyarakat di Gaul, Prancis. Tahun 100 masyarakat Gaul sudah memakai sabun keras. Ia juga menyebut pabrik sabun di Pompei yang berusia 2000 tahun, yang belum tergalai. Di masa itu sabun lebih sebagai obat. Baru belakangan ia dipakai sebagai pembersih, seperti kata Galen, ilmuwan Yunani, di abad II. Tahun 700-an di Italia membuat sabun mulai dianggap sebagai seni. Seabad kemudian muncul bangsa Spanyol sebagai pembuat sabun terkemuka di Eropa. Sedangkan Inggris baru memproduksi tahun 1200-an. Secara berbarengan Marseille, Genoa, Venice, dan Savona menjadi pusat perdagangan karena berlimpahnya minyak zaitun setempat serta deposit soda mentah. Akhir tahun 1700-an Nicolas Leblanc, kimiawan Prancis, menemukan, larutan alkali dapat dibuat dari garam meja biasa. Sabun pun makin mudah dibuat, alhasil ia terjangkau bagi semua orang. Di Amerika Utara industri sabun lahir tahun 1800-an. "Pengusaha"-nya mengumpulkan sisa-sisa lemak yang lalu dimasak dalam panci besi besar. Selanjutnya, adonan dituang dalam cetakan kayu. Setelah mengeras, sabun dipotong-potong, dan dijual dari rumah ke rumah. Begitupun, baru abad XIX sabun menjadi barang biasa, bukan lagi barang mewah.

6.2 Pembentukan Sabun/Garam

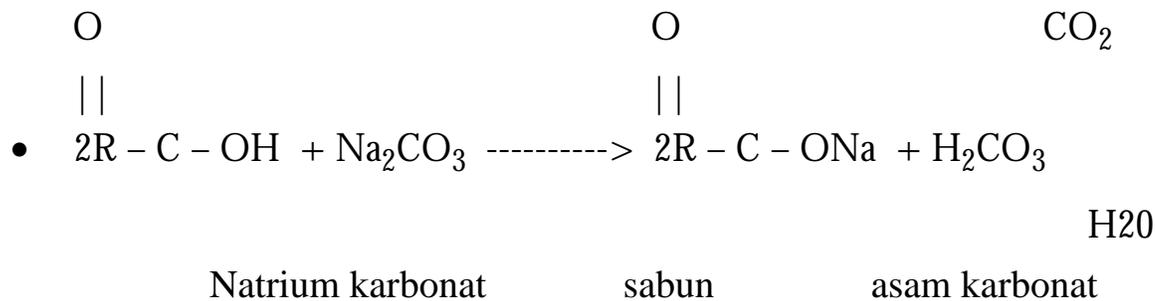
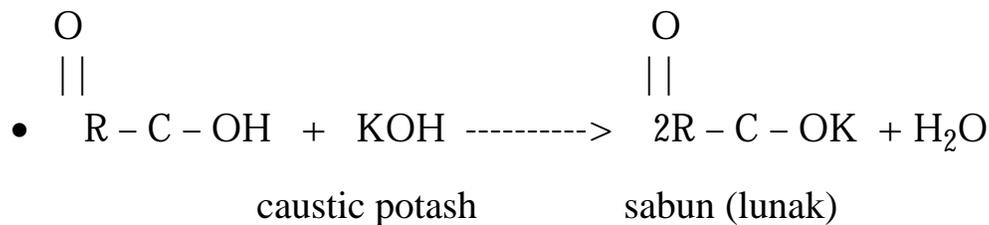
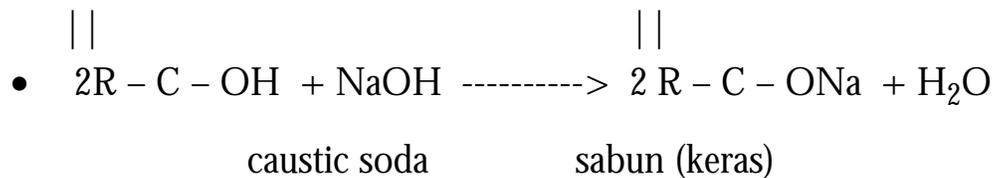
Reaksi asam lemak dengan NaOH/KOH biasa disebut dengan saponifikasi. Sedangkan reaksi asam lemak dengan metal/logam akan menghasilkan *metallic soap*.

Reaksi :



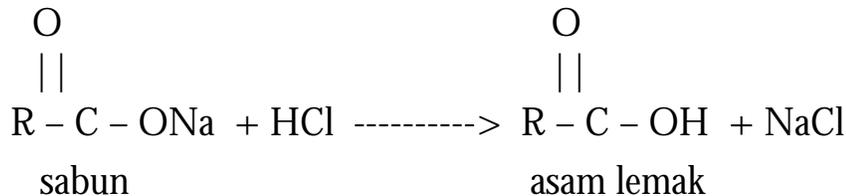
O

O



Pemanasan H₂CO₃ akan menimbulkan CO₂ (busa) + H₂O.

Untuk memperoleh kembali asam lemak, sabun yang terbentuk direaksikan dengan HCl.



6.3 Perlakuan dalam Pembuatan Sabun

Sabun merupakan garam logam alkali dengan rantai asam monocarboxylic yang panjang. Larutan Alkali yang digunakan dalam pembuatan sabun bergantung pada jenis sabun tersebut. Larutan alkali yang biasanya digunakan pada sabun keras adalah natrium hidroksida dan alkali yang biasanya digunakan pada sabun lunak adalah kalium hidroksida.

Sabun berfungsi untuk mengemulsi kotoran – kotoran berupa minyak ataupun zat pengotor lainnya. Sabun dibuat melalui proses saponifikasi lemak minyak dengan larutan alkali membebaskan gliserol. Lemak minyak yang digunakan dapat berupa lemak hewani, minyak nabati, lilin, ataupun minyak ikan laut.

Pada saat ini, teknologi sabun telah berkembang pesat. Sabun dengan jenis dan bentuk yang bervariasi dapat diperoleh dengan mudah di pasar mulai dari sabun mandi, sabun cuci baik untuk pakaian maupun untuk perkakas rumah tangga, hingga sabun yang digunakan dalam industri.

Kandungan zat – zat yang terdapat pada sabun juga bervariasi sesuai dengan sifat dan jenis sabun. Zat – zat tersebut dapat menimbulkan efek baik yang menguntungkan maupun yang merugikan. Oleh karena itu, konsumen perlu memperhatikan kualitas sabun dengan teliti sebelum membeli dan menggunakannya.

Pada pembuatan sabun, bahan dasar yang biasa digunakan adalah : $C_{12} - C_{18}$

Jika : $< C_{12}$: iritasi pada kulit

$> C_{20}$: kurang larut (digunakan sebagai campuran)

- sodium laurat : buih yang cepat/banyak, rendah daya pencucian
- sodium palmitat : detergency yang baik pada suhu tinggi
- sodium stearat : detergency yang baik pada suhu tinggi
- sodium oleat : buih yang baik, lembut, larut
- sodium miristat : buih, daya pencucian (detergency) baik

6.3.1 Proses Pengeluaran Sabun

Terdapat dua jalan yang penting dalam pengeluaran sabun:

1. Saponifikasi lemak netral.
2. Penetralan asam lemak

6.3.1.1 Saponifikasi Lemak Netral

- Dilakukan dengan pendidihan secara terus menerus, pendidihan dengan alkali.
- Praperlakuan yang dipilih dilakukan sebelum saponifikasi berdasarkan jenis sabun yang hendak dihasilkan dan mutu bahan mentah yang digunakan.

6.3.1.2 Penetralan Asam Lemak

- Asam lemak diperoleh dari triasilgliserida asli melalui hidrolisis dan penyulingan yang dinetralkan menghasilkan sabun.
- Kaedah ketiga yang kurang penting dari segi komersial adalah saponifikasi ester metal.

6.4 Bahan Mentah Untuk Proses Saponifikasi

Bahan Mentah utama dalam pembuatan sabun dibagi ke dalam 4 kelompok:

- Lemak hewan (*tallow* dan *grease*)
- Minyak laurik (minyak kelapa dan kernel kelapa sawit)

- Minyak bukan laurik (minyak sawit dan biji kapas)
- Minyak ikan (bilis dan sardin)



Gambar 6.1 Flow Diagram Pembuatan Sabun

6.5 Lemak dan Minyak

Lemak dan minyak yang umum digunakan dalam pembuatan sabun adalah trigliserida dengan tiga buah asam lemak yang tidak beraturan diesterifikasi dengan gliserol. Masing – masing lemak mengandung sejumlah molekul asam lemak dengan rantai karbon panjang antara C_{12} (asam laurik) hingga C_{18} (asam stearat) pada lemak jenuh dan begitu juga dengan lemak tak jenuh. Campuran trigliserida diolah menjadi sabun melalui proses saponifikasi dengan larutan natrium hidroksida membebaskan gliserol.

Sifat – sifat sabun yang dihasilkan ditentukan oleh jumlah dan komposisi dari komponen asam – asam lemak yang digunakan. Komposisi asam – asam lemak yang sesuai dalam pembuatan sabun dibatasi panjang rantai dan tingkat kejenuhan. Pada umumnya, panjang rantai yang kurang dari 12 atom karbon dihindari penggunaannya karena dapat membuat iritasi pada kulit, sebaliknya panjang rantai yang lebih dari 18 atom karbon membentuk sabun yang sangat sukar larut dan sulit menimbulkan busa. Terlalu besar bagian asam – asam lemak tak jenuh menghasilkan sabun yang mudah teroksidasi bila terkena udara. Alasan – alasan di atas, faktor ekonomis, dan daya jual menyebabkan lemak dan minyak yang dapat dibuat menjadi sabun terbatas. Beberapa lemak dan minyak yang penting antara lain :

1. *Tallow*

Tallow adalah lemak hewani yang paling umum digunakan dalam pembuatan sabun. *Tallow* merupakan produk yang didapatkan dari industri pengolahan daging yang diambil dari lemak

sapi dan domba. *Tallow* dari sumber yang berbeda dapat berbeda warna (baik sebelum diolah atau sesudah diputihkan), titik didih, kandungan asam lemak bebas, angka penyabunan (alkali yang dibutuhkan untuk saponifikasi), dan angka iodin (pengukuran kejenuhan). Kualitas *tallow* yang baik dapat dilihat dari titik didih dan warna setelah pemutihan, yang digunakan sebagai bahan pembuatan sabun mandi. *Tallow* yang berkualitas rendah digunakan pada pembuatan sabun cuci. Lemak lembu atau lemak domba dengan titik didih sekitar 40°C atau lebih dapat digolongkan sebagai *tallow*.

2. *Grease*

Kualitas *grease* di bawah kualitas *tallow* karena memiliki warna yang lebih gelap, mengandung asam lemak bebas yang lebih banyak, dan titik didih di bawah 40°C.

3. *Lard*

Lard yang tidak dapat dimakan dapat digunakan sebagai pengganti *tallow* setelah melalui proses hidrogenasi sebagian untuk mengurangi kejenuhannya.

4. Minyak kelapa sawit

Minyak kelapa sawit diperoleh dari bubur atau daging buah pohon kelapa sawit tropis (*Elacis guineensis*). Minyak kelapa sawit mentah berwarna oranye-merah dan biasanya diputihkan terlebih dahulu sebelum disaponifikasi.

5. Minyak kelapa

Minyak kelapa merupakan minyak nabati terpenting yang digunakan dalam pembuatan sabun. Minyak kelapa diperoleh melalui penghancuran dan ekstraksi buah kering (kopra) dari pohon kelapa sawit.

6. Minyak biji sawit

Minyak biji sawit diekstraksi dari jantung buah yang sama dengan tandan buah menghasilkan minyak kelapa sawit. Minyak biji sawit dapat juga diperoleh dari minyak kelapa karena jenis dan jumlah komponen asam-asam lemaknya hampir sama.

7. Minyak ikan laut

Minyak ikan laut seperti minyak ikan paus dan minyak menhaden dapat digunakan secara terbatas dalam pembuatan sabun setelah dihidrogenasi sebagian.

6.6 Pembuatan Sabun dalam Industri

6.6.1 Saponifikasi Lemak Netral

Pada proses saponifikasi trigliserida dengan suatu alkali, kedua reaktan tidak mudah bercampur.

Reaksi saponifikasi dapat mengkatalis dengan sendirinya pada kondisi tertentu dimana pembentukan produk sabun mempengaruhi proses emulsi kedua reaktan tadi, menyebabkan suatu percepatan pada kecepatan reaksi.

Jumlah alkali yang dibutuhkan untuk mengubah paduan trigliserida menjadi sabun dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$\text{Trigliserida} + 3\text{NaOH} \rightarrow 3\text{RCOONa} + \text{gliserin}$$

$$\text{NaOH} = \left[\text{SV} \times 0,000713 \right] \times 100 / \text{NaOH} (\%) \left[\text{SV} / 1000 \right] \times \left[\text{MW} (\text{NaOH}) / \text{MW} (\text{KOH}) \right]$$

dimana : SV = angka penyabunan dan MW = berat molekul

Komponen penting pada sistem ini mencakup pompa berpotongan untuk memasukkan kuantitas komponen reaksi yang benar ke dalam reaktor autoclave, yang beroperasi pada temperatur dan tekanan yang sesuai dengan kondisi reaksi. Campuran saponifikasi disirkulasi kembali dengan autoclave. Temperatur campuran tersebut diturunkan pada mixer pendingin, kemudian dipompakan ke separator statis untuk memisahkan sabun yang tidak tercuci dengan larutan alkali yang digunakan. Sabun tersebut kemudian dicuci dengan larutan alkali pencuci di kolam pencuci untuk memisahkan gliserin (sebagai larutan alkali yang digunakan) dari sabun. Separator sentrifusi memisahkan sisa – sisa larutan alkali dari sabun. Sabun murni (60 – 63 % TFM) dinetralisasi dan dialirkan ke vakum spray dryer untuk menghasilkan sabun dalam bentuk butiran (78 – 82 % TFM) yang siap untuk diproses menjadi produk akhir.

6.6.2 Pengeringan Sabun

Sabun banyak diperoleh setelah penyelesaian saponifikasi (sabun murni) yang umumnya dikeringkan dengan vakum *spray dryer*. Kandungan air pada sabun dikurangi dari 30 – 35% pada sabun murni menjadi 8 – 18% pada sabun butiran atau lempengan. Jenis – jenis vakum *spray dryer*, dari sistem tunggal hingga multi sistem, semuanya dapat digunakan pada berbagai proses pembuatan sabun. Operasi vakum *spray dryer* sistem tunggal meliputi pemompaan sabun murni melalui pipa *heat exchanger* dimana sabun dipanaskan dengan uap yang mengalir pada bagian luar pipa. Sabun yang sudah dipanaskan terlebih dahulu disemprotkan di atas dinding ruang vakum melalui mulut pipa yang berputar. Lapisan tipis sabun yang sudah dikeringkan dan didinginkan tersimpan pada dinding ruang vakum dan dipindahkan dengan alat pengerik sehingga jatuh di *plodder*, yang mengubah sabun ke bentuk lonjong panjang atau butiran.

Dryer dengan multi sistem, yang merupakan versi pengembangan dari *dryer* sistem tunggal, memperkenalkan proses pengeringan sabun yang lebih luas dan lebih efisien daripada *dryer* sistem

tunggal.

6.6.3 Netralisasi Asam Lemak

Reaksi asam basa antara asam-asam lemak dengan alkali untuk menghasilkan sabun berlangsung lebih cepat daripada reaksi trigliserida dengan alkali.



Jumlah alkali (NaOH) yang dibutuhkan untuk menetralkan suatu paduan asam lemak dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{NaOH} = [\text{berat asam lemak} \times 40] / \text{MW asam lemak}$$

Berat molekul rata – rata suatu paduan asam lemak dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{MW asam lemak} = 56,1 \times 1000 / \text{AV}$$

dimana AV (angka asam lemak paduan) = mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan 1 gram asam lemak.

Operasi sistem ini meliputi pemompaan reaktan melalui pemanasan terlebih dahulu menuju turbodisperser dimana interaksi reaktan – reaktan tersebut mengawali pembentukan sabun murni. Sabun tersebut, yang direaksikan sebagian pada tahap ini, kemudian dialirkan ke mixer dimana sabun tersebut disirkulasi kembali hingga netralisasi selesai. Penyelesaian proses netralisasi ditentukan oleh suatu pengukuran potensial elektrik (mV) alkalinitas. Sabun murni kemudian dikeringkan dengan vakum spray dryer untuk menghasilkan sabun butiran yang siap untuk diolah menjadi sabun batangan.

6.6.4 Penyempurnaan Sabun

Dalam pembuatan produk sabun batangan, sabun butiran dicampurkan dengan zat pewarna, parfum, dan zat aditif lainnya ke dalam *mixer* (amalgamator). Campuran sabun ini kemudian diteruskan untuk digiling untuk mengolah campuran tersebut menjadi suatu produk yang homogen. Produk tersebut kemudian dilanjutkan ke tahap pemotongan. Sebuah alat pemotong dengan mata pisau memotong sabun tersebut menjadi potongan-potongan terpisah yang dicetak melalui proses penekanan menjadi sabun batangan sesuai dengan ukuran dan bentuk yang diinginkan. Proses pembungkusan, pengemasan, dan penyusunan sabun batangan tersebut merupakan tahap akhir penyelesaian pembuatan sabun.

6.7 Analisa Mutu Sabun

Dalam proses pembuatan sabun, serangkaian test analisa dilakukan baik sewaktu proses

berlangsung atau setelah proses selesai. *American Oil Chemist's Society* memperkenalkan suatu metode analisa pada sabun dan produk sabun. Beberapa test analisa yang penting antara lain analisa jumlah asam – asam lemak, analisa warna asam – asam lemak, analisa alkali bebas, analisa garam, dan analisa gliserol. Larutan alkali ditest dengan analisa alkali bebas, analisa garam, dan analisa gliserol.

- **Analisa jumlah asam – asam lemak**

Sampel dihidrolisa dengan asam dan asam – asam lemak diekstraksi dengan eter, yang kemudian dievaporasi, dan residunya ditimbang.

- **Analisa warna**

Warna sabun biasanya mendekati warna asam – asam lemak cucian yang sudah dipisahkan dari sampel. Warna asam – asam lemak dibandingkan dengan warna standar. Untuk warna asam – asam lemak yang terang dibandingkan dengan warna standar pada Lovibond tintometer. Asam – asam lemak yang lebih gelap dibandingkan dengan warna standar FAC, yang sesuai dengan spesifikasi *Fat Analysis Committee (FAC)* dari *American Oil Chemist's Society*.

- **Analisa alkali bebas**

Suatu sampel dilarutkan dalam alkohol dan dititrasi dengan indikator phenolphthalein dengan asam standar. Titik akhir titrasi ditandai dengan pembentukan Na_2O .

- **Analisa Garam**

Analisa garam ditentukan melalui titrasi dengan perak nitrat, menggunakan kalium kromat sebagai indikator.

- **Analisa gliserol**

Sabun dihidrolisa dengan asam mineral dan penentuan gliserol dilakukan pada fasa cair dengan oksidasi baik dengan kalium dikromat atau dengan kalium periodat.

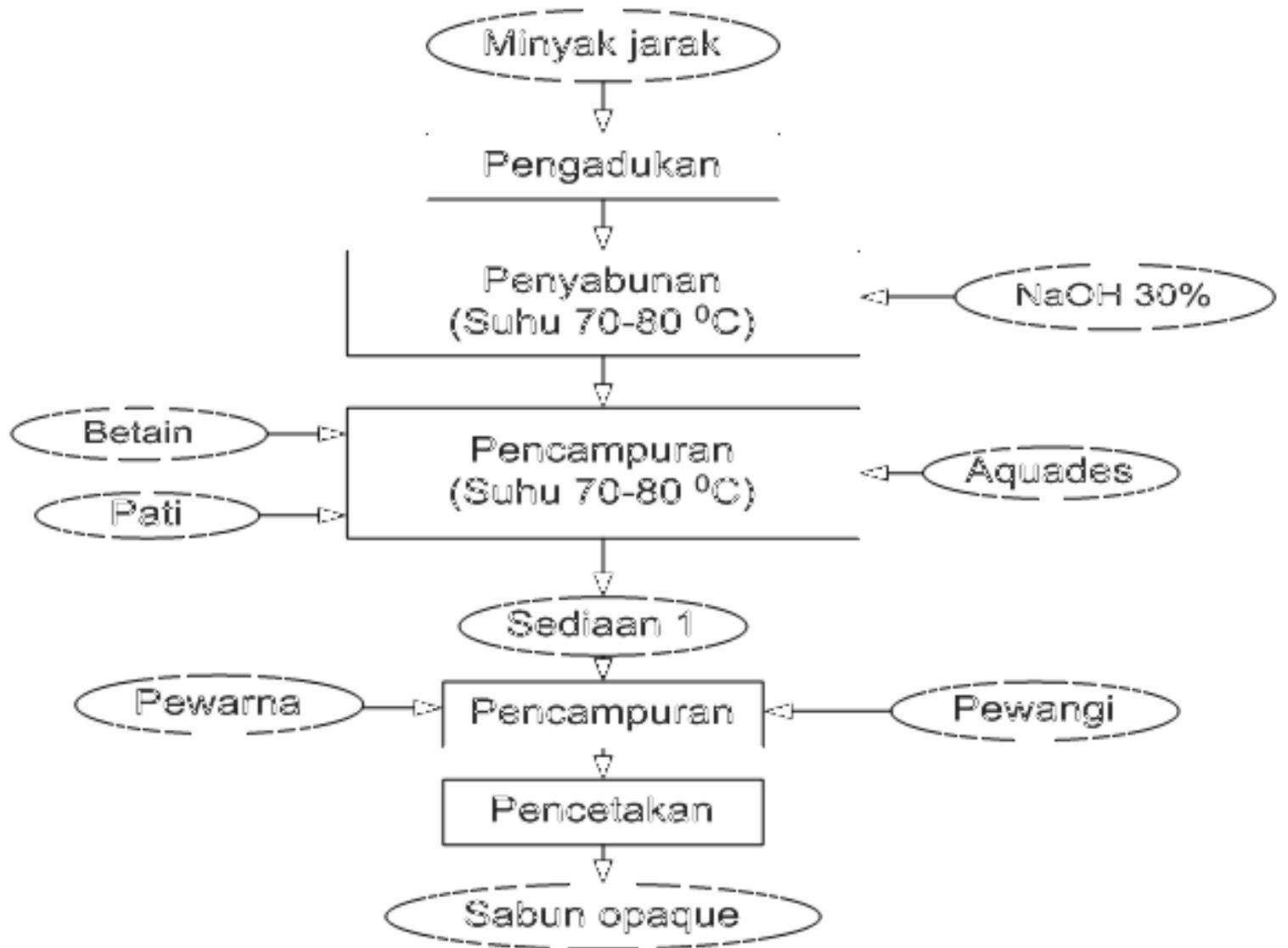
6.8 Kegunaan Sabun

1. Sabun alkali digunakan sebagai sabun mandi dan untuk mencuci pakaian.
2. Industri tekstil menggunakan sejumlah sabun dalam pembuatan kain katun, kain wol, dan kain sutera untuk menghilangkan kotoran – kotoran dan membuat tekstur kain tersebut lebih halus.
3. Sabun memegang peranan penting dalam proses emulsi – polimerisasi yang digunakan dalam industri karet dan industri plastic.
4. Sabun berperan sebagai emulsi antara monomer terdispersi dan fasa larutan selama

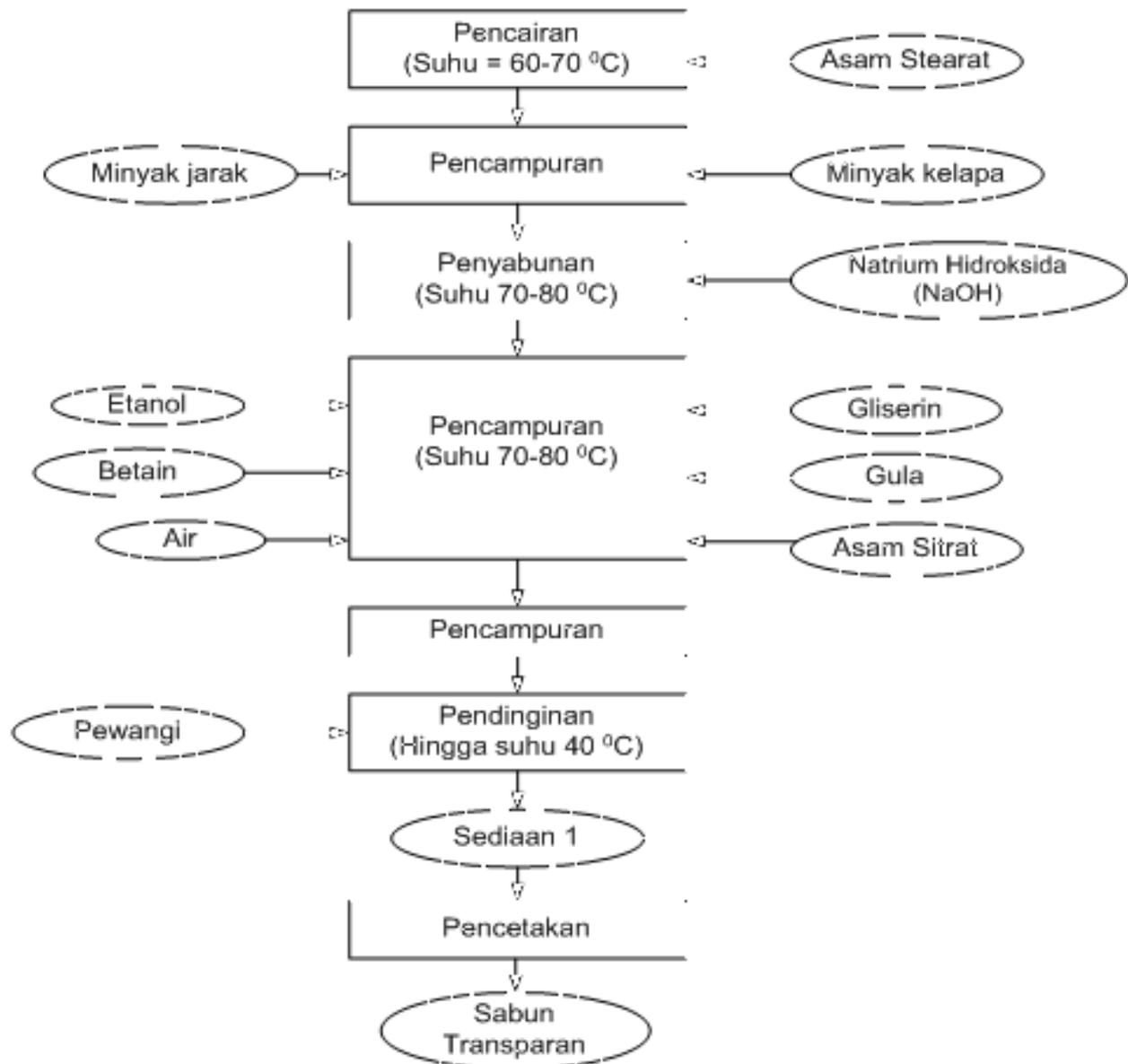
polimerisasi dalam produksi SBR (Stirena-butadinea rubber).

5. Sabun secara luas digunakan dalam industri kosmetik untuk mengemulsi sejumlah pembersih dan kondisioner. Sabun ini terbuat dari minyak nabati, asam – asam lemak, lilin, dan minyak mineral. Produk sabun ini berbentuk cairan, pasta, atau gel.
6. Sabun natrium dan sabun litium digunakan untuk mengentalkan minyak mineral.
7. Sabun merupakan salah satu komponen insektisida dan fungisida dalam pertanian.
8. Ammonia dan alkanolamine, seperti mono- dan triethanolamine, monoisopropanolamine, dan 2-amino-2-metil-1-propanol (AMP) digunakan untuk menetralsir asam – asam lemak untuk membentuk suatu sabun. Sabun ini merupakan zat pengemulsi yang baik dan banyak digunakan dalam industri sabun, industri tekstil, cat mobil, dan cat minyak.

Contoh Proses Pembuatan Sabun Opaque dari Minyak Jarak



Contoh Proses Pembuatan Sabun Transparan dari Minyak Jarak



Fungsi dari bahan-bahan pendukung :

- Gula : Gula yang ditambahkan yaitu gula tebu.

Penambahan gula berfungsi sebagai pembersih sabun (membuat sabun kelihatan lebih terang), sebagai antibakteria, sebagai pelembut, dan memperbanyak busa (improve lathering). Gula tidak akan larut apabila larutan alkali dan lemak telah dicampurkan.

- Gliserin : berfungsi sebagai pelarut
- Alkohol : Untuk menjernihkan, yang digunakan biasanya adalah etanol
- Borax : Untuk netralisasi dan mempertebal (neutralizes and thickens), water softener

BAB VII

DETERJEN

7.1 Sejarah Deterjen

Deterjen sintetik yang pertama dikembangkan oleh Jerman pada waktu Perang Dunia II dengan tujuan agar lemak dan minyak dapat digunakan untuk keperluan lainnya. Pada saat ini ada lebih 1000 macam deterjen sintetik yang ada di pasaran. Fritz Gunther, ilmuwan Jerman, biasa disebut sebagai penemu *surfactant* sintesis dalam deterjen tahun 1916. Namun, baru tahun 1933 deterjen untuk rumah tangga diluncurkan pertama kali di AS. Kelebihan deterjen, mampu lebih efektif membersihkan kotoran meski dalam air yang mengandung mineral. Tapi, ia pun menimbulkan masalah. Sebelum tahun 1965, deterjen menghasilkan limbah busa di sungai dan danau. Ini karena umumnya deterjen mengandung *alkylbenzene sulphonate* yang sulit terurai. Setelah 10 tahun dilakukan penelitian (1965), ditemukan *linear alkylbenzene sulphonate* (LAS) yang lebih ramah lingkungan. Bakteri dapat cepat menguraikan molekul LAS, sehingga tidak menghasilkan limbah busa.

Sepanjang sejarah banyak usaha dilakukan untuk membantu kita mengerjakan pekerjaan mencuci. Pencucian dengan air saja, bahkan dengan penggosokan atau putaran mesin sekeras apapun, akan menghilangkan sebagian saja bercak, kotoran dan partikel-partikel tanah. Air saja tidak dapat menghilangkan debu yang tak larut dalam air. Air juga tak mampu menahan debu yang telah lepas dari kain agar tetap tersuspensi (tetap berada di air, jadi tidak kembali menempel ke kain). Jadi diperlukan bahan yang dapat membantu mengangkat kotoran dari air dan kemudian menahan agar kotoran yang telah terangkat tadi, tetap tersuspensi. Sejak ratusan tahun lalu telah dikenal sabun, yakni persenyawaan antara minyak atau lemak dan basa. Awalnya orang-orang Arab secara tak sengaja menemukan bahwa campuran abu dan lemak hewan dapat membantu proses pencucian. Walaupun berbagai usaha perbaikan pada kualitas dan proses pembuatan sabun telah dilakukan, semua sabun hingga kini mempunyai satu kekurangan utama yakni akan bergabung dengan mineral-mineral yang terlarut dalam air membentuk senyawa yang sering disebut lime soap (sabun-kapur), membentuk bercak kekuningan di kain atau mesin pencuci. Akibatnya kini orang mulai meninggalkan sabun untuk mencuci seiring dengan meningkatnya popularitas deterjen.

Salah satu deterjen yang pertama dibuat adalah garam natrium dari lauril hidrogen sulfat. Tetapi pada saat ini, kebanyakan deterjen adalah garam dari asam sulfonat.

Deterjen dalam kerjanya dipengaruhi beberapa hal, yang terpenting adalah jenis kotoran yang akan dihilangkan dan air yang digunakan. Deterjen, khususnya surfaktannya, memiliki kemampuan yang unik untuk mengangkat kotoran, baik yang larut dalam air maupun yang tak larut dalam air. Salah satu ujung dari molekul surfaktan bersifat lebih suka minyak atau tidak suka air, akibatnya bagian ini mempenetrasi kotoran yang berminyak. Ujung molekul surfaktan satunya lebih suka air, bagian inilah yang berperan mengendorkan kotoran dari kain dan mendispersikan kotoran, sehingga tidak kembali menempel ke kain. Akibatnya warna kain akan dapat dipertahankan.

7.2 Zat-Zat Yang Terdapat Dalam Deterjen

Adapun Zat-zat yang terdapat dalam deterjen yaitu:

1. Surfaktan yaitu untuk mengikat lemak dan membasahi permukaan
2. *Abrasive* untuk menggosok kotoran
3. Substansi untuk mengubah pH yang mempengaruhi penampilan ataupun stabilitas dari komponen lain
4. *Water softener* untuk menghilangkan efek kesadahan
5. *Oxidants* untuk memutihkan dan menghancurkan kotoran
6. Material lain selain surfaktan untuk mengikat kotoran didalam suspensi
7. Enzim untuk mengikat protein, lemak, ataupun karbohidrat didalam kotoran.

7.3 Komposisi Deterjen

Dari penjelasan tentang cara kerja deterjen, disimpulkan komponen penting deterjen adalah surfaktan. Fungsi surfaktan sekali lagi adalah untuk meningkatkan daya pembasahan air sehingga kotoran yang berlemak dapat dibasahi, mengendorkan dan mengangkat kotoran dari kain dan mensuspensikan kotoran yang telah terlepas.

Surfaktan yang biasa digunakan dalam deterjen adalah linear alkilbenzene sulfonat, etoksisulfat, alkil sulfat, etoksilat, senyawa amonium kuarterner, imidazolin dan betain. Linear alkilbenzene sulfonat, etoksisulfat, alkil sulfat bila dilarutkan dalam air akan berubah menjadi partikel bermuatan negatif, memiliki daya bersih yang sangat baik, dan biasanya berbusa banyak (biasanya digunakan untuk pencuci kain dan pencuci piring). Etoksilat, tidak berubah menjadi partikel yang bermuatan, busa yang dihasilkan sedikit, tapi dapat bekerja di air sadah (air yang kandungan mineralnya tinggi), dan dapat mencuci dengan baik hampir semua jenis kotoran. Senyawa-senyawa amonium kuarterner, berubah menjadi partikel positif ketika terlarut dalam air,

surfaktan ini biasanya digunakan pada pelembut (softener). Imidazolin dan betain dapat berubah menjadi partikel positif, netral atau negatif bergantung pH air yang digunakan. Kedua surfaktan ini cukup kestabilan dan jumlah buih yang dihasilkannya, sehingga sering digunakan untuk pencuci alat-alat rumah tangga.

Setelah surfaktan, kandungan lain yang penting adalah penguat (builder), yang meningkatkan efisiensi surfaktan. Builder digunakan untuk melunakkan air sadah dengan cara mengikat mineral-mineral yang terlarut, sehingga surfaktan dapat berkonsentrasi pada fungsinya. Selain itu, builder juga membantu menciptakan kondisi keasaman yang tepat agar proses pembersihan dapat berlangsung lebih baik serta membantu mendispersikan dan mensuspensikan kotoran yang telah lepas. Yang sering digunakan sebagai builder adalah senyawa kompleks fosfat, natrium sitrat, natrium karbonat, natrium silikat atau zeolit.

Pertimbangan banyak busa adalah pertimbangan salah kaprah tapi selalu dianut oleh banyak konsumen. Banyaknya busa tidak berkaitan secara signifikan dengan daya bersih deterjen, kecuali deterjen yang digunakan untuk proses pencucian dengan air yang jumlahnya sedikit (misalnya pada pencucian karpet). Untuk kebanyakan kegunaan di rumah tangga, misalnya pencucian dengan jumlah air yang berlimpah, busa tidak memiliki peran yang penting.

Dalam pencucian dalam jumlah air yang sedikit, busa sangat penting karena dalam pencucian dengan sedikit air, busa akan berperan untuk tetap "memegang" partikel yang telah dilepas dari kain yang dicuci, dengan demikian mencegah mengendapnya kembali kotoran tersebut. Revolusi terbesar dalam perkembangan deterjen adalah pemakaian enzim. Enzim sebagai bantuan untuk mencuci bukanlah suatu hal yang baru lagi untuk dunia industri. Enzim proteolitik telah dicoba sebagai zat aditif untuk mencuci di Jerman pada tahun 1920-an dengan sukses dan juga di Switzerland pada tahun 1930-an. Enzim, yang disebut juga dengan katalis organik, cenderung untuk mempercepat reaksi dan enzim proteolitik dapat mengubah ataupun menghancurkan protein menjadi asam amino baik sebagian maupun keseluruhan. Cara kerja enzim relatif lambat dan harga produksinya tinggi, tetapi dengan metode yang telah disempurnakan untuk produksi dan pemurnian, rantai enzim, dikembangkan untuk bereaksi dengan cepat.

Dalam perkembangannya, deterjen pun makin canggih. Deterjen masa kini biasanya mengandung pemutih, pencerah warna, bahkan antiredeposisi (NaCMC atau sodium carboxymethylcellulose).

7.4 Penggolongan Deterjen

7.4.1 Penggolongan Deterjen Berdasarkan Bentuk Fisiknya

Berdasarkan bentuk fisiknya, deterjen dibedakan atas:

1. Deterjen Cair

Secara umum, deterjen cair hampir sama dengan deterjen bubuk. Hal yang membedakan hanyalah bentuknya: bubuk dan cair. Produk ini banyak digunakan di *laundry* modern menggunakan mesin cuci kapasitas besar dengan teknologi yang canggih.

2. Deterjen Krim

Deterjen krim bentuknya hampir sama dengan sabun colek, tetapi kandungan formula keduanya berbeda. Di luar negeri, produk biasanya tidak dijual dalam partai kecil, tetapi dijual dalam partai besar (kemasan 25 kg).

3. Deterjen bubuk

Bila dicermati berbagai iklan deterjen bubuk di televisi maka masing-masing produk deterjen mencoba menjelaskan kepada konsumen tentang keunggulan produknya yang secara fisik berbeda dengan produk lainnya. Sebagai contoh ada sebuah iklan deterjen tertentu yang menjelaskan tentang kelebihan produk deterjen dengan kandungan butiran berbentuk padat (masif) bila dibandingkan dengan deterjen dengan butiran yang berongga. Namun, diyakini bahwa hanya sedikit orang atau pemirsa yang dapat memahami esensi dari iklan tersebut.

Berdasarkan keadaan butirannya, deterjen bubuk dapat dibedakan menjadi 2, yaitu deterjen bubuk berongga dan deterjen bubuk padat/masif. Perbedaan bentuk butiran kedua kelompok deterjen tersebut disebabkan oleh perbedaan dalam proses pembuatannya. Ditinjau dari efektivitasnya untuk mencuci, kedua bentuk deterjen tersebut dapat dikatakan sama.

A. Deterjen bubuk berongga

Deterjen bubuk berongga mempunyai ciri butirannya mempunyai rongga. Butiran deterjen yang berongga dapat dianalogikan dengan bentuk bola sepak yang didalamnya rongga. Ini berarti butiran deterjen jenis ini mempunyai volume per satuan berat yang besar karena adanya rongga tersebut.

Butiran deterjen jenis berongga dihasilkan oleh proses *spray drying*. Agak sulit mendapatkan padan kata istilah tersebut dalam bahasa Indonesia, tetapi pengertiannya yaitu bahwa terbentuknya butiran berongga karena hasil dari proses pengabutan yang dilanjutkan proses pengeringan.

Kelebihan ddeterjen bubuk berongga dibandingkan dengan deterjen bubuk padat adalah volumenya lebih besar. Dengan berat yang sama, deterjen bubuk dengan butiran berongga tampak lebih banyak dibandingkan dengan deterjen padat. Selain kelebihan yang dipunyainya,

deterjen berongga mempunyai kelemahan. Untuk membuat deterjen berongga diperlukan investasi yang besar karena harga mesin yang digunakan (*spray dryer*) sangat mahal, yaitu mencapai nilai miliaran rupiah. Dengan kondisi ini, pembuatan deterjen berongga tidak dapat diaplikasikan untuk skala dan *home industry* (industri rumah tangga), baik skala kecil maupun menengah.

Sebagian besar deterjen bubuk yang dipasarkan ke konsumen termasuk dalam golongan deterjen bubuk berongga.

B. Deterjen bubuk padat/masif

Bentuk butiran deterjen bubuk padat/masif dapat dianalogikan dengan bola tolak peluru, yaitu semua bagian butirannya terisi oleh padatan sehingga tidak berongga. Butiran deterjen yang padat merupakan hasil olahan proses pencampuran kering (*dry mixing*). Proses *dry mixing* dapat dibagi menjadi dua, yaitu *dry mixing granulation* (DMG process) dan *simple dry mixing* (metode campur kering sederhana = CKS). Metode CKS termasuk cara pembuatan deterjen bubuk yang mudah dipraktekkan. Untuk itu, dalam makalah ini hanya akan dibahas cara pembuatan deterjen bubuk padat dengan metode CKS ini. Cara pembuatan deterjen dengan metode *spray drying* dan *dry mixing granulation* tidak dibahas dalam makalah ini karena prosesnya termasuk kompleks dan dari segi bisnis tergolong proyek padat modal (memerlukan biaya investasi yang besar. Hal ini tentunya tidak sesuai dengan maksud dan tujuan penulisan buku ini.

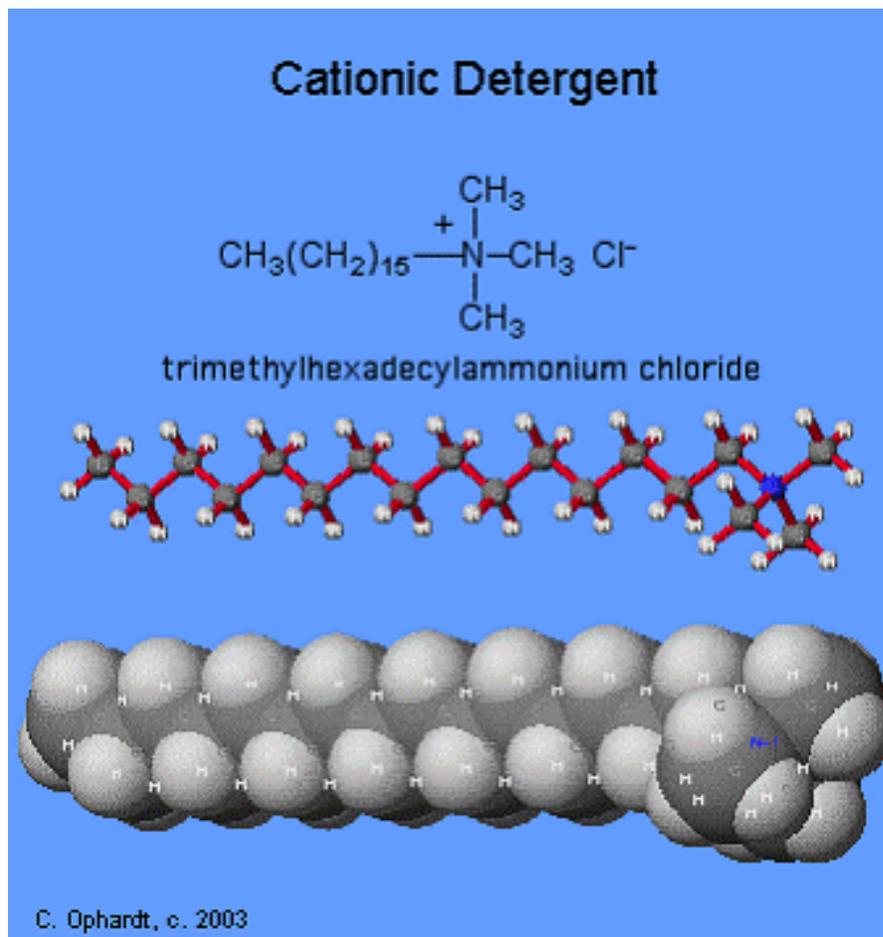
Kelebihan deterjen bubuk padat, yaitu untuk membuatnya tidak diperlukan modal besar karena alatnya termasuk sederhana dan berharga murah. Kekurangannya adalah karena bentuknya padat maka volumenya tidak besar sehingga jumlahnya terlihat sedikit.

7.4.2 Penggolongan Deterjen Berdasarkan Ion Yang Dikandungnya

Berdasarkan ion yang dikandungnya, deterjen dibedakan atas :

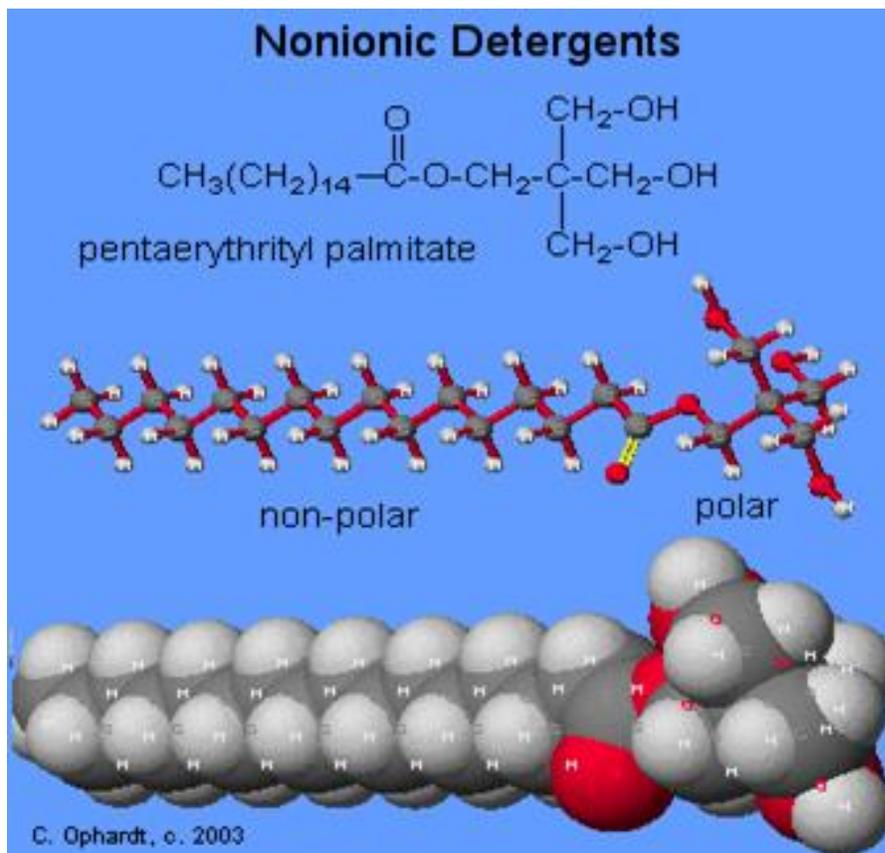
1. Cationic detergents

Deterjen yang memiliki kutub positif disebut sebagai cationic detergents. Sebagai tambahan selain adalah bahan pencuci yang bersih, mereka juga mengandung sifat antikuman yang membuat mereka banyak digunakan di rumah sakit. Kebanyakan deterjen jenis ini adalah turunan dari ammonia.



2. Anionic detergents

Deterjen jenis ini adalah merupakan deterjen yang memiliki gugus ion negatif.



7.5 Bahan Baku Untuk Pembuatan Deterjen

7.5.1 Bahan Aktif (*Active Ingredient*)

Bahan aktif merupakan bahan inti dari deterjen sehingga bahan ini harus ada dalam proses pembuatan deterjen. Secara kimia bahan ini dapat berupa sodium lauryl sulfonate (SLS). Beberapa nama dagang dari bahan aktif ini diantaranya Luthensol, Emal, dan Neopelex (NP). Di pasar beredar beberapa jenis Emal dan NP, yaitu Emal-10, Emal-20, Emal-30, NP-10, NP-20, dan NP-30. Secara fungsional bahan aktif ini mempunyai andil dalam meningkatkan daya bersih. Ciri dari bahan aktif adalah busanya sangat banyak.

7.5.2 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan ini berfungsi sebagai pengisi dari seluruh campuran bahan baku. Pemberian bahan ini berguna untuk memperbanyak atau memperbesar volume. Keberadaan bahan ini dalam campuran bahan baku deterjen semat-mata ditinjau dari aspek ekonomis. Pada umumnya, sebagai bahan pengisi deterjen digunakan sodium sulfat. Bahan lain yang sering digunakan sebagai bahan pengisi, yaitu tetra sodium pyrophosphate dan sodium sitrat. Bahan pengisi ini berwarna putih, berbentuk bubuk, dan mudah larut dalam air.

7.5.3 Bahan Penunjang

Salah satu contoh bahan penunjang adalah soda ash atau sering disebut soda abu yang berbentuk bubuk putih. Bahan penunjang ini berfungsi meningkatkan daya bersih. Keberadaan bahan ini dalam campuran tidak boleh terlalu banyak karena menimbulkan efek samping, yaitu dapat mengakibatkan rasa panas di tangan pada saat mencuci pakaian. Bahan penunjang lain adalah STTP (sodium tripoly phosphate) yang mempunyai efek samping yang positif, yaitu dapat menyuburkan tanaman. Dalam kenyataannya, ada beberapa konsumen yang menyiramkan air bekas cucian produk deterjen tertentu ke tanaman dan hasilnya lebih subur. Hal ini disebabkan oleh kandungan fosfat yang merupakan salah satu unsur dalam jenis pupuk tertentu.

7.5.4 Bahan Tambahan (Aditif)

Bahan aditif sebenarnya tidak harus ada dalam proses pembuatan deterjen bubuk. Namun demikian, beberapa produsen justru selalu mencari hal-hal baru akan bahan ini karena justru bahan ini dapat memberi kekhususan dan nilai lebih pada produk deterjen tersebut. Dengan demikian, keberadaan bahan aditif dapat mengangkat nilai jual produk deterjen bubuk tersebut.

Salah satu contoh dari bahan aditif adalah carboxyl methyl cellulose (CMC). Bahan ini berbentuk serbuk putih dan berfungsi untuk mencegah kembalinya kotoran ke pakaian sehingga disebut “antiredeposisi”. Selain CMC, masih banyak macam dari bahan aditif ini, tetapi pada umumnya merupakan rahasia dari tiap-tiap perusahaan. Ini sebenarnya merupakan tantangan bagi pelaku wirausaha untuk selalu mencari bahan aditif ini sehingga produk deterjen bubuk mempunyai nilai lebih dan berdaya saing tinggi.

7.5.5 Bahan Pewangi (Parfum)

Parfum termasuk dalam bahan tambahan. Keberadaan parfum memegang peranan besar dalam hal keterkaitan konsumen akan produk deterjen bubuk. Artinya, walaupun secara kualitas deterjen bubuk yang ditawarkan bagus, tetapi bila salah memberi parfum akan berakibat fatal dalam penjualannya. Parfum untuk deterjen berbentuk cairan berwarna kekuning-kuningan dengan berat jenis 0,9. Dalam perhitungan, berat parfum dalam gram (g) dapat dikonversikan ke mililiter (ml). Sebagai patokan $1 \text{ g parfum} = 1,1 \text{ ml}$.

Pada dasarnya, jenis parfum untuk deterjen dapat dibagi ke dalam dua jenis, yaitu parfum umum dan parfum eksklusif. Parfum umum mempunyai aroma yang sudah dikenal umum di masyarakat, seperti aroma mawar dan aroma kenanga. Pada umumnya, produsen deterjen bubuk menggunakan jenis parfum yang eksklusif. Artinya, aroma dari parfum tersebut sangat khas dan

tidak ada produsen lain yang menggunakannya. Kekhasan parfum eksklusif ini diimbangi dengan harganya yang lebih mahal dari jenis parfum umum.

Beberapa nama parfum yang digunakan dalam pembuatan deterjen bubuk diantaranya *bouquet*, *deep water*, *alpine*, dan *spring flower*.

7.5.6 Antifoam

Cairan antifoam digunakan khusus untuk pembuatan deterjen bubuk untuk mesin cuci. Bahan tersebut berfungsi untuk meredam timbulnya busa. Persentase keberadaan senyawa ini dalam formula sangat sedikit, yaitu berkisar antara 0,04-0,06%.

7.6 Pengaruh Deterjen Terhadap Lingkungan

Propylene tetramer benzene sulphonate telah mendatangkan banyak konflik sebagai komposisi utama dalam penggunaan deterjen sampai awal tahun 1960-an. Pada masa itu, air buangan limbah mengalami peningkatan yang cukup tajam. Jumlah dari busa di sungai meningkat dan air sumur yang dekat terhadap tempat pembuangan limbah deterjen yang berasal dari rumah tangga juga ikut berbuih. Air yang keluar dari keran berbuih. Hal ini disebabkan karena propylene tetramer benzene sulphonate tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme, dan hal ini juga diperkuat oleh teori bahwa cabang dari struktur alkyl benzena menghambat penguraian busa oleh mikroorganisme. Disisi lain, asam lemak yang telah tersulfonasi ternyata mudah diuraikan oleh mikroorganisme, dan kemudian asam lemak kemudian diproduksi menjadi jenis yang berantai lurus, yang memungkinkan zat ini dapat teruraikan oleh alam.

Kemudian berbagai tes yang kemudian dilakukan memang membuktikan bahwa alkyl benzena yang berantai lurus mudah diuraikan oleh alam. Tetapi disisi lain, masalah dari pembuangan limbah menimbulkan masalah yang serius karena pertumbuhan alga yang sangat tinggi. Hal ini menimbulkan dangkalnya perairan. Hal ini disebabkan karena adanya penggunaan senyawa fosfat yang merupakan nutrisi bagi tumbuh-tumbuhan, sehingga industri deterjen kembali menjadi kambing hitam, karena penggunaan sodium tropyphosphate yang besar.

7.7 Alfa Sulfometil Ester (α -SFMe)

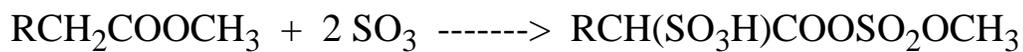
Alfa SFMe (α -SFMe) yang diproduksi dari metil ester telah lama dikenal dan dipelajari terutama sejak krisis minyak di tahun 1973. Alfa SFMe lebih banyak dipelajari sebagai surfaktan yang diperoleh dari bahan baku mentah. Alfa SFMe belum mendapat posisi dalam surfaktan seperti

LAS (Linear Alkylbenzene Sulphonate) atau AS (alcohol sulphate). Alasan mendasar dari fakta diatas adalah teknologi sulfonasi alfa SFMe belum dikembangkan dengan baik.

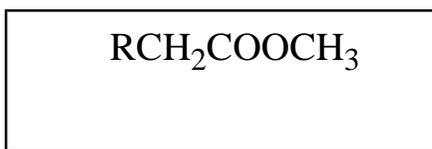
Alfa SFMe dapat digunakan dalam deterjen sebagai surfaktan utama. Alfa SFMe tidak mengandung racun (rendah) dan dapat dibiodegradasi. Masalah dalam proses sulfonasi adalah sebagai berikut :

- meningkatkan kualitas warna produk
- mengolah hasil samping garam disodium
- menghasilkan lumpur alfa SFMe berkonsentrasi tinggi

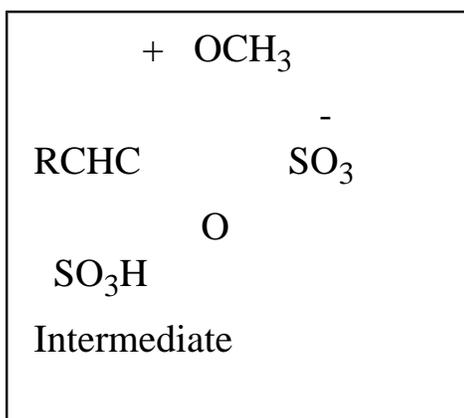
Reaksi sulfonasi terdiri dari 2 langkah :



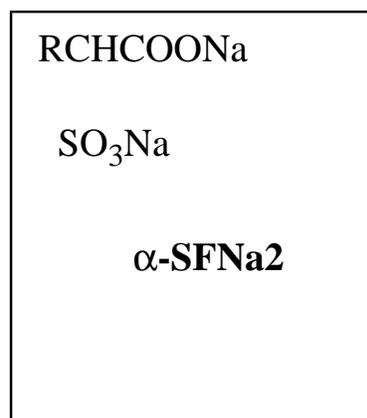
Mekanisme sulfonasi dapat dilihat seperti dibawa ini :



Excess SO_3



NaOH



(Produk samping)

NaOH

(Produk Utama)

Dalam kasus pembuatan alfa SFMe dari metil ester, metil ester C_{16} yang diperoleh dari distilasi fraksinasi dapat langsung digunakan tanpa hidrogenasi, sementara metil ester C_{18} harus dihidrogenasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Mekanisme reaksi sulfonasi terdiri dari 2 langkah. Reaksi pertama yaitu metil ester asam lemak (FAME) disulfonasi dalam reaktor sulfonasi dengan menggunakan gas SO_3 membentuk sulfoanhydride. Pada reaksi ini digunakan jumlah SO_3 berlebih, yaitu sekitar 20-30 % mol. Reaktor ini bertipe silinder-falling film reactor yang pada awalnya dikembangkan dan didesain untuk surfaktan seperti LAS dan AS. Hal yang penting dari karakteristik reaktor ini adalah :

- pengontrolan gas difusi SO_3 dengan mengalirkan udara antara cairan film organik dan aliran gas sehingga hasil reaksi sulfonasi dapat tercapai.
- Membentuk film seragam pada dinding reaktor oleh penggunaan yang didesain khusus, sehingga hasil reaksi seragam dapat diperoleh.

Produk-produk sulfonasi dapat dikirim ke unit esterifikasi dan pemutihan setelah digesting. Produk yang telah didigested berwarna coklat gelap. Dalam unit esterifikasi dan bleaching, produk-produk sulfonasi dibleach dengan menggunakan hydrogen peroksida yang secara bersamaan dengan reesterifikasi menggunakan metanol. Ketika pemutihan H_2O_2 dilakukan dengan kehadiran alcohol seperti methanol, efek bleaching dapat tercapai dan reesterifikasi dapat diperoleh seperti pada skema dibawah. Kemudian langkah ini mengambil bagian yang penting dalam peningkatan kualitasnya. Produk-produk yang telah diputihkan dicampur dengan larutan NaOH untuk

dinetralisasi. Metanol berlebih yang digunakan dalam proses tersebut berfungsi untuk mengurangi viskositas dalam lumpur. Jika metanol tidak terdapat dalam lumpur selama proses netralisasi, maka hasil samping (alfa SFNa₂) akan terbentuk. Metanol dalam lumpur yang telah dinetralisasi diuapkan dan direcovery dengan menggunakan unit recovery MeOH dan dapat digunakan kembali. Langkah ini juga memberikan pengaruh terhadap peningkatan kualitas rasa dan slurry.

Proses			Kualitas Produk		
			Warna (klett) ^a	Ester (%) ^b	Minyak tak bereaksi (%) ^c
Sulfonasi	H ₂ O ₂ Bleaching	Neutralization	900	80	1,5
Sulfonasi	H ₂ O ₂ Bleaching Esterifikasi MeOH	Neutralization	50	100	1,5

a Klett Color, 5% A.M

b Ester (%) =

c % based on A.M

7.8 Aplikasi alfa SFMe terhadap Deterjen

Alfa SFMe yang dibuat dari kelapa sawit sebagai bahan awal merupakan surfaktan anionik yang terdiri dari rantai alkyl panjang C₁₄, C₁₆ dan C₁₈. Aplikasi dari alfa SFMe sebagai surfaktan mempunyai sifat-sifat seperti titik kraft, cmc, tegangan permukaan dan kelarutan seperti pada tabel berikut.

Tabel 7.1 Sifat Fisika – Kimia Alfa SFMe

items	α - SFMe			LAS
	C ₁₄	C ₁₆	C ₁₈	C ₁₂
Kraft point (°C) [1% Soln.]	10	27	39	Below 0
c m c (ppm) [3°DH, 25 °C]	180	15	7	40
Equilibrium surface tension (dyne/cm)	34	33	33	36
Solubilization capacity (yellow OB ppm)	5.0	7.2	3.5	1.6

a 3°DH, 25 °C b 3°DH, 25 °C, surfactant 270 ppm c Soln is slightly cloudy

C₁₆ alfa SFMe dan C₁₈ alfa SFMe mempunyai cmc yang rendah dan kelarutan yang lebih besar dibandingkan dengan LAS, sehingga cocok digunakan sebagai surfaktan utama. Deterjensi alfa SFMe cenderung relatif tinggi seiring dengan meningkatnya kesadahan air, sementara deterjensi LAS menurun tajam. Hal ini menunjukkan bahwa alfa SFMe merupakan surfaktan yang cocok untuk deterjen bebas pospat. Alfa SFMe mempunyai kemampuan biodegradasi yang sama baiknya dengan AS. Hal ini menunjukkan bahwa minyak nabati seperti kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan baku deterjen dengan daya pencucian yang tinggi.

Tabel berikut menunjukkan kualitas α -SFMe yang diproduksi secara semi komersil. Hasil samping (alfa SFNa₂) dikontrol pada level rendah.

Tabel 7.2 Kualitas α -SFMe

Bahan Baku	Proses Baru		Proses Lama
	Palm stearin-Me ^a	C-16-Me ^b	Palm stearin-Me ^a
Active matter (%)	55	60	35
- α -SFMe (%)	55	60	26
- α -SFNa ₂ (%)	trace	trace	9
Colour (5% Klett)	50	40	200
Un-reacted oil (%)	1.6	1.5	3.0

a Palm stearin methyl ester (distilled, hardened)

b Palmitic methyl ester (fractionated from palm-Me)

c % based on A.M

BAB VIII

GLISERIN

Gliserin pertama sekali diidentifikasi oleh Scheele pada tahun 1770 yang diperoleh dengan memanaskan minyak zaitun (olive oil). Pada tahun 1784, Scheel melakukan penelitian yang sama terhadap beberapa sumber minyak nabati lainnya dan lemak hewan seperti lard. Scheel menamakan hasil temuannya ini dengan sebutan ‘the sweet principle of fats’. Nama gliserin baru dikenal setelah pada tahun 1811. Nama ini diberikan oleh Chevreul (orang yang melanjutkan penelitian Scheele) yang diambil dari bahasa Yunani (Greek) yaitu dari kata *glyceros* yang berarti manis. Pada tahun 1836, Pelouze menemukan formula dari gliserol dan pada tahun 1883 Berthlot dan Luce mempublikasikan formula struktur gliserol.

Tahun 1847, Sobrero menemukan nitroglycerine, suatu senyawa yang tidak stabil yang mempunyai potensi besar untuk berbagai aplikasi komersial. Tahun 1836, Alfred Nobel mendemostrasikan kemampuan daya ledak nitroglycerine. Pada tahun 1875, Alfred Nobel menemukan suatu peledak yang disebut gelatin yaitu campuran dari nitroglycerine dan nitrocellulose. Penemuan bahan peledak ini membuat permintaan akan gliserin sangat meningkat terutama pada saat revolusi industri. Pada tahun 1883, Runcon mematenkan recovery gliserin dari sabun alkali hasil distilasi.

Gliserol merupakan tryhydric alcohol $C_2H_5(OH)_3$ atau 1,2,3-propanetriol. Struktur kimia dari gliserol adalah sebagai berikut :

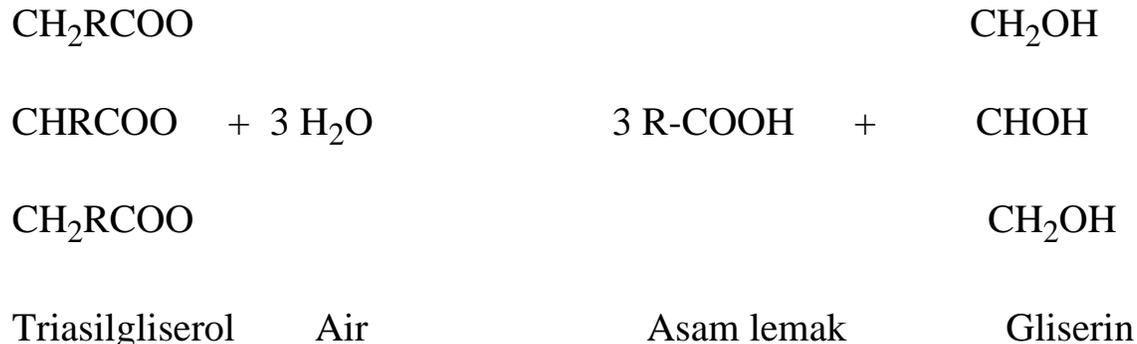


Pemakaian kata gliserol dan gliserin sering membuat orang bingung. Gliserol dan gliserin adalah sama, tetapi pemakaian kata gliserol biasa dipakai jika kemurnian rendah (masih terkandung dalam air manis) sedangkan pemakaian kata gliserin dipakai untuk kemurnian yang tinggi. Tetapi secara umum, gliserin merupakan nama dagang dari gliserol.

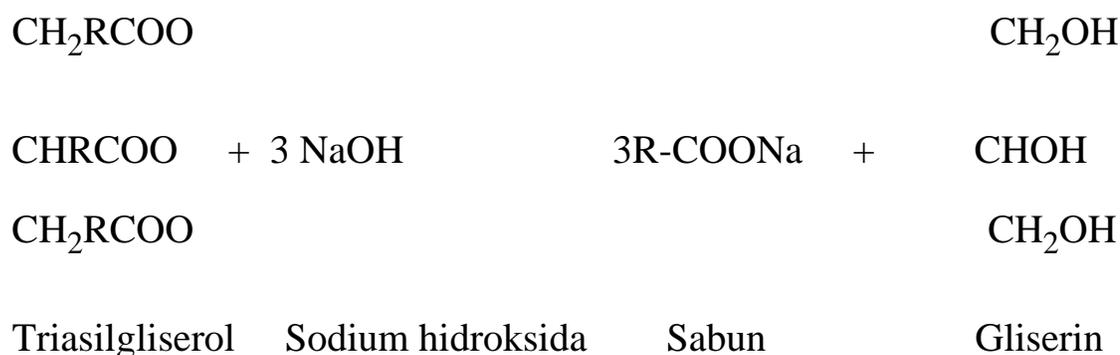
Gliserol dapat dihasilkan dari berbagai hasil proses, seperti :

1. Fat splitting, yaitu reaksi hidrolisa antara air dan minyak menghasilkan gliserol dan asam

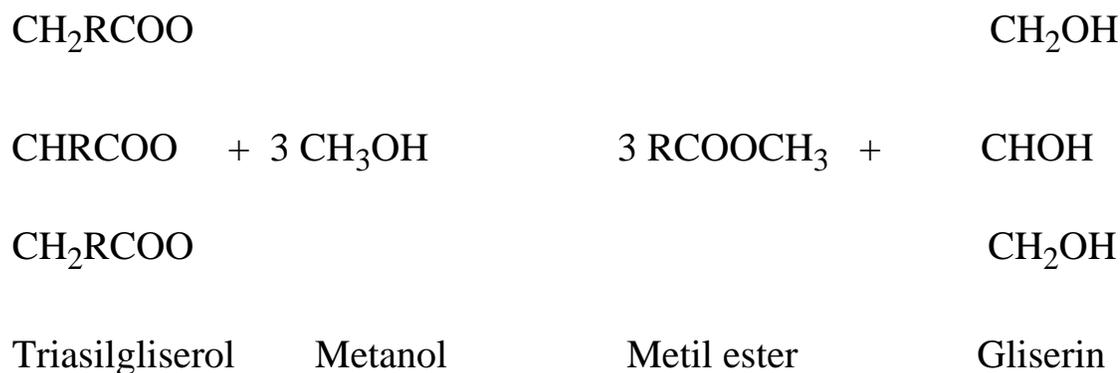
lemak.



2. Safonifikasi lemak dengan NaOH, menghasilkan gliserol dan sabun



3. Transesterifikasi lemak dengan metanol menggunakan katalis NaOCH₃ (sodium methoxide), menghasilkan gliserol dan metil ester

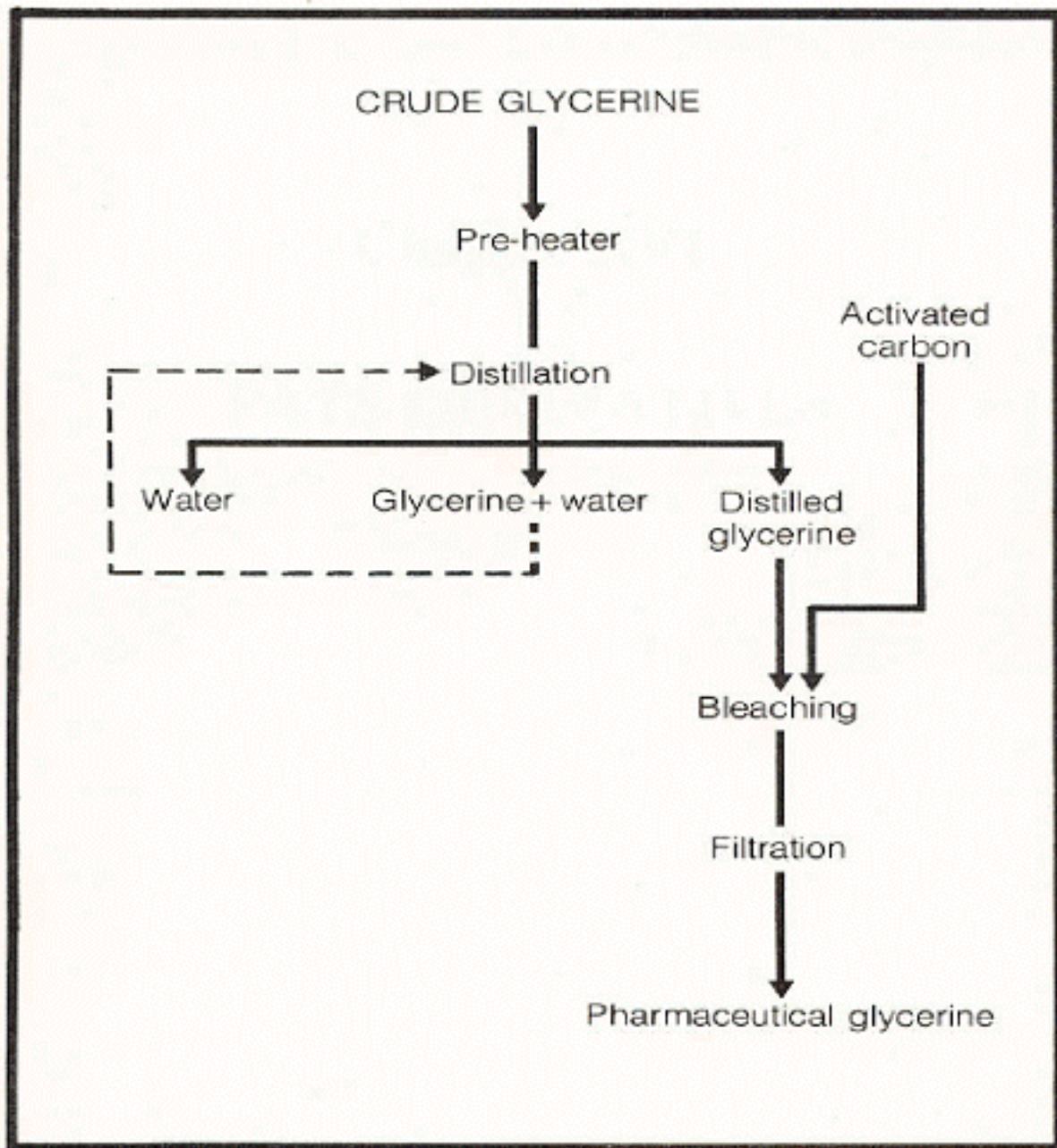


Gliserol yang dihasilkan dari hidrolisa lemak atau minyak pada unit *fat splitting* ini masih terkandung dalam air manis (sweet water). Kandungan gliserol dalam air manis biasanya diuapkan untuk mendapatkan gliserol murni (gliserin). Biasanya untuk pemurnian gliserol ini memerlukan beberapa tahap proses, seperti :

1. Pemurnian dengan sentrifuse
2. Evaporasi
3. Filtrasi

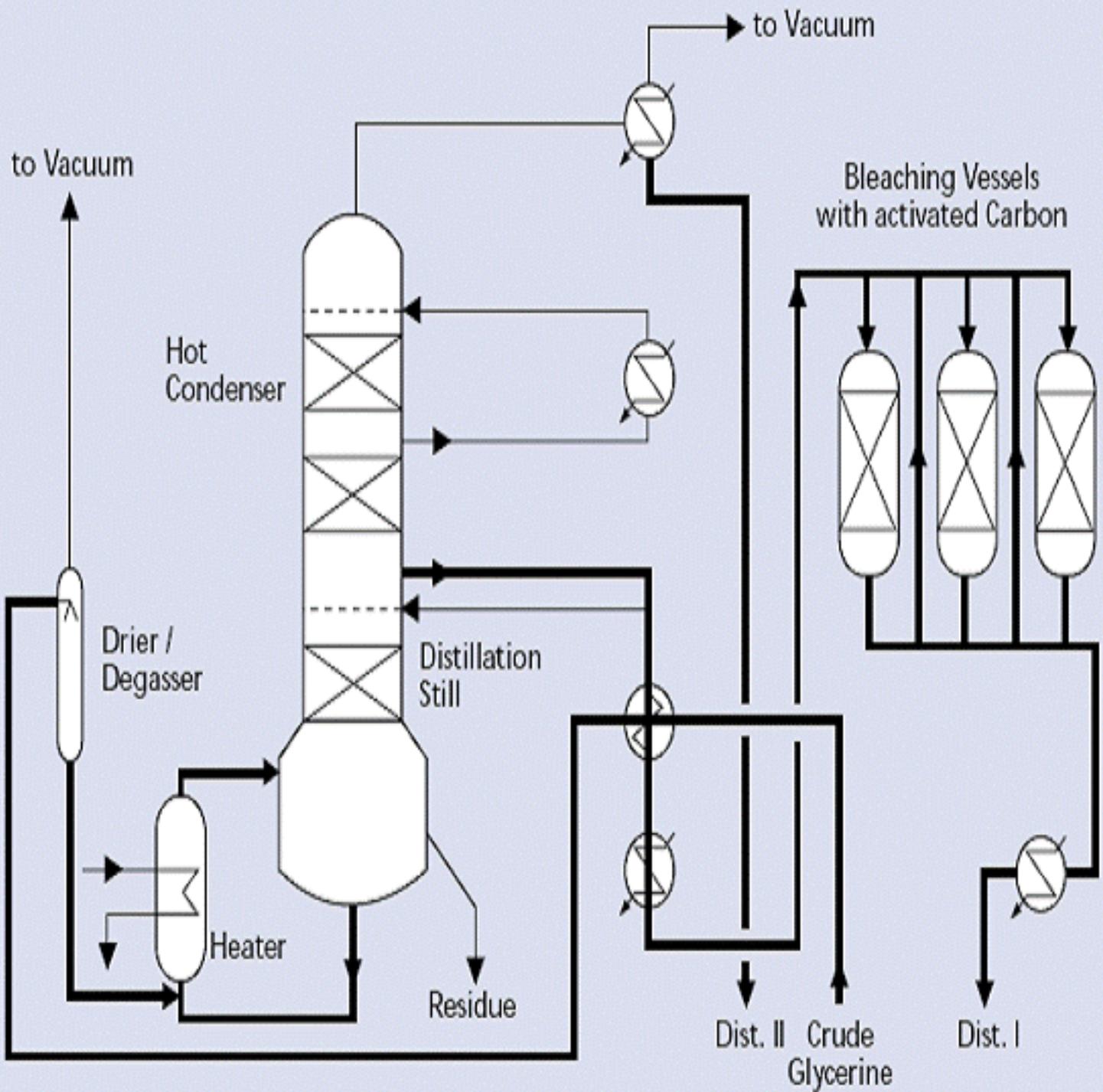
Tujuan dari sentrifuse ini adalah untuk menghilangkan asam lemak bebas sisa dan kotoran padat yang masih ada dalam air. Untuk operasi ini digunakan pemisah sentrifuse. Padatan air manis ini sangat mahal karena kadar gliserol dalam air manis biasanya rendah yaitu sekitar 10-12 %. Pada proses recovery gliserol dari *sweet water* dilakukan dengan menggunakan triple effect evaporator. Untuk menguapkan 1 kg air diperlukan 1,1 kg uap. Tekanan evaporator pertama 1 at, evaporator kedua 3 atm dan evaporator ketiga 5 atm. Pada operasi pabrik ini, konsumsi uap dapat berkurang sampai 350 kg per 1000 kg air yang diuapkan.

Gliserol yang dihasilkan pabrik evaporasi mengandung sekitar 88 % gliserol, 9-10 % air dan 2-3 % kotoran. Permintaan mutu gliserol tergantung pada pangsa pasar. Bila mutu gliserol yang dihasilkan masih kurang baik maka gliserol tersebut harus dimurnikan dengan cara distilasi. Distilasi dapat dilakukan sebanyak 2-3 kali tergantung pada kemurnian dan warna yang diinginkan. Untuk memperoleh produk gliserol dapat dilihat pada diagram alir berikut :



Gambar 8.1 Diagram Alir Pembuatan Gliserin

Refining gliserin dilakukan menggunakan distilasi dengan steam. Tekanan uap gliserin dilakukan pada tekanan atmosfer 760 m Hg pada 270 °C. Distilasi harus dijaga pada tekanan rendah karena gliserin akan mengalami polimerisasi pada suhu 200 °C. Recovery gliserin dapat dilihat seperti pada gambar berikut :



Gambar 8.2 Recovery Gliserin

8.1 Sifat-Sifat Gliserin

Tabel 8.1 Tekanan uap Gliserin

mmHg	°C
1	125.5
5	153.8
10	167.2
20	182.2
40	198.0
60	208.0
100	220.1
200	240.0
400	263.0
760	290.0

Tabel 8.2 Viskositas Gliserin

°C	centipoise
80	32.18
90	21.2
100	14.60
110	10.48
120	7.797
130	5.986
140	4.726
150	3.823
158	3.282
167	2.806

Tabel 8.3 Sifat Fisika Gliserin

Molecular Weight	92.09
Boiling point	290 (760 mmHg)
Melting point	18.17 °C
Freeze point	(66.7 % glycerol solution) – 46.5 °C
Specific heat	0.5795 cal/gm oC (26 °C)
Refractive index	(N _d ²⁰) 1.47399
Flash point	(99 % glycerol) 177 °C
Fire point	(99 % glycerol) 204 °C
Autoignition point	(on platinum) 523 °C (on glass) 429 °C
Heat of combustion	397.0 kcal per gram
Surface tension	63.4 dynes cm (20 °C) 58.6 dynes cm (90 °C) 51.9 dynes cm (150 °C)
Coefficient of thermal expansion	0.0006115 (15-25 °C Temp. interval) 0.000610 (20-25 °C Temp. interval)
Thermal conductivity	0.000691 cal cm deg/sec (°C)
Heat of formation	159.8 kcal/mol (25 °C)
Heat of fusion	47.5 cal/mol
Heat of vaporization	21,060 cal/mol (25 °C) 19,300 cal/mol (105 °C) 18,610 cal/mol (175 °C)

8.2 Penggunaan Gliserin

Pada saat ini pemakaian gliserin untuk berbagai keperluan industri sudah sangat luas sekali. Berikut ini persentase pemakaian gliserin untuk berbagai keperluan industri :

- Alkyd resin : 36 %
- Cosmetic/pharmaceutical : 30 %
- Tobacco product : 16 %
- Food/beverages : 10 %
- Urethane uses : 6 %
- Explosives : 2 %

Penggunaan gliserin untuk berbagai keperluan adalah sebagai berikut :

- Kosmetik : digunakan sebagai body agent, emollient, humectant, lubricant, solven. Biasanya dipakai untuk skin cream and lotion, shampoo and hair conditioners, sabun dan deterjen.
- Dental cream : digunakan sebagai humectant
- Peledak : digunakan untuk membuat nitroglycerine sebagai bahan dasar peledak
- Industri makanan dan minuman : digunakan sebagai solven, emulsifier, conditioner, freeze preventer and coating. Digunakan dalam industri minuman anggur dan minuman lainnya.
- Industri logam : digunakan untuk pickling, quenching, stripping, electroplating, galvanizing dan solfering
- Industri kertas : digunakan sebagai humectant, plasticizer, softening agent, dan lain-lain.
- Industri farmasi : digunakan untuk antibiotik, capsule dan lain-lain
- Photography : digunakan sebagai plasticizing
- Resin : digunakan untuk polyurethanes, epoxies, phtalic acid dan malic acid resin.
- Industri tekstil : digunakan lubricating, antistatic, antishrink, waterproofing dan flameproofing
- Tobacco : digunakan sebagai humectant, softening agent dan flavor enhancer

BAB IX

PELUMAS/GREASE

9.1 Pelumas

Industri otomotif terus berkembang. Penjualan mobil di Indonesia diperkirakan melebihi 450.000 unit per tahun, sedangkan motor mencapai 5 juta unit. Hal ini membuka celah bisnis yang berhubungan dengan otomotif. Salah satu diantaranya minyak pelumas

Produsen selalu berupa menggunakan teknologi terkini dalam proses pembuatan minyak pelumas agar didapatkan produk berkualitas. Pemakaian teknologi baru, masa pakai yang panjang dari minyak pelumas, bertambahnya efisiensi kerja mesin, mencapai efisiensi tertinggi badan pelumas dunia, sampai dengan ramah lingkungan menjadi propaganda para produsen.

Sebanyak 650 juta liter pelumas pertahun diperlukan pasar. Sayangnya tak semua konsumen pelumas benar-benar paham mengenai pelumas. Kalaupun mulai mengerti, kehadiran advertorial cukup menggoyang 'keimanan' konsumen, akhirnya konsumen harus menanggung segala resiko kemudian hari. Bahkan dari pihak bengkel resmi pabrikan masih sedikit perbedaan spesifikasi pelumas antar buku manual kendaraan dengan stiker panduan yang menempel di kap mesin

Harus diakui, kurangnya informasi terhadap standar mutu pelumas mermbawa dampak terhadap para pemilik kendaraan. Masyarakat jadi salah memahami. Karena sangat sayang terhadap kendaraannya, maka setiap bulan ganti oli. Dalam pemahamannya makin sering oli maka akan semakin baik. Hal ini ditambah lagi produsen pelumas, karena persaingan, selalu muncul dengan promosi yang membingungkan para konsumen dalam memilih pelumas. Sebut saja merek Top One, Castrol Penzoill, Shell, Evalube, Revtex, Fuchs, Petromas dan lain-lain, yang beriklan dimana mana. Saat ini ada sekitar 200 merek pelumas beredar di Indonesia.

Beberapa tahun lalu pabrikan mobil hanya merekomendasi penggunaan pelumas hingga 2.500 kilometer. Namun saat ini mobil mobil generasi terbaru merekomendasi pemakaian pelumas hingga 15 ribu kilometer. Hal ini karena pelumas dibuat campuran base oil (bahan dasar pelumas) dan aditif. Base oil biasanya berasal dari minyak bumi (mineral oil), tapi ada juga yang berasal bukan dari minyak bumi. Pelumas demikian sering disebut pelumas sentetis. Pelumas sintesis dapat dibuat dari minyak bumi atau minyak nabati (vegetable oil). Konsumen sudah biasa memilih pelumas apakah oil sentesis, semi sintesis atau mineral.

Yang jelas, musuh oli adalah panas, Temperatur merupakan faktor utama terjadinya

oksidasi. Oksidasi akan meningkat dua kali lipat untuk peningkatan temperatur operasi sebesar 10 °C. Oksidasi merupakan faktor utama yang membatasi umur pemakaian pelumas. Pelumas bermutu baik memiliki kemampuan mengendalikan kotoran yang masuk ke mesin. Pada pelumas mesin terdapat aditif deterjen dan dispersant yang berfungsi untuk membersihkan jelaga, varnish, dan lacquer (produk oksidasi yang dihasilkan dari teroksidasinya lapisan tipis pelumas pada permukaan metal yang panas). Maka, bila pelumas berubah warna, itu menunjukkan bahwa deterjen dan disperant dalam pelumas itu telah bekerja dengan baik sehingga mesin tetap bersih

Kondisi kendaran bermotor sangat diperlukan oleh pemeliharannya. Dengan perawatan yang baik, mobil akan selalu dalam kondisi prima. Bila asal asalan, maka kendaraan akan sering ngadat. Perawatan yang tergolong sederhana tetapi sangat vital adalah penggantian rutin minyak pelumas. Meski sederhana, jenis perawatan ini sering menyisakan persoalan pemilihan pelumas yang tepat dan hal-hal yang berkaitan dengan pengantiannya. Pasalnya, pelumas dipasaran tidak hanya berbeda merek tetapi juga memiliki berbagai spesifikasi. Selain itu pengantian pelumas (untuk mesin) juga berkaitan dengan penggantian suku cadang lainnya

Dalam memilih pelumas jenis kegunaan, kekentalan dan mutu merupakan tiga hal yang menentukan. Dari kegunaan, ada pelumas yang sangat kental seperti gel yang biasa disebut grease atau gemuk. Begitu kentalnya gemuk akan menempel terus kekomponen yang dilumasi dan tidak akan menetes, sehingga cocok untuk komponen-komponen terbuka seperti engsel pintu, sendi sendi batang kemudian (tierod), lengan suspensi, dan lain sebagainya.

Untuk melumasi komponen yang sifatnya lebih penting dan rumit seperti mesin, transmisi dan gardan (diferensial), diperlukan pelumas yang lebih encer ketimbang gemuk. Pelumas encer yang biasa disebut oli ini dapat bergerak luwes melalui permukaan komponen yang saling bergesekan. Selain itu kondisi yang lebih encer ini memastikan setiap permukaan logam tertutup pelumas

Oli untuk mesin lebih encer dari pada yang digunakan pada roda gigi (transmisi, gardan). Ini dimaksudkan agar pelumas dapat disirkulasi melalui saluran-saluran kecil dan sempit dalam mesin dengan lancar. Sedangkan pada roda gigi, pelumas disirkulasi dengan bantuan putaran roda gigi itu sendiri. Dengan tingkat kekentalan tinggi tinggi pelumas terangkat oleh gerigi roda, dan pelumas yang kental dapat meredam suara gesekan lebih baik. Jadi untuk membedakan pelumas mesin dan pelumas roda gigi, dapat dilihat dari kekentalannya, atau dilihat dari label kemasannya, *engine oil* atau *gear oil*.

Dari semua jenis pelumas, pelumas mesinlah yang paling penting karena didalam mesin

terjadi berbagai macam gesekan yang memerlukan pelicin supaya tidak mudah aus. Karena kerja pelumas pada mesin lebih berat, maka penggantianannya harus lebih sering dibandingkan dengan pelumas lainnya

Berdasarkan bahan bakunya dibedakan atas dua macam, mineral dan sintesis. Pelumas mineral berbahan dasar minyak bumi. Setelah diolah, minyak bumi ditambah bahan-bahan aditif agar mutu pelumas lebih baik. Pada pelumas modern biasanya bahan aditifnya cukup lengkap, sehingga beberapa merek tidak menganjurkan penambahan aditif atau oil treatment. Sedangkan jenis sintesis adalah pelumas berbahan dasar campuran berbagai macam bahan kimia yang membuat di laboratorium. Umumnya, pelumas sintesis mempunyai tingkat mutu yang lebih tinggi daripada pelumas mineral, namun harganya lebih mahal. Tantangan pelumas adalah mengalir dengan mudah pada waktu mesin start. Oil yang baik akan memberikan proteksi terhadap bagian-bagian yang bergerak, terutama pada temperatur operasi yang relatif tinggi. Ada empat macam kondisi yang harus dicermati dengan seksama, yaitu :

1. Warna Pelumas

Setiap pelumas mempunyai formula sendiri dalam hal pewarna. Merek yang satu berbeda dengan yang lain. Untuk pelumas yang sedang kita pakai, agar kita dapat mengetahui kondisinya, tarik atau cabut tongkat pelumas (oil stick) dari blok mesin. Setelah itu, perhatikan warnanya. Jika warnanya seperti cokelat susu atau keputih-putihan atau mirip emulsi, ini berarti ada campuran air didalam pelumas. Boleh jadi air dari luar sudah masuk ke bak pelumas melalui celah mesin, biasa juga dari kebicoran cairan pendingin. Warna pelumas bermacam-macam tergantung dari mereknya ada yang berwarna merah, hijau tua, kuning atau ungu. Oli juga dibedakan atas kekentalannya. Dalam kemasan atau kaleng pelumas, biasanya ditemukan kode huruf dan angka yang menunjukkan kekentalannya. Contohnya SAE 40, SAE 90, SAE 10 W-50, SAE 5W-40, dan sebagainya. SAE merupakan kependekan *Society of Automotive Engineers* atau ikatan ahli teknik otomotif. SAE mirip organisasi standarisasi seperti ISO, DIN, ZIS dan sebagainya, yang mengkhususkan diri dibidang otomotif. Sedangkan angka dibelakang huruf tersebut menunjukkan tingkat kekentalannya. Maka, SAE 40 menunjukkan oli tersebut mempunyai tingkat kekentalan 40 menurut standar SAE. Semakin tinggi angkanya semakin kental pelumasnya. Ada juga kode angka multi grade seperti 10W-50 yang menandakan pelumas mempunyai kekentalan yang dapat berubah-ubah sesuai suhu di sekitarnya. Huruf W dibelakang angka 10 merupakan singkatan kata winter (musim dingin). Maksudnya pelumas mempunyai tingkat kekentalan sama dengan SAE 10 pada saat suhu

udara dingin dan SAE 50 ketika udara panas. Oil seperti ini sekarang sangat banyak di pasaran karena kekentalannya luwes (fleksibel) dan tidak cenderung mengental saat udara dingin sehingga mesin mudah dihidupkan di pagi hari.

2. Jumlah Pelumas

Saat pelumas diganti dengan yang baru, penunjukan pada oil dipstick harus berada pada tanda F (full) atau penuh. Kemudian secara rutin dilakukan pemeriksaan. Perhatikan tanda ketinggian posisi pelumas setiap kali tongkat pengukur dicabut. Kalau dalam satu bulan diperlukan penambahan oli yang agak banyak (topping-up), setengah liter atau lebih, mesin kendaraan patut dicurigai. Sebab penambahan pelumas dalam jumlah yang cukup besar menandakan ada sesuatu yang tidak beres di dalam mesin tersebut.

3. Keausan Mesin

Penyebab keausan sangat beragam, antara lain adanya celah diantara komponen mesin yang bergesekan terlalu besar. Akibat dari keausan yang sudah berat seperti itu, pelumas mengalami penguapan. Penyebab lain misalnya kebocoran pada sejumlah komponen mesin, seperti saringan oli, seal yang sudah rapuh, atau gasket yang sudah rusak.

4. Kekentalan Pelumas

Kualitas oli tak ada hubungannya dengan kekentalan oli. Sebenarnya masalah kekentalan ini hampir sama pada setiap pelumas. Kekentalan pelumas yang baik akan bertahan dalam jangka waktu pemakaian normal. Perhatikan jika ada campuran "asing". Artinya pelumas bercampur karena kepala silinder dan blok mesin mengalami kerusakan. Jika tercium bau bensin, meski kerusakan ini jarang terjadi, itu berarti ada kebocoran pada selinder atau pada injector bahan bakar. Semua mesin kendaraan membutuhkan pelumas yang berfungsi mendinginkan, mengurangi gesekan, serta melindungi mesin dari keausan.

9.2 Grease

Grease atau gemuk lumas adalah padatan atau semi padatan campuran pelumas dengan bahan pengental yang berfungsi mengurangi gesekan dan keausan anantara dua bidang atau permukaan yang saling bersinggungan atau bergesekan. Grease juga berfungsi sebagai media pembawa panas keluar serta untuk mencegah karat pada bagian mesin. Sifat-sifat grease yang baik adalah mengurangi gesekan, mencegah korosi, sebagai penyekat dari kotoran atau air, mencegah kebocoran, konsistensi dan struktur tidak berubah, tidak mengeras pada suhu rendah, sifat yang sesuai dengan penyekat elastomer dan mempunyai toleransi pencemar pada tingkat

tertentu.

Grease berdasarkan tujuan pemakaiannya dibagi atas grease untuk industri otomotif, sistem transportasi dan industri non otomotif seperti pangan dan pertanian. Pemakaian grease untuk masing-masing tujuan ini dibedakan oleh sifat dan karakteristik grease. Untuk tujuan industri pangan misalnya, karakteristik grease yang digunakan lebih khusus dibanding dengan karakteristik grease yang digunakan pada industri otomotif. Industri pangan mempunyai persyaratan tambahan, tidak hanya aspek pelumasannya saja tetapi juga memperhatikan aspek keamanan pangannya.

9.2.1 Standar Grease

Grease pada dasarnya merupakan pelumas yang dipadatkan dengan sabun logam atau non sabun logam. Ketentuan mutu dari grease ditentukan berdasarkan beberapa uji mekanik, diantaranya adalah :

1. ASTM D 2266 untuk menentukan sifat anti aus
2. ASTM D 2596 untuk menentukan sifat tekanan ekstrim
3. ASTM D 2596 untuk menentukan kestabilan mekanik dari grease

Seperti halnya kekentalan pada pelumas, untuk grease dinyatakan dengan kekerasan (consistency). Pengelompokannya ditentukan oleh National Lubricating Grease Institute (NLGI) yang membagi kekerasan grease menjadi 9 tingkat kekerasan, dari tingkat kekerasan 000 sampai dengan 6, seperti ditunjukkan pada tabel 9.1. Makin besar angka NLGI, makin keras greasnya dan makin kecil nomor NLGI-nya makin makin lunak greasnya.

Tabel 9.1 NLGI Lubricating Grease Consistency Grades

NLGI No.	ASTM D-217 Penetrasi pada 25 °C (0,1 mm)	Consistency
000	445-475	Semi cair
00	400-430	Semi cair
0	355-385	Semi cair
1	310-340	Lembut
2	265-295	Umumnya grease
3	220-250	Semi padat
4	175-205	Semi padat
5	130-160	Semi padat

6	85-115	Keras
---	--------	-------

Tabel 9.2 Spesifikasi Karakteristik dan Parameter Unjuk Kerja Grease untuk Tingkat Mutu NLGI GA, SNI 06-7069-8-2005

Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode uji
		Min	Maks	
Penetrasi pada 25 °C	mm/10	220	340	ASTM D 217
NLGI		3	1	NLGI
Warna		Sesuai spesifikasi produk	Sesuai spesifikasi produk	Visual
Jenis pengental	% berat	Sesuai spesifikasi produk	Sesuai spesifikasi produk	ASTM 4628
Titik leleh	°C	80	-	ASTM D 566

Tabel 9.3 Spesifikasi Karakteristik dan Parameter Unjuk Kerja Grease untuk Tingkat Mutu NLGI GB, SNI 06-7069-8-2005

Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode uji
		Min	Maks	
Penetrasi pada 25 °C	mm/10	220	340	ASTM D 217
NLGI		3	1	NLGI
Warna		Sesuai spesifikasi produk	Sesuai spesifikasi produk	Visual
Jenis pengental	% berat	Sesuai spesifikasi produk	Sesuai spesifikasi produk	ASTM 4628
Titik leleh	°C	175	-	ASTM D 566

Tabel 9.4 Spesifikasi Karakteristik dan Parameter Unjuk Kerja Grease untuk Tingkat Mutu NLGI GC, SNI 06-7069-8-2005

Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode uji
		Min	Maks	
Penetrasi pada 25 °C	mm/10	220	340	ASTM D 217
NLGI		3	1	NLGI
Warna		Sesuai spesifikasi produk	Sesuai spesifikasi produk	Visual
Jenis pengental	% berat	Sesuai spesifikasi produk	Sesuai spesifikasi produk	ASTM 4628
Titik leleh	°C	220	-	ASTM D 566

Untuk penggunaan grease dari masing-masing spesifikasi karakteristik dan parameter unjuk kerja untuk tingkat mutu NLGI GA, GB DAN GC dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 9.5 Klasifikasi NLGI Mutu Pelumasan Menurut ASTM D 5950, SNI 06-7069-8-2005

Klasifikasi NLGI	Kriteria Mutu Pelumasan Menurut ASTM D 5950
NLGI GA	Digunakan untuk bantalan gelinding, baik pada kendaraan penumpang, truk dan kendaraan atau mesin lain dengan beban ringan. Mampu bekerja pada suhu operasi antara – 20 °C – 70 °C. Kemampuan layanan yang lebih spesifik untuk klasifikasi GA tidak diperlukan.
NLGI GA	Digunakan untuk bantalan gelinding, mesin-mesin industri yang bekerja sedang, bantalan roda pada kendaraan penumpang, truk dan kendaraan atau mesin lain dengan beban ringan sampai dengan beban sedang. Mampu bekerja pada temperatur operasi antara –20 °C – 70 °C.

NLGI GA

Digunakan untuk bantalan luncur, bantalan roda pada kendaraan penumpang, truk dan kendaraan atau mesin lain dengan beban ringan sampai berat. Mampu bekerja pada suhu operasi antara $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ bahkan bisa mencapai $200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

9.2.2 Karakteristik Grease

Kemampuan pelumasan grease tergantung pada bahan baku utama (base oil) serta pengentalnya. Pengental dapat diidentikkan dengan serat yang dapat menyerap dan kemudian melepaskannya ke komponen yang dilumasi. Sebagian molekul pengental terserap ke permukaan logam yang dilumasi, yang bertujuan untuk mencegah kontak langsung antar komponen. Sifat-sifat grease yang utama ada dua, yaitu konsistensi (consistency) dan titik leleh (dropping point).

a. Penetrasi/konsistensi

Pengukurannya menggunakan alat khusus yang dinamakan One Quarter Scale Cone Equipment. Untuk penggolongan penetrasi ini telah dibuat oleh NLGI, dimana makin kecil nomor NLGI maka makin lunak greasenyanya.

b. Titik leleh (dropping point)

Titik leleh adalah temperatur pada saat grease mulai mencair. Titik leleh digunakan untuk quality control dan pengenalan grease. Titik leleh tidak menunjukkan batasan maksimum temperatur kerjanya. Pada umumnya suhu kerja grease jauh lebih tinggi dari titik lelehnya.

Karakteristik lainnya dari grease dapat dilihat pada jenisnya, yaitu jenis sabun (soap) atau bukan dari sabun (non soap). Sabun yang dimaksud adalah sabun metalik atau sabun logam. Pada umumnya grease adalah minyak mineral yang dipadatkan dengan sabun logam. Dilihat dari sabun yang digunakan secara umum, gemuk lumas dapat digolongkan ke dalam jenis :

a. Dasar aluminium (Al)

Sabun logam dengan menggunakan dasar aluminium mempunyai sifat lembek, halus, transparan serta mempunyai ketahanan terhadap air. Jenis sabun logam ini sangat baik untuk kondisi kerja dibawah suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

b. Dasar kalsium (Ca)

Sabun logam dengan menggunakan dasar kalsium mempunyai sifat lembek, halus dan tahan terhadap air. Jenis sabun logam ini sangat baik untuk kondisi kerja dibawah suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

c. Dasar natrium (Na)

Sabun logam dengan menggunakan dasar natrium mempunyai sifat agak berurat/serat dan

dapat mencegah karat dengan baik, tetapi mudah larut dalam air. Jenis sabun logam ini sangat baik untuk kondisi kerja dibawah suhu 100 °C.

d. Dasar litium (Li)

Sabun logam dengan menggunakan dasar aluminium mempunyai sifat lembek, halus, mantap dalam pemakaian serta mempunyai ketahanan terhadap air. Jenis sabun logam ini sangat baik untuk kondisi kerja dibawah suhu 150 °C.

Grease non sabun adalah grease yang mempunyai dasar bukan sabun, seperti menggunakan silikon yang biasanya digunakan untuk pemakaian suhu tinggi. Informasi karakteristik tipikal grease dapat dilihat seperti pada tabel berikut.

Tabel 9.6 Informasi Grease Komersial

Komponen	Karakteristik
NLGI No.	2
Tipe sabun	NaOH
Konsistensi	Lembut
Penetrasi pada 25 °C, 0,1 mm	270-310
Titik leleh, oC	118
Warna	Coklat

Beberapa sifat fisik yang penting dari grease antara lain :

a. Ciri aliran

Ciri aliran grease merupakan salah satu sifat penting dalam penggunaannya sebagai bahan pelumas. Pada saat pemakaian, grease harus dapat bertindak sebagai cairan kental (viskos). Ciri aliran ini sangat mempengaruhi pengisian/pemompaan grease.

b. Tekstur dan struktur

Sifat ini menyangkut penampilan dan mutu, yang menentukan kerekatan dan kemudahan grease bila ditangani. Kondisi tersebut tergantung pada viskositas base oil dan jenis pengentalnya. Ciri dari tekstur tersebut adalah berserat (fibrous) atau tanpa serat (unfibrous). Jika seratnya makin kecil maka grease tersebut terasa lembut.

c. Stabilitas oksidasi

Sifat ini menyangkut ketahanan grease terhadap kerusakan kimia.

d. Pelelehan

Sifat ini menyangkut teroisahnya komponen minyak dari grease selama penyimpanan.

9.2.3 Pembuatan Grease

Grease tersusun atas beberapa komponen, yaitu :

1. Base oil

Kandungan base oil dalam pembuatan grease adalah 75-95 %. Beberapa tipe minyak dasar dalam pembuatan grease adalah :

- minyak bumi dari jenis parafinik
- minyak nabati : minyak sawit, minyak jarak, dan lain-lain
- minyak sintetis : senyawa kompleks hidrolarbon

2. Bahan pengental (Thickener)

Komponen ini berfungsi sebagai bahan pengental dalam produk grease dengan kandungan 5-20 %. Beberapa tipe pengental yang umum digunakan adalah :

- pengental organik sintetis (zat anorganik gel) : poliurea, sabun logam sederhana dan sabun logam kompleks
- sabun yang terbentuk dari asam lemak ataupun ester yang berasal dari minyak nabati

3. Aditif

Aditif berfungsi meningkatkan performa grease dengan kandungan 0-15 %. Aditif yang ditambahkan perlu diperhatikan terutama sifat *biodegradability*-nya terhadap lingkungan.

Kemampuan grease sebagai bahan pelumasan tergantung pada base oil, bahan pengental serta aditifnya. Bahan pengental, ibarat busa, menyerap minyak dan nantinya melepaskannya ke komponen yang dilumasi. Sebagian molekul bahan pengental terserap ke permukaan logam yang dilumasi untuk mencegah terjadinya kontak antar logam-logam. Sifat grease tersebut diperkuat dengan adanya aditif. Aditif ini merupakan suatu bahan yang berfungsi sebagai “vitamin” bagi grease yang kegunaannya antara lain :

§ Sebagai anti korosi

Minyak pelumas harus mampu mencegah atau mengurangi proses timbulnya karat/proses korosi atau melindungi permukaan yang dilumasi dari terbentuknya karat. Untuk meningkatkan kemampuan pencegahan timbulnya karat, maka digunakan aditif sebagai anti

korosi.

§ Sebagai anti aus

Untuk pembebanan kontak antara bidang yang relatif tinggi, pelumas harus mampu mencegah keausan secara pasif dengan membentuk lapisan film yang kuat di permukaan yang dilumasi, sehingga mampu mengurangi permukaan sentuh logam yang dilumasi dan secara aktif bereaksi dengan permukaan logam untuk mencegah terjadinya proses pemanasan setempat akibat beban yang tinggi.

§ Sebagai anti oksidan

Proses oksidasi menyebabkan kerusakan pelumas dan menyebabkan timbulnya kotoran serta asam yang dapat menimbulkan masalah selanjutnya. Untuk itu minyak pelumas harus mempunyai sifat/kemampuan tahan terhadap oksidasi, guna melindungi diri dari proses kerusakan serta menetralkan asam-asam yang mungkin terbentuk.

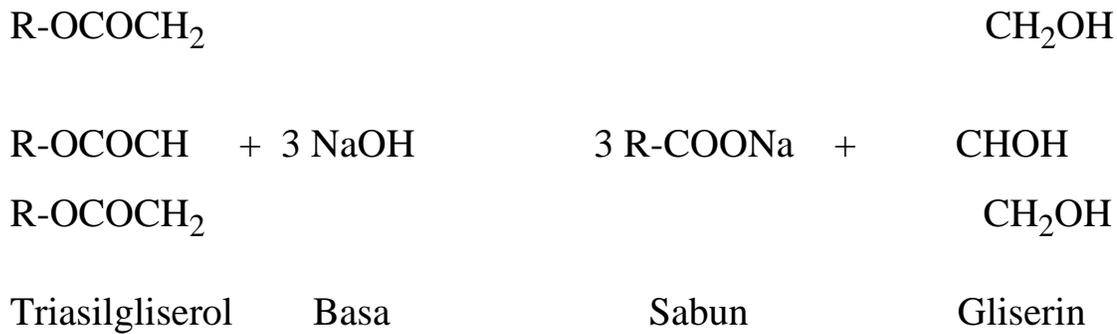
§ Mempertahankan kekentalan grease (viscosity index improver)

Aditif untuk mempertahankan kekentalan grease diperlukan untuk mencegah pengenceran grease. Pada suhu mesin tinggi akibat mesin bekerja dengan waktu lama dan pada suhu udara panas, grease akan mengencer. Peran grease yang menjadi encer tentu saja akan kurang efektif. Oleh karena itu dibutuhkan bahan aditif yang bersifat dapat mempertahankan kekentalan grease

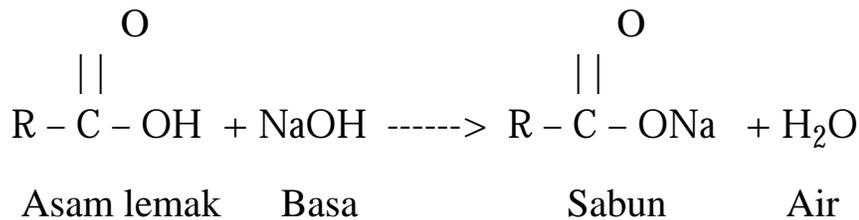
9.2.4 Pembuatan Sabun Logam

Sabun logam adalah hasil reaksi antara asam lemak ion logam, seperti ion kalsium, litium, natrium, aluminium dan lain-lain, dengan konsentrasi 3-25% (berat). Sabun logam yang terbentuk dari asam stearat secara luas digunakan sebagai hardening agent pada minyak fosil, mould releasing pada plastik dan turunan polimer pada proses ekstrusi.

Ada dua metoda pembuatan sabun dari minyak alami (nabati dan hewani), yaitu metoda saponifikasi dan netralisasi. Pada proses saponifikasi, minyak dipanaskan dan diaduk kemudian alkali ditambahkan secara perlahan-lahan. Setelah seluruh alkali tercampur, pemanasan dilanjutkan untuk periode tertentu hingga proses saponifikasi berlangsung sempurna. Proses saponifikasi dikatakan sempurna jika sejumlah contoh yang ditambahkan dengan alkohol dengan indikator phenolphthalein menunjukkan warna pink. Selanjutnya dilakukan pemisahan sabun dengan menggunakan natrium klorida dan produk sabun yang diperoleh dikeringkan. Reaksi saponifikasi adalah sebagai berikut :



Sedangkan pada proses netralisasi, bahan baku yang digunakan berupa campuran asam lemak dan ditempatkan pada alat amalgamator yang dilengkapi dengan jaket pemanas air. Separuh dari total alkali yang digunakan ditambahkan ke dalam campuran asam lemak tersebut secara perlahan-lahan, separuh alkali lainnya ditambahkan dengan natrium EDTA dan natrium klorida. Natrium klorida berfungsi untuk mengurangi viskositas sabun, sedangkan natrium EDTA berfungsi sebagai antioksidan. Adapun reaksi netralisasi adalah sebagai berikut :



9.2.5 Pemanfaatan Minyak Sawit sebagai Bahan Baku Grease

Pemanfaatan minyak sawit dalam pembuatan grease adalah sebagai bahan pengganti pada komponen base oil dan bahan pengental. Jenis minyak sawit yang digunakan adalah *crude palm oil* (CPO) dan *palm fatty acid distillate* (PFAD). PFAD merupakan hasil samping dari proses pemurnian minyak sawit mentah. Sampai saat ini pemanfaatan PFAD masih sangat terbatas, yaitu hanya digunakan sebagai bahan baku pembuatan sabun berkualitas rendah. Karakteristik dari PFAD dipengaruhi oleh tiga parameter dasar yaitu titik didih dari asam lemak, panas spesifik dari asam lemak dan panas laten penguapan asam lemak.

Keunggulan minyak sawit sebagai bahan pelumas antara lain adalah :

- Memiliki daya tahan yang tinggi terhadap oksidasi karena mengandung bahan antioksidan alami yang dikenal sebagai tocopherol atau vitamin E.
- Lapisan film yang dibentuknya sangat alot (sulit diputus) sehingga sanggup mencegah gesekan langsung antara logam dengan logam.
- Lembaran-lembaran baja yang telah digiling dapat dengan mudah dibersihkan karena asam lemak bebas minyak kelapa sawit mudah disabunkan dengan penambahan bahan

alkali.

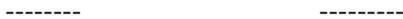
- Secara kimiawi bersifat biodegradable, yaitu residu yang dihasilkan dapat diuraikan oleh mikroorganisme pengurai sehingga tidak menjadi polutan terhadap lingkungan.
- Secara medis tidak mengganggu kesehatan manusia sebagai konsumen akhir.
- Dapat tersedia dalam jumlah mencukupi sesuai dengan tingkat kebutuhan. CPO tersedia dalam jumlah yang melimpah di Indonesia. Jumlah CPO ini akan semakin meningkat mengingat semakin banyaknya perkebunan kelapa sawit serta industri CPO yang terus berkembang.
- Harga minyak sawit yang relatif rendah dan dalam batas ambang daya beli masyarakat secara umum.

BAB X POLIMER DAN CAT

10.1 Polimer

Polimer (makromolekul) adalah kumpulan molekul-molekul (monomer) yang berikatan secara kovalen yang sangat panjang yang dapat dihasilkan dari sumber alami atau sintetik. Reaksi pembentukan polimer ini dikenal dengan istilah polimerisasi. Ditinjau dari jenis monomernya, senyawa polimer dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

1. Homopolimer, yaitu polimer hasil reaksi monomer-monomer yang sejenis. Struktur homopolimer adalah :

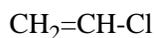
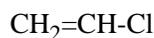


2. Kopolimer, yaitu polimer hasil reaksi monomer-monomer yang lebih dari sejenis. Struktur kopolimer adalah :



Reaksi yang terjadi dalam polimerisasi ada 2 macam, yaitu :

1. Polimerisasi adisi, yaitu bergabungnya monomer-monomer yang memiliki ikatan rangkap (ikatan tak jenuh). Ikatan rangkap akan menjadi jenuh saat monomer-monomer tersebut berikatan satu sama lain. Pada polimerisasi adisi, tidak ada molekul yang hilang. Contoh reaksi polimerisasi adisi adalah pembentukan polivinil klorida (PVC) dari monomer-monomer vinilklorida.



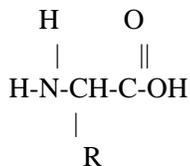
Vinilklorida

Vinilklorida

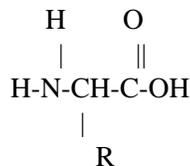


Polivinilklorida

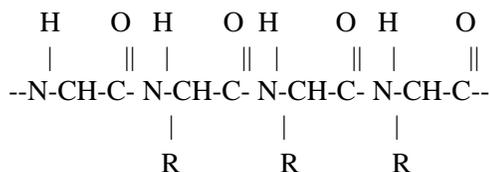
2. Polimerisasi kondensasi, yaitu bergabungnya monomer-monomer yang memiliki gugus fungsional. Pada saat monomer-monomer berikatan satu sama lain, ada molekul yang hilang, misalnya pelepasan molekul air. Contoh reaksi polimerisasi kondensasi adalah pembentukan protein dari monomer-monomer asam-asam amino.



asam amino



asam amino



protein

Secara umum sumber utama pembuatan polimer adalah dari petrokimia atau gas alam. Polimer-polimer yang dihasilkan dari petrokimia/gas alam sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti polypropilen, polietilen, polistiren, polivinil klorida dan lain-lain. Tetapi produk-produk ini mempunyai beberapa kelemahan, terutama masalah lingkungan karena tidak dapat mengalami

biodegradasi. Selain itu, masalah yang lain adalah harga bahan baku dari petrokimia yang semakin tinggi dan bahan baku yang makin langka (tidak dapat diperbaharui).

Permasalahan ini akan dapat diatasi dengan berbagai cara, mulai dari mengganti bahan baku, mengganti/memperbaharui proses dan inovasi produk. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan mengganti bahan baku dari bahan alam yang dapat diperbaharui yaitu dari tumbuhan dan hewan. Beberapa contoh dari sumber ini adalah polisakarida (starch dan selulosa) dan lemak/minyak. Sumber bahan baku ini mempunyai beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan sumber dari petrokimia, antara lain lebih ramah lingkungan, lebih murah dan bahan bakunya dapat diperbaharui (renewable sources).

Penggunaan minyak/lemak dari tumbuhan untuk pembuatan polimer dapat dilihat seperti pada tabel berikut.

Tabel 10.1 Penggunaan Oleokimia untuk Polimer

	Produk / penggunaan	Sumber
Polimers materials - polymerized soybean oil, castor oil - polymerized linseed oil	Drying oil Linoleum	Soybean oil, castor oil Linseed oil
Polimers additives - epoxides - soap (Ba/Cd, Ca/Zn) - fatty acid ester, amides, waxes	Stabilizer, plasticizer Stabilizer Lubricant	Soybean oil Stearic acid Rapeseed oil
Building block for polymer - dicarboxylic acids - ether/ester polyols	Polyamides, polyesters, alkyd resin Polyurethanes	Tall oil, soybean oil, castor oil, linseed oil, sunflower, oleic acid

Gambar 10.1 Skema Pembuatan Polimer dari Minyak Nabati

10.2 Cat

Industri cat yang berasal dari petroleum banyak menghasilkan asap karbon organik yang tinggi dan mudah menyebar ke alam sekitar sehingga dapat menimbulkan polusi udara. Selain itu, bahan baku yakni petroleum sangat terbatas jumlahnya dan tidak dapat di perbaharui kembali

Di negara maju seperti Amerika Serikat dan Eropa, masing masing sudah lama menggunakan cat yang berasal dari bahan bahan yang ramah lingkungan, seperti minyak kacang kedelai dan minyak biji rami sebagai alternatif dari penggunaan petroleum dalam industri cat, Di Amerika Serikat dan Eropa industri cat dari kedua sumber itu terus ditingkatkan untuk mengurangi polusi udara

Flaxseed oil adalah minyak dari biji tanaman (*linium utitassimum*) atau juga dikenal sebagai tanaman rami, yang seratnya bisa digunakan sebagai bahan dasar kain linen. Minyak rami banyak digunakan dalam dunia industri. Salah satu penggunaan minyak rami adalah sebagai pembuatan cat.

10.2.1 Minyak Biji Rami

Minyak biji rami merupakan jenis minyak nabati mengering yang berwarna kuning yang diambil dari biji kering tanaman rami (*linum utassimum*). Minyak biji rami disebut juga linessed oil, flaxseed oil, groco dan L-310.

Sifat sifat dari biji rami, antara lain:

§	Titik lebur	: -19 °C
§	Titik didih	: 343 °C
§	Densitas	: 0,93 gr/cm ³
§	Titik nyala	: 222 °C
§	Warna	: kuning
§	Bau	: Seperti bau cat

Biji rami kaya dengan asam-asam lemak esensial terutama lemak omega3/alpha-linolenic (seperti asam lemak pada ikan) dan asam lemak omega-6 linolenic (seperti lemak pada minyak nabati). Meski potensial omega-3 nya tidak sekuat minyak ikan, minyak rami lebih enak bau dan rasanya, lebih murah dan lebih aman dibandingkan dengan minyak ikan

Minyak biji rami termasuk minyak mengering (drying oil), artinya minyak yang mempunyai sifat dapat mengering jika teroksidasi dan akan berubah lapisan tebal, bersifat kental

dan akan membentuk sejenis selaput jika dibiarkan di udara terbuka

Minyak biji rami diperoleh melalui ekstraksi biji rami yang sudah kering dengan menggunakan pelarut. Pemanasan dari minyak ini akan menyebabkan minyak terpolimerisasi dan lebih cepat teroksidasi. Dipasaran minyak biji rami dapat diperoleh sebagai campuran minyak biji rami mentah, pelarut petroleum dan pengering logam.

Kandungan nutrisi pada biji minyak rami :

- Karbohidrat : 900 cal
- Lemak : 100 gr
- Protein : 0 gr

Kegunaan dari minyak biji rami antara lain :

- Bahan makanan ternak
- Resin sintetik
- Industri cat
- Pemeliharaan kayu
- Industri tekstil
- Pembuatan bahan semir

10.2.2 Pembuatan Cat

Cat adalah campuran dari zat pewarna yang tersuspensi dalam suatu larutan seperti minyak dan digunakan untuk menutupi permukaan berbagai macam benda. Bahan baku utama untuk membuat cat adalah perekat, pelarut dan zat pewarna. Ada berbagai macam perekat yang digunakan seperti alkyds, phenol, eposin dan resin amino. Pelarut yang biasanya digunakan dapat berupa alkohol, eter dan keton.

Industri cat dan industri pelapisan permukaan menggunakan kedelai dan minyak rami dalam jumlah spesifik. Untuk menambahkan kegunaannya, industri membutuhkan bahan baku yang jumlahnya cukup dengan konsistensi mutu dan juga dapat bersaing dengan harga. Untuk cat, vernis, tinta, minyak yang dibutuhkan adalah minyak yang memiliki tingkat ketidakjenuhan yang membantu proses pengeringan, tetapi tidak semua ketidakjenuhan minyak tidak stabil mudah dioksidasi. Minyak ideal memiliki asam linoleat yang tinggi dan asam lemak jenuh yang rendah. Beberapa minyak dapat diperoleh dari bunga dan biji rami yang memiliki linoleat yang tinggi. Syarat minyak yang dibutuhkan dalam pembuatan cat adalah komposisi yang konsisten, pewarna yang baik, kadar ketidakjenuhan yang tinggi, tersedia dalam jumlah yang banyak,

kandungan tokoferol yang rendah dan tidak ada harga premium yang signifikan.

Proses pembuatan cat dapat dilakukan dengan alat-alat tradisional, yaitu pencampuran zat warna ke dalam bahan pengikat pada papan besi, membersihkan hasil perekat dalam satu putaran ke dalam kontainer. Melalui metoda ini, pigmen yang akan ditambahkan akan menyeimbangkan antara minyak dan kebutuhan mesin. Untuk semua cat yang diproduksi sangat diperlukam pengamatan yang cukup ketat selama proses produksi agar cat yang diproduksi lebih baik mutunya dan lebih tahan lama.

Sebagai bahan pengikat dari cat, digunakan minyak biji rami dan kapur. Sebagai bahan pencuci digunakan kapur yang berkalsium tinggi. Langkah pertama dalam pembuatan cat adalah pewarna yang paling sesuai untuk menghasilkan warna yang lebih spesifik dan teksturnya sesuai dengan diinginkan. Setiap zat pewarna merefleksikan cahaya dengan cara yang berbeda. Bentuk dan ukuran partikel serta rasio volumenya diproduksi dengan efek dan penampilan yang berbeda.

Untuk menyesuaikan zat pewarnanya, pertama-tama harus dikumpulkan data tentang zat pewarna yang ada dan warna yang diinginkan dengan melihat zat warna dasar, ukuran partikel, bentuk dan volume yang sesuai dengan proporsi dari semuanya. Kemudian dapat mencobanya terlebih dahulu dalam skala laboratorium, sehingga akan didapat zat pewarna yang lebih baik.

Langkah kedua ialah pemilihan senyawa pengikat. Untuk cat yang digunakan sebagai interior dapat menggunakan minyak biji kenari tetapi lebih sering dan yang paling baik digunakan adalah minyak biji rami. Untuk kapur pencucinya kita dapat menggunakan lemak untuk menambah katahanan air pada ruangan terbuka dan kasein laktik untuk meningkatkan elastisitas dan permeabilitas untuk penggunaan cat dalam ruangan.

Kemudian minyak biji rami dicampurkan dengan zat pewarna dan harus diperhatikan dengan benar saat pencampuran agar minyak dan zat pewarna dapat bercampur dengan baik. Kemudian memilih terpentin yang terbaik dan dicampurkan dengan minyak dan ditentukan rasio masing-masing sehingga dalam penggunaannya keduanya dapat membentuk kombinasi kohesif, yang akan menyerang substrat dan meningkatkan elastisitas dari cat yang diproduksi.

Perekat dan thinner dicampur dan diaduk dengan pengadukan yang berlangsung dengan lambat untuk mencegah minyak menjadi panas dan mencegah aerasi dari minyak. Cat yang dihasilkan akan dites terlebih dahulu sehingga kemudian siap untuk diwadahkan dan dipasarkan.

Ada juga pabrik cat yang menggunakan bahan dasar dari minyak hewani yang dicampur dengan minyak nabati yakni minyak biji rami. Untuk memperoleh minyak ikan dilakukan dengan cara pengilangan. Pengilangan minyak ikan membutuhkan netralisasi minyak dengan soda kostik.

Proses ini menggunakan air, soda kostik dan natrium klorida.

Tiga produk yang dihasilkan dari netralisasi adalah;

1. Minyak ikan yang hanya sebagian dikilang
2. Persediaan sabun dengan asam lemak yang dinetralisasi
3. Air

Minyak ikan yang sudah dinetralisasi dicampur dengan lempung penyerap untuk menghilangkan khrom berpori (chromaphores) dan lilin yang tidak diinginkan dalam minyak yang hanya sebagian dikilang. Campuran ini ditekan (dipres) melalui sebuah filter dan siap untuk dipakai dalam produksi alkyd. Dalam proses pembuatan harza alkyd, minyak ikan atau minyak kedelai direaksikan bersama (co-reacted) dengan alkohol polihidrik untuk mengeluarkan air yang masih tersisa. Setelah “pemasakan” alkyd yang sudah jadi, dialihkan ke sebuah tangki yang bentuknya mengecil kebawah, dimana alkyd dicampur dengan pelarut aliphatic. Limbah pelarut didestilasi untuk menangkap kembali pelarutnya. Hasil penangkapan kembali dari penyulingan adalah 75 %. Semua sisa penyulingan (still bottom) didaur ulang menjadi cat dasar tahan korosi. Ada dua jenis cat yang umum diproduksi oleh pabrik-pabrik cat, yakni cat alkyd dan cat lateks

Proses produksi cat alkyd terdiri dari tiga tahap. Tahap pertama adalah penyebaran pendahuluan (pre-dispersion), yang dilakukan dalam sebuah tangki terbuka. Alkyd, pelarut, pigmen extender dicampur menjadi pasta yang sangat kental, yang digiling dengan menggunakan agitator yang berkecepatan tinggi yang dikenal sebagai penyebar (disperser) COWLES. Pasta yang dihasilkannya ditampung dalam tangki terbuka untuk pencampuran terakhir. Tambahan alkyd, bahan pewarna dan pengering ditambahkan kedalam tangki pencampur yang terbuka, yaitu tangki yang menyimpan cat, sebelum dikemas untuk konsumen

Pencampuran, penggabungan dan pembuatan cat alkyd yang berbasis pelarut berlangsung pada tangki–tangki yang terbuka. Tangki–tangki ini harus ditutup untuk mengurangi emisi penguapan. Penutupan tangki-tangki juga akan mencegah hilangnya produk sebagai akibat dari terbentuknya lapisan cat kering pada permukaan. Pencucian dengan pembersihan kostik yang terlalu sering harus dikurangi. Bejana reaktor tidak perlu dicuci pada waktu perpindahan dari proses minyak kedelai keproses minyak ikan. Pencucian dapat juga dikurangi dengan memanfaatkan pemakaian reaktor untuk sejenis minyak khusus. Perlu ditambahkan bahwa larutan kostik dapat dipergunakan kembali sampai menjadi tidak efektif lagi untuk pencucian, sehingga jumlah bahan kostik yang terbuang makin sedikit

Untuk memproduksi cat lateks dapat dilakukan dengan cara berikut : air, dipersan (penyebar), amine (stabilisator), extender dan pigmen digabung membentuk pasta giling. Tergantung pada banyaknya adukan cat tersebut, penyebaran pendahuluan (pre-dispersion) dan penyebaran (dispersion) dapat digabung menjadi satu operasi; ramuan tambahan, ditambahkan baik ke dalam tangki yang pertama ataupun dicampur dengan pasta giling yang telah ditransfer ke dalam tangki yang menurun. Hasil akhirnya, ditampung dalam tangki yang terbuka, sebelum dikemas bagi konsumen.

Ada dua pilihan untuk mengurangi jumlah air limbah yang dihasilkan selama produksi cat lateks

1. Pemakaian alat semprot (spray nozzle) dan re-sirkulasi air

Air limbah yang dihasilkan pada proses pencucian dalam tangki lateks, dapat dihemat dengan menggunakan semprotan bertekanan tinggi dan melakukan re-sirkulasi limbah air.

Pemasangan sebuah tangki re-sirkulasi, direkomendasikan untuk dilakukan pada waktu perluasan sarana perluasan lateks sedang berlangsung. Perkiraan penghematan awal air pencucian adalah 80% dan penghematan selanjutnya dapat terus berlangsung dengan re-sirkulasi.

2. Implementasi penahanan air limbah lateks di pabrik

Suatu sistim air tertutup untuk daur ulang semua air limbah lateks dapat diimplementasikan. Sistim ini dapat dicapai dengan membangun bak beton tiga tahap atau kolam pengendapan air limbah dari produksi lateks di pabrik. Residu cat lateks dapat dipergunakan untuk produksi cat berikutnya.

BAB XI

PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI OLEOKIMIA

Perkembangan industri oleokimia dewasa ini salah satunya ditandai dengan terjadinya perubahan-perubahan yang sangat cepat. Implikasi dari kecenderungan ini adalah di satu pihak masyarakat sebagai konsumen mempunyai tuntutan yang semakin tinggi dan di lain pihak perusahaan industri oleokimia sebagai produsen didorong untuk secara terus-menerus mengikuti arah kebutuhan masyarakat dengan memanfaatkan peluang yang tersedia.

Tidak dapat dipungkiri lagi bahwa untuk menjamin kelangsungan hidup perusahaan (pabrik) diperlukan kemampuan beradaptasi terhadap lingkungan usaha yang tinggi. Untuk dapat beradaptasi secara tepat dan cepat, perusahaan harus mampu melakukan penyesuaian-penyesuaian strategi usahanya. Dalam lingkungan usaha yang sangat cepat berubah, perusahaan tidak dapat hanya melakukan reaksi tetapi lebih dari itu perusahaan harus dapat mengantisipasi kecenderungan yang akan terjadi di masa depan. Dalam merumuskan strategi usahanya, perusahaan perlu mempertimbangkan bukan saja aspek internal perusahaan yang menunjukkan kemampuan dan kelebihan yang dimilikinya (strength) serta kelemahannya (weakness), tetapi juga aspek eksternal yang memperlihatkan peluang (opportunities) yang dapat dimanfaatkan dan ancaman dari perusahaan pesaing (threats) yang mungkin timbul.

Perubahan yang terjadi pada lingkungan eksternal akan menimbulkan perubahan pada karakteristik usaha seperti persaingan dan perilaku konsumen. Pada gilirannya, perubahan-perubahan tersebut dapat menciptakan peluang usaha yang dapat digunakan oleh perusahaan untuk lebih memperkuat keunggulannya. Namun sebaliknya keunggulan-keunggulan tersebut juga dapat menjadi hambatan dan ancaman bagi kelangsungan hidup perusahaan jika tidak ditanggulangi secara tepat dan cepat.

Penelitian dan pengembangan (research & development) merupakan salah satu kunci keberhasilan perusahaan. Banyak contoh yang menunjukkan bahwa penelitian dan pengembangan merupakan faktor yang paling penting yang dapat menganalisa penyebab kegagalan sehingga dihasilkan suatu produk yang lebih baik. Selain itu, penelitian dan pengembangan dapat mengembangkan suatu proses sehingga suatu proses yang tidak mudah/efisien dapat menjadi lebih mudah/efisien. Jadi penelitian dan pengembangan merupakan “kunci emas” suatu perusahaan untuk dapat bertahan dan berkembang sehingga perusahaan dapat masuk ke dalam suatu usaha yang tepat pada saat yang tepat.

Fokus penelitian dan pengembangan tidak hanya dalam pengembangan produk yang keseluruhannya baru tetapi juga dalam hal penggantian pemakaian komponen-komponen kimia yang berbahaya serta pengembangan proses yang hemat energi dan ramah lingkungan. Produk berkualitas tinggi dengan kinerja baik dapat membuka peluang pasar baru pada produk tersebut.

Pada tahun belakangan ini, pemerintah dan industri memberikan perhatian ekstra untuk mengurangi

efek-efek berbahaya terhadap lingkungan dari berbagai jenis pelarut dan dari bahan-bahan pembantu dalam berbagai industri. Oleh karena itu dalam usaha menciptakan lingkungan yang bersih, dapat diduga peraturan di masa mendatang akan mencantumkan persyaratan yang makin ketat terhadap bahan-bahan dan produk yang harus dipatuhi.

Disamping perhatian yang tertuju untuk mendapatkan produk yang dapat terdegradasi secara alami, perhatian penting juga tertuju pada usaha menghasilkan produk dan bahan baku yang dapat didaur ulang. Daur ulang bahan yang memungkinkan umur pakai bahan lebih lama merupakan proses yang sangat cocok dengan konteks berkesinambungan yang berwawasan lingkungan. Untuk skala yang lebih luas, dengan konsep daur ulang akan memudahkan penanganan masalah-masalah yang berhubungan dengan limbah di mana pada hakekatnya merupakan tanggung jawab produsen untuk mengawasinya selama periode siklus hidup bahan tersebut.

Sebagai negara yang berlimpah '*agro raw-material*', sebuah pendekatan yang bersifat multidisiplin sudah saatnya untuk dikaji secara serius dalam usaha menciptakan sebuah terobosan dalam membangun industri kimia berbasis agro di Indonesia. Peran Teknik Kimia dalam Pengembangan Proses Kimia (Chemical Process Development) merupakan landasan penting (*essential*) dalam usaha menciptakan industri kimia agro di Indonesia. Kebersamaan dalam mengaitkan pengetahuan dan pengalaman dalam pengembangan proses kimia memungkinkan diciptakannya suatu proses yang dapat dijalankan dengan lebih efisien dan dengan investasi yang relatif lebih murah.

Selama bertahun-tahun, di negara maju ilmu pengetahuan tentang teknik kimia telah dipadukan dengan berbagai disiplin ilmu untuk menghasilkan berbagai produk kimia dari bahan agro. Secara umum bahan baku agro yang dikaji dibagi menjadi 4 kategori utama ; karbohidrat, *agrofiber*, protein dan minyak. Dengan posisi produk *agro raw-material* yang unik untuk dipasarkan, dengan pengembangan proses kimia (chemical process development) sangat memungkinkan untuk membangun metoda dan proses baru sebagai landasan merancang industri kimia yang layak secara ekonomi dan teknik..

11.1 Pengembangan Proses Kimia (Chemical Process Development)

Pengembangan Proses Kimia (Chemical Process Development) adalah suatu aktivitas untuk mendapatkan data dan pengalaman dari perangkat dalam skala laboratorium dan *prototype*, yang dibutuhkan dalam merancang, membangun dan mengoperasikan pabrik-pabrik kimia. Pengalaman dan data yang diperlukan bukan hanya agar mampu memproduksi bahan-bahan kimia, tetapi terlebih penting adalah agar produk yang dihasilkan layak dijual dengan mendapatkan keuntungan.

Bagi industri kimia yang telah ada maupun yang akan dibangun, kegiatan dalam pengembangan proses kimia merupakan kebutuhan yang penting (*essential*) agar keberlangsungan dapat dipertahankan dan

pertumbuhan berkelanjutan dapat diciptakan.

Kegiatan dalam bidang pengembangan proses kimia diharapkan dapat menjawab beberapa pertanyaan berikut :

1. Dalam suatu organisasi dengan sumber daya : pengalaman, tenaga kerja, dan dana yang tersedia, masalah apakah yang baik untuk dikaji, dikerjakan ?
2. Jika masalah tersebut perlu dan berguna untuk diselesaikan, jalan terbaik apakah yang perlu ditempuh untuk menyelesaikannya ?
3. Jika masalah telah terpecahkan pada skala kecil, bagaimana jalan terbaik untuk menerapkan jawaban-jawaban yang telah diperoleh tersebut pada perancangan, konstruksi dan operasi unit pengolahan skala besar (pabrik kimia) ?

Kegiatan produksi untuk menghasilkan komponen murni dari berbagai sumber bahan baku merupakan bagian terbesar dari industri kimia. Untuk sintesis bahan kimia murni pada skala besar, penelitian dan pengembangan untuk mencari metode-metode baru yang dapat menciptakan cara produksi yang lebih murah tidak pernah berakhir. Karena produksi dalam skala besar, pengurangan biaya produksi yang sangat kecil sekalipun, keuntungan yang diberikan akan sangat berarti. Secara umum pengembangan proses kimia selalu mengikuti salah satu atau kombinasi ketiga kegiatan berikut :

A. Pengembangan proses atau produk baru dari bahan baku yang murah

Dalam pabrik kimia modern operasi sistem produksi biasanya telah berlangsung secara kontinyu dengan pengendalian secara otomatis. Hal yang mendasar dalam menentukan biaya produksi adalah harga bahan baku. Hampir 60-85% harga produk dipengaruhi oleh harga bahan baku. Jika suatu proses telah tersedia, bahan baku yang murah selalu dicari untuk dikombinasikan dengan bahan yang umum dipakai pada perbandingan tertentu, sehingga produk yang dihasilkan relatif lebih murah. Oleh karena itu salah satu bidang penelitian di industri kimia saat ini adalah mencari kondisi proses (suhu, tekanan, katalis) yang optimum dan memanfaatkan bahan baku yang murah untuk menghasilkan produk dengan biaya produksi yang minimum.

B. Pengembangan proses baru untuk produk lama

Pengembangan proses baru untuk mensintesa bahan kimia dengan cara baru dalam skala produksi yang besar merupakan aktivitas lain yang penting. Proses baru dapat mengurangi biaya bahan baku, menghindari kesulitan-kesulitan/masalah-masalah yang terjadi dalam tahapan proses tertentu, mengurangi biaya operasi dan biaya investasi.

C. Pengembangan proses baru untuk produk baru

Sintesa dan pengembangan proses untuk mendapatkan produk baru dengan cara baru merupakan kegiatan pengembangan yang selalu berlangsung dalam mendukung keberlangsungan suatu sistem produksi komersial.

Untuk mengembangkan proses yang efisien visi pengembangan proses melalui pendekatan yang lebih sistematis sangat penting. Dengan visi yang sistematis biaya yang diperlukan untuk mengembangkan proses yang lebih berkualitas akan jauh lebih sedikit serta kemungkinan untuk penerapannya akan lebih besar.

Langkah-langkah pengembangan proses yang dilakukan dengan visi yang sistematis (terstruktur) dan pengembangan proses yang dilakukan secara tidak terstruktur (acak) dapat dilihat dalam skema berikut.

Gambar XI.1 Perbandingan antara pengembangan proses dengan visi yang jelas dan pengembangan proses tidak terstruktur (acak)

Validasi Model
Peralatan
Proses

Alih Teknologi

Secara garis besar gambar di atas menjelaskan langkah-langkah penting dalam pengembangan proses :

1. Sintesa dan Visi Pengembangan Proses

Sintesa proses merupakan kunci tahap pertama untuk membantu visi pengembangan proses.

Dengan pengembangan proses yang sistematis dapat diperoleh banyak keuntungan, diantaranya :

- a. Mempermudah pengembangan model sistem proses
- b. Memperbaiki efektivitas proses
- c. Membuat proses lebih handal dan mudah untuk di- '*scale up*'

Pengembangan proses yang biasa dilakukan dimulai dari penetapan alur proses dan diikuti usaha mendapatkan berbagai parameter dan variabel proses dari alur proses tersebut dalam skala laboratorium. Saat ini, dengan bantuan perangkat komputasi, berbagai masalah dalam bidang pemilihan reaksi kimia dan alur proses yang optimum dapat diselesaikan dengan cepat. Dengan demikian para ahli dari berbagai disiplin ilmu dapat langsung terlibat sejak awal pengembangan proses dengan turut menentukan berbagai sasaran yang harus dicapai, seperti pembiayaan, *manufacturability*, beban limbah dan emisi, waktu yang dibutuhkan untuk pengembangan, sumber daya yang diperlukan, dan berbagai masalah teknis lainnya. Masukan dari segi produksi (*manufacturing*) dan segi komersial merupakan bahan yang penting untuk penentuan alur proses yang optimum.

2. Mengidentifikasi Proses Optimum

Alternatif alur proses sintesa harus dievaluasi dengan mempertimbangkan harga daur ulang produk

antara/limbah, integrasi operasi dan lain-lain. Model alternatif proses digunakan untuk menentukan alur proses yang paling optimum.

3. Model Proses Secara Keseluruhan

Model proses dapat bervariasi dengan hanya berlandaskan neraca massa dan energi unit-unit operasi atau sampai model dinamik proses. Model proses harus menunjukkan data-data apa saja yang diperlukan untuk identifikasi proses yang lebih baik.

4. Identifikasi Data yang Dibutuhkan

Pengumpulan data-data sebaiknya berhubungan langsung dengan model proses yang dikembangkan agar eksperimen-eksperimen yang tidak diperlukan dapat dihindari.

5. Pengumpulan Data Eksperimen untuk Memperbaiki Model Proses

Cara terbaik untuk mengumpulkan data adalah merancang eksperimen yang sesuai dalam skala laboratorium dan pilot plant'. Data-data yang terkumpul dari percobaan awal kemudian dapat digunakan untuk memperbaiki model yang sebelumnya dikembangkan.

6. Validasi Model Proses

Menguji validasi model proses menggunakan analisis sensitivitas yang dilanjutkan dengan 'scale-up' peralatan proses.

7. Aplikasi Proses Dalam Manufacturing Plant

Penelitian dan pengembangan produk baru merupakan kunci keberhasilan perusahaan. Berkaitan dengan gagasan pengembangan produk perlu dipertimbangkan posisi produk perusahaan saat ini. Pertimbangan tersebut meliputi :

1. Produk harus melayani kebutuhan saat ini yang belum terlayani.

Situasi ini dapat terjadi karena :

- a. Tidak ada seorangpun yang mengetahui bagaimana membuat produk yang dapat memenuhi kebutuhan
- b. Kebutuhan tidak dapat dikenali dan dikembangkan
- c. Kebutuhan belum ada

2. Produk harus melayani pasar yang sudah ada, tapi dalam kondisi permintaan yang melampaui penawaran. Perlu diwaspadai, bahwa dalam kondisi ini produsen yang sudah ada tentu akan meningkatkan produknya (kecuali bila terdapat hambatan tertentu, seperti kapasitas, bahan baku dan lain-lain). Karena itu, keputusan terhadap gagasan produk ini harus dilakukan secara hati-hati.

3. Produk dapat sukses bersaing dengan produk sejenis di pasar karena posisinya yang menguntungkan dalam hal :

- a. Pengembangan desain, dimana terdapat inovasi desain yang menghasilkan gambaran

khusus, performansi bertambah, penampilan lebih baik dan lain-lain yang menghasilkan keuntungan kompetitif.

b. Biaya yang murah, sehingga kompetitif

Sumber penurunan biaya dapat berasal dari biaya material, tenaga kerja, transportasi, pajak, kapital ataupun karena inovasi proses. Penurunan ini juga kadangkala terjadi karena campur tangan pemerintah, misalnya dalam hal produk impor.

11.2 Pengembangan Proses Agro Industri Kimia

Pengolahan hasil pertanian yang secara umum dipahami pada teknik pertanian dan telah banyak dipraktekkan oleh masyarakat saat ini adalah :

- § Pencucian, pemilahan bahan baku
- § Pengeringan dan dehidrasi
- § Penyimpanan
- § Penggilingan
- § Penanganan untuk tujuan pengemasan
- § Pemanfaatan limbah pertanian secara langsung

Tujuan pengolahan-pengolahan tersebut terbatas untuk meminimalisasi kerusakan bahan sesudah panen baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Proses yang melibatkan reaksi kimia yang membawa perubahan mendasar pada sifat awal bahan belum banyak dilakukan.

Untuk proses-proses yang melibatkan reaksi kimia diperlukan informasi berkaitan dengan sifat-sifat dan komposisi bahan dan pengetahuan teknik kimia untuk mengembangkan proses-proses yang sesuai dalam mensintesa produk tertentu. Beberapa produk yang dapat dihasilkan dari 'agro raw-materials' yang saat ini menjadi obyek pengembangan proses oleh berbagai pihak adalah:

- biopolymers
- soap & detergents
- glues and paints
- coatings controlled release
- composite materials
- pulp and paper
- fermentation technology
- membranes
- lubricants
- bahan bakar (biodiesel, bioetanol, biogas)

Dari hal-hal yang telah diuraikan sebelumnya, untuk pengolahan 'agro raw-material' diperlukan serangkaian tahapan awal di dalam pengembangan proses dan sistem pemroses yang dapat dikelompokkan dalam tiga tahapan utama, yaitu :

- (1) Pendefinisian produk yang akan dihasilkan oleh proses/ sistem pemroses
 - jumlah dan kualitas (spesifikasi) produk yang ingin dihasilkan
 - jumlah produk yang diperoleh per satuan berat bahan agro
 - besar hasil samping yang tidak dikehendaki
- (2) Pencarian dan/atau pemilihan alur-alur perubahan fisik dan kimiawi yang akan dijadikan landasan di dalam merumuskan prosesnya, termasuk di sini pemilihan bahan baku atau bahan asal.
- (3) Penyusunan alur proses

Penggunaan agro raw-material sebagai bahan baku untuk sesuatu pengolahan mempunyai ciri permasalahan yang agak khusus, yang perlu dicermati dalam pengembangan proses.

Hal pertama, yang kiranya sangat jelas, adalah bahwa bahan yang ingin dimanfaatkan dapat berupa limbah atau paling tidak saat dipilih untuk diolah nilainya sangat rendah. Tetapi apabila dengan pemanfaatan tersebut dihasilkan hasil (produk) yang cukup berharga, maka kedudukannya sebagai limbah sebenarnya telah berakhir. Limbah itu telah menjadi sumber daya yang mempunyai nilai ekonomis. Perlu menjadi perhatian dalam mendirikan proses untuk memanfaatkan bahan agro agar tidak semata-mata bertitik tolak pada pengabaian nilai ekonomis bahan yang akan dimanfaatkan. Hal kedua yang menjadi ciri dari agro raw-material adalah bahwa pada umumnya bahan tersebut dihasilkan secara tersebar, dan pada tiap lokasi penghasilnya jumlah yang terakumulasi tidak cukup banyak untuk menjamin kelangsungan sesuatu proses.

Hal ketiga yang perlu mendapat perhatian adalah kontinuitas dihasilkannya bahan agro raw material tersebut. Ketiga hal di atas akan sangat mempengaruhi sistem pemroses yang hendak diciptakan.

Contoh praktis pengembangan proses industri oleokimia

1. Pembuatan asam lemak secara langsung dari buah/biji tanaman, tanpa terlebih dahulu melalui minyak mentahnya. Hal ini karena asam lemak merupakan salah satu dasar oleokimia. Tanaman yang mengandung enzim lipase dapat diperlakukan dengan cara ini, seperti kelapa sawit, kelapa, jarak, kedelai dan lain-lain.
2. Optimasi kondisi operasi terhadap produk-produk oleokimia, seperti pengadukan, waktu tinggal, pemakaian katalis, desain alat, suhu, tekanan dan lain-lain. Hal ini dilakukan untuk dapat menekan harga serendah mungkin.
3. Pengembangan produk baru oleokimia, seperti lilin, semir sepatu, kosmetik, farmasi dan lain-lain.

11.3 Analisis Kelayakan Pabrik

Sifat suatu investasi biasanya :

1. Melibatkan suatu modal yang besar, yang berarti harus menanggung biaya modal (bunga) yang besar pula, termasuk biaya kesempatan, yakni modal tersebut tidak bisa digunakan untuk kepentingan (membiayai investasi) lain, apabila modal tersebut sudah diputuskan untuk membiayai suatu investasi.
2. Meliputi jangka waktu lama, dimana makin lama jangka waktu investasi, berarti ketidakpastian dan resiko yang melingkupi suatu investasi makin besar pula.
3. Keterbatasan sumber daya, yang berarti alokasi sumber daya untuk suatu investasi akan menghilangkan suatu kesempatan untuk melakukan investasi lain.
4. Adanya berbagai kesempatan/alternatif investasi. Kegiatan-kegiatan yang berbeda atau kegiatan-kegiatan yang sama di lingkungan berbeda, dapat menghasilkan output/produk yang berbeda.

Dari sifat-sifat yang diberikan di atas, memberikan gambaran bahwa analisis kelayakan pabrik merupakan usaha untuk menjamin agar pengeluaran modal, yang ketersediaannya bersifat terbatas, betul-betul mencapai tujuan seperti yang diharapkan, baik dari segi manfaat ekonomi maupun dari segi sosial.

Secara garis besar, analisis kelayakan pabrik bertujuan untuk :

1. Mengetahui tingkat keuntungan (profitabilitas) yang dihasilkan oleh investasi.
2. Mengadakan penilaian terhadap alternatif investasi
3. Menentukan prioritas investasi, sehingga dapat dihindari investasi yang hanya memboroskan sumber daya

Analisis kelayakan pabrik meliputi :

1. Analisis aspek marketing

Dalam analisis marketing yang dilaksanakan dengan penelitian pasar diusahakan:

- a. Identifikasi produk yang dibutuhkan konsumen dan pengukuran (peramalan) besarnya kebutuhan (demand) tersebut dan data-data yang berhubungan dengan kondisi pasar.
- b. Formulasi strategi marketing yang meliputi:
 - konsep dasar strategi
 - bauran pemasaran (marketing-mix)
 - segmentasi pasar

2. Analisis aspek teknis dan operasi

Analisis aspek teknis dan operasi meliputi :

- a. Pemilihan dan perancangan produk

- b. Perencanaan kapasitas
- c. Pemilihan dan perencanaan proses/fasilitas produksi
- d. Pengorganisasian sistem produksi

Analisis teknik ini dilakukan untuk menetapkan apakah secara teknis investasi layak dan memberikan dasar untuk estimasi biaya.

3. Analisis aspek legal

Dalam hal analisis aspek legal dikaji :

- a. Kelayakan investasi dari ketentuan dan hukum formal
- b. Prosedur legalitas yang harus diselesaikan sampai investasi siap dioperasikan

4. Analisis aspek lingkungan

Analisis aspek lingkungan dilakukan untuk melihat :

- a. Bagaimana pengaruh dari alternatif teknologi yang digunakan pada lingkungan sekitar, baik fisik, lingkungan hidup maupun sosial
- b. Konsekuensi-konsekuensi (instalasi tambahan dan lain-lain) apa yang dibutuhkan untuk mengatasi dampak teknologi terhadap lingkungan

5. Analisis aspek ekonomi

Dalam analisis ini dilihat sejauh mana manfaat investasi, yang meliputi :

- a. Estimasi biaya produksi
- b. Estimasi nilai investasi dan sumber pendanaannya
- c. Penyusunan cash flow
- d. Evaluasi investasi

Analisis kelayakan pabrik meliputi tahap-tahap identifikasi peluang investasi, analisis dan evaluasi serta tahap implementasi. Dalam pendekatannya, kelayakan investasi pada akhirnya diukur berdasarkan tolok ukur kelayakan aspek finansialnya. Pada tahap identifikasi peluang investasi perlu dilakukan analisis strategi guna menetapkan tujuan usaha yang akan dicapai. Tahap identifikasi peluang investasi ini sangat tergantung pada kreatifitas. Tahap analisis dan evaluasi meliputi pengkajian terhadap aspek marketing, aspek teknis-operasi, aspek legal, aspek lingkungan dan aspek ekonomi/finansial.

Setelah usulan investasi diputuskan untuk dilaksanakan, maka persiapan segera dilakukan seperti : penyampaian proposal investasi kepada pihak yang berkepentingan, pembuatan kontrak, perancangan (design), pengadaan material dan pada akhirnya tahap konstruksi. Tahap ini disebut tahap

implementasi rencana investasi.

Gambar XI.1 Kerangka Pendekatan Analisis Kelayakan Pabrik

DAFTAR PUSTAKA

1. Andersen, A.J.C., *Refining Oils and Fats for Edible Purposes*, Edisi ke-2, Pergamon Press, 1962.
2. Austin, Shreve's *Chemical Process Industries*, McGraw Hill, 1984.
3. Chin, *Palm Oil Refining and Uses*, The Incorporated Society of Planters, 1983.
4. David, W. Martin, dkk, "Biokimia (Terjemahan)," Edisi 20, Penerbit Buku Kedokteran.
5. Edward Staunton West and Wilbert, R. Todd, "Textbook of Biochemistry", second edition, The Macmillan Company, New York, 1957.
6. Gunstone, F.D, "Critical Reports on Applied Chemistry, Volume 15, Palm Oil", John Wiley & Sons, New York, 1987.
7. Hamilton, R.J and Bhati, A, "Recent Advantages in Chemistry and Technology of Fats and Oils", Elsevier Applied Science Publisher, London, 1987.
8. Harry, W. Lawson, "Standards for Fats & Oils", Volume V, The Avi Publishing Company, Inc, Wesport, Connecticut, 1985.
9. Henry Tauber, "The Chemistry and Technology of Enzymes", John Wiley & Sons, Inc, New York, 1950.
10. Jordan, Donald G., *Chemical Process Development*, John Wiley & sons, New York, 1968.
11. Ketaren, S, "Minyak dan Pangan", Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta, 1986.
12. Mahfud, dkk, "Pelatihan Budidaya Jarak Pagar & Pembuatan Biodiesel", Jurusan Teknik Kimia, ITS, Surabaya, 2006.
13. Muhamad Wirahadikusumah, "Biokimia, Metabolisme Energi, Karbohidrat dan Lipid", Penerbit ITB, Bandung, 1985.
14. Nicholas, C. Price and Lewis Stevens, "Fundamentals of Enzymology", Second Edition, Oxford University Press, Inc, New York, 1989.
15. Olie, J.J and Tjeng, T.D, "The Extraction of Palm Oil", Stork Amsterdam, 1988.
16. Paul Woolley & Steffen, B. Petersen, "Lipases : their structure, biochemistry and application", Cambridge University Press, Cambridge, 1994.
17. Paul, D. Boyer, " The Enzymes", Volume II, Academic Press, New York, 1970.
18. Salunkhe, D.K, dkk, "World Oilseeds, Chemistry, Technology and Utilization", Published by Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.
19. Shahidi, F (editor), *Bailey's Industrial Oil and Fat Product*, Volume 1-6, Edisi ke-6, A

Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York, 2005.

20. Siregar, Ali Basyah., *Analisis Kelayakan Pabrik*, ITB, 1991