



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

29 763/4/07



RSK

664.32

Ame

P-1

2007

TUGAS AKHIR RK 0502

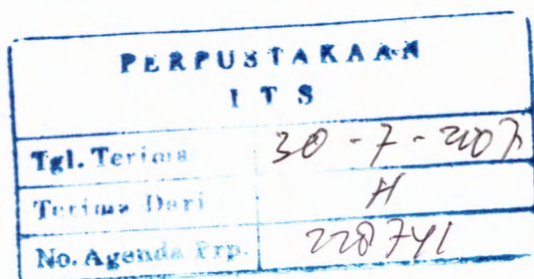
PABRIK MARGARIN DARI MINYAK BIJI KAPUK DENGAN PROSES HIDROGENASI

WIDYA RIZQI AMELYA
NRP. 2304 030 063

SRI WAHYUNINGSIH
NRP. 2304 030 071

Dosen Pembimbing
Ir. Agung Subyakto, MS.

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2007





ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT RK 0502

**MARGARINE PLANT FROM KAPOK SEED OIL
(*Ceiba Pentandra*) WITH HYDROGENATION
PROCESS**

WIDYA RIZQI AMELYA
NRP. 2304 030 063

SRI WAHYUNINGSIH
NRP. 2304 030 071

Supervisors
Ir. Agung Subyakto, MS.

DIPLOMA III OF CHEMICAL ENGINEERING
Faculty Of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2007

**PABRIK MARGARIN DARI MINYAK BIJI KAPUK
DENGAN PROSES HIDROGENASI**

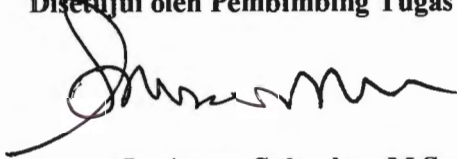
TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelara Ahli Madya pada Bidang Studi D III Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**WIDYA RIZQI AMELYA
Nrp.2304 030 063
SRI WAHYUNINGSIH
Nrp.2304 030 071**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



**Ir. Agung Subyakto, M.Sc.
(NIP: 131 570 362)**

SURABAYA, JULI 2007

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 18 Juli 2007, untuk tugas akhir dengan judul "**PABRIK MARGARIN DARI MINYAK BIJI KAPUK DENGAN PROSES HIDROGENASI**", yang disusun oleh :

Widya Rizqi Amelya
Sri Wahyuningsih

2304 030 063
2304 030 071

Mengetahui / menyetujui
Dosen Penguji



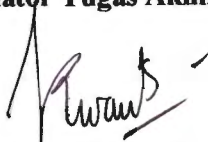
Ir. Dyah Winarni Rahaju, MT.
NIP. 131 459 284



Ir. Agus Surono,
NIP. 131 651 424

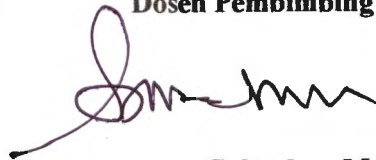
Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir



Ir. Sri Murwanti, MT
NIP. 131 453 668

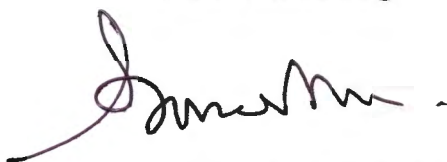
Dosen Pembimbing



Ir. Agung Subyakto, M.Sc.
NIP. 131 570 362

**LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR
PABRIK MARGARIN DARI MINYAK BIJI KAPUK
DENGAN PROSES HIDROGENASI**

**Mengetahui / menyetujui
Dosen Pembimbing**



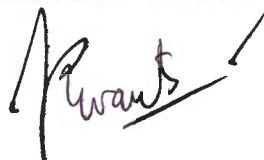
**Ir. Agung Subyakto, M.Sc
NIP. 131 570 362**

**Koordinator Program Studi
D III Teknik Kimia FTI-ITS**



**Dr. Ir. Dra. Danawati HP, SE
NIP. 131 633 396**

**Koordinator Tugas Akhir
D III Teknik Kimia FTI-ITS**



**Ir. Sri Murwanti, MT
NIP. 131 453 668**



PABRIK MARGARIN DARI MINYAK BIJI KAPUK DENGAN PROSES HIDROGENASI

Nama Mahasiswa : Widya Rizqi Amelya
: Sri Wahyuningsih
NRP : 2304 030 063
: 2304 030 071
Program Studi : D-3 Teknik Kimia
Dosen Pembimbing : Ir. Agung Subyakto, MS.

Abstraksi

Pabrik margarin ini didirikan dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan konsumen akan margarin, baik di dalam maupun di luar negeri. Pembuatan margarin ini menggunakan proses hidrogenasi, dimana asam lemak tak jenuh diubah menjadi asam lemak jenuh dengan penambahan gas H_2 .

Proses pembuatan margarine diawali dengan proses netralisasi yaitu dengan penambahan NaOH 11,06% pada suhu $75^{\circ}C$ selama 1 jam. Setelah proses netralisasi, sabun yang terbentuk dipisahkan dengan centrifuge. Proses berikutnya yaitu bleaching yang menggunakan karbon aktif sebagai adsorber sebanyak 1,5% dari jumlah minyak pada suhu $110^{\circ}C$ selama 30 menit. Cake karbon aktif yang terbentuk dipisahkan dengan menggunakan filter press. Kemudian minyak dihidrogenasi untuk menjenuhkan ikatan tidak jenuh pada minyak dengan menambahkan gas H_2 dan menggunakan katalis Ni selama 4 jam pada suhu $190^{\circ}C$ dan tekanan 3 atm. Selanjutnya cake nikel yang terbentuk dipisahkan dengan filter press. Pada proses selanjutnya yaitu proses deodorisasi pada minyak dengan suhu $250^{\circ}C$ selama 3 jam pada tekanan 0,008 atm. Kemudian mengemulsikan minyak dalam tangki emulsifikasi dengan penambahan emulsifier fase minyak dan emulsifier fase cair pada suhu $80^{\circ}C$. Proses terakhir yaitu memasukkan minyak ke dalam tangki votator untuk menurunkan suhu dan membentuk margarine yang bersifat plastis pada suhu kamar ($30^{\circ}C$) dan dilakukan proses pengepakan.

Kapasitas pada pabrik Margarin ini adalah 14000 kg/hari = 4200 Ton/tahun. Bahan-bahan yang diperlukan untuk memenuhi kapasitas tersebut adalah sebagai berikut :

- *Minyak Biji Kapuk* = 17658,3 kg/hari
- *NaOH* = 74,0245 kg/ hari
- *Karbon aktif* = 210,168 kg/ hari
- *Nikel* = 2,774 kg/ hari
- *Gas H₂* = 110,248 kg/ hari
- *Emulsi Fase Minyak (EFM)* = 104,369 kg/ hari
- *Emulsi Fase Cair (EFC)* = 71,88 kg/ hari

ABSTRACT

Student Name : Widya Rizqi Amelya
: Sri Wahyuningsih
NRP : 2304 030 063
: 2304 030 071
Department : DIII Chemical Engineering
Supervisor : Ir. Agung Subyakto, MS.

This Margarine Plant is founded as a mean to fulfill the consumer requirement of margarine, either in and also beyond the sea. This making Margarine use the hidrogenation process, where turned into unsaturated fatty acid of saturated fatty acid with the addition of H_2 gas.

Process of margarine early with the netralisation process that is with the addition NaOH 11,06% at temperature $750^{\circ}C$ during 1 hour. After netralisation process, soap formed to be dissociated by centrifuge. Next process that is bleaching using active carbon as adsorber as much 1,5% from oil amount of at temperature $110^{\circ}C$ during 30 minutes. Active Cake Carbon formed to be dissociated by using filter press. Later;Then oil dihidrogenasi to be saturated of tying is not saturated at oil by enhancing H_2 gas and use the Ni catalyst during 4 hours at temperature $190^{\circ}C$ and pressure 3 atm. Here in after cake nickel formed to be dissociated by filter press. At process here in after that is process the deodorisasi of oil with the temperature $250^{\circ}C$ during 3 hours at pressure 0,008 atm. Later;Then oil emulsion in emulsification tank with the addition of emulsifier of phase of oil and liquid emulsifier phase at temperature $80^{\circ}C$. Last process that is enter the oil into votator tank to degrade the temperature and form the margarine having the character of plastis at room;chamber temperature ($30^{\circ}C$) and done by a packing process.

Capacities of this Margarine plant is 14000 kg / day = 4200 Ton / year. Substance which is needed to fulfill the the capacities shall be as follows:

- *Oil of Seed Kapok* = 17658,3 kg /day
- *NaOH* = 74,0245 kg /day
- *Active carbon* = 210,168 kg /day
- *Nickel* = 2,774 kg /day
- *H₂ Gas* = 110,248 kg /day
- *Emulsion of Oil Phase (EFM)* = 104,369 kg /day
- *Liquid Phase Emulsion (EFC)* = 71,88 kg /day

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan ridho-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Pabrik Margarin dari Minyak Biji Kapok dengan Proses Hidrogenasi”**. Tugas akhir ini merupakan salah satu tugas yang harus diselesaikan sebagai persyaratan kelulusan program studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri / Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah mahasiswa dapat memahami dan mampu mengenal prinsip – prinsip perhitungan dari peralatan – peralatan industri terutama industri kimia yang telah dipelajari di bangku kuliah serta aplikasinya dalam sebuah perencanaan pabrik.

Dengan tersusunnya laporan tugas akhir ini, penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah S.W.T. karena atas rahmat dan kehendak-Nya kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Dr. Ir. Dra. Danawati HP, SE, selaku Koordinator Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri / Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Ir. Sri Murwanti, MT, selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri / Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Ir. Agung Subyakto, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri / Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Ir. Agus Surono, selaku Dosen Penguji Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri / Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Ir. Dyah Winarni Rahaju, MT, selaku Dosen Penguji Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri / Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

7. Segenap Dosen, staf dan karyawan Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri / Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
8. Rekan – rekan angkatan 2004 serta angkatan – angkatan yang lain dalam wadah Himpunan Mahasiswa D III Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri / Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan sebagai intropeksi bagi penyusun. Akhir kata semoga laporan ini memberi manfaat bagi pihak – pihak yang memerlukan.

Surabaya, Juli 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAKSI	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1. Latar Belakang	I-1
I.2. Teori	I-2
I.3. Sifat Fisik Dan Kimia Bahan	I-4
BAB II PROSES DAN KONDISI OPERASI	II-1
II.1. Macam Proses	II-1
II.2. Pemilihan Proses	II-2
II.3. Uraian Proses	II-3
II.4. Kondisi Operasi	II-9
BAB III NERACA MASSA	III-1
BAB IV NERACA PANAS	IV-1
BAB V SPESIFIKASI ALAT	V-1
BAB VI UTILITAS	VI-1
BAB VII KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA	VII-1
VII.1. Pendahuluan	VII-1
VII.2. Sebab – sebab timbulnya kecelakaan	VII-2
VII.3. Hal-hal yang harus diperhatikan	VII-3
VII.4. Instalasi Pemadam Kebakaran	VII-4
VII.5. Alat-Alat Pelindung Diri	VII-7
BAB VIII INSTRUMENTASI	VIII-1
BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA	IX 1
BAB X KESIMPULAN	X-1
DAFTAR NOTASI	v
DAFTAR PUSTAKA	vi
APPENDIKS A	A-1
APPENDIKS B	B-1
APPENDIKS C	C-1

DAFTAR TABEL

Tabel I.3 Sifat fisika Karbon Aktif.....	I-8
Tabel 3.1 Neraca massa padaTangki Netralisasi.....	III-2
Tabel 3.2 Neraca massa pada Centrifuge	III-3
Tabel 3.3 Neraca massa pada Tangki Bleaching.....	III-4
Tabel 3.4 Neraca massa pada Filter Press	III-4
Tabel 3.5 Neraca massa pada Tangki Hidrogenasi	III-5
Tabel 3.6 Neraca massa pada Filter Press	III-6
Tabel 3.7 Neraca massa pada Tangki Deodorisasi.....	III-7
Tabel 3.8 Neraca massa pada Tangki Emulsifikasi.....	III-7
Tabel 3.9 Neraca massa pada Tangki Votator	III-8
Tabel 4.1 Neraca panas pada Heater	IV-1
Tabel 4.2 Neraca panas pada Tangki Netralisasi	IV-1
Tabel 4.3 Neraca panas pada Heater Bleaching.....	IV-2
Tabel 4.4 Neraca panas pada Heater Hidrogenasi.....	IV-2
Tabel 4.5 Neraca panas pada Tangki Hidrogenasi	IV-2
Tabel 4.6 Neraca panas pada. Tangki Deodorisasi	IV-3
Tabel 4.7 Neraca panas pada Cooler	IV-3
Tabel 4.8 Neraca panas pada Tangki Votator	IV-3

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Margarine pertama kali ditemukan oleh Hyppolyte Mege Mouries seorang kimiawan Perancis pada tahun 1869, yaitu pada pemerintahan Kaisar Napoleon III. Pada saat itu margarine dibuat untuk mengimbangi kekurangan akan kebutuhan mentega yang disebabkan naiknya populasi penduduk di kota selama revolusi industri dan semakin berkurangnya lahan pertanian. Kata margarine berasal dari bahasa Yunani, yaitu "Margarines" yang berarti mutiara.

Sejak penemuan tersebut, margarine mengalami banyak perkembangan. Akhir abad ke-19, margarine dibuat dari lemak babi atau sapi dimana ditambahkan lemak dari kacang tanah dan biji kapas untuk mempercepat "melting point" pada saat pencampuran. Di awal tahun 1900, margarine baru dibuat dari 100% minyak nabati yang biasanya diperoleh dari minyak kelapa, minyak sawit dll. Pembuatan margarine dengan proses hidrogenasi mulai diperkenalkan pada tahun 1910, tetapi pembuatan margarine dengan proses hidrogenasi dilakukan pada tahun 1930.

[Bailey's, vol 2, 1950]

Pada awal tahun 1950, pabrik margarine sudah memproduksi margarine berbentuk stick. Seiring dengan perkembangan teknologi, pabrik margarine melakukan terobosan baru dengan mengolah margarine menjadi "soft margarine" yang dikemas dalam kaleng. Pada tahun 1973 "Soft margarine" yang memiliki kandungan lemak tinggi diminati banyak konsumen. Pada tahun 1980 diproduksi margarine dalam bentuk soft, stick, dan liquid dengan kandungan lemak jenuh sebesar 60%. Pada tahun 1990 penjualan margarine yang memiliki kandungan lemak jenuh tinggi semakin sedikit bahkan pada tahun 1993 dan sampai saat ini sudah diproduksi margarine yang tidak mengandung lemak jenuh. [Bailey's, vol 2, 1950]

1.2 TEORI

Margarine dimaksudkan sebagai pengganti mentega dengan rupa, bau, konsistensi rasa dan nilai gizi yang hampir sama dengan mentega. Margarine merupakan emulsi dengan tipe emulsi Water in Oil (W/O), yaitu fase air berada dalam fase minyak atau lemak.

Lemak yang digunakan untuk pembuatan margarine dapat berasal dari lemak hewani atau lemak nabati. Lemak hewani yang digunakan biasanya lemak babi, lemak sapi. Sedangkan minyak nabati yang sering digunakan adalah minyak kelapa, minyak inti sawit, minyak kedelai, minyak biji kapas, minyak wijen, minyak kacang tanah, minyak gandum, minyak biji kapok dan minyak jagung.

Minyak nabati umumnya berwujud cair, karena mengandung asam lemak tidak jenuh, seperti asam oleat, linoleat, dan linolenat. Minyak tersebut sebelum dijadikan margarine terlebih dahulu dihidrogenasi. Hidrogenasi minyak bertujuan merubah minyak cair menjadi lemak berwujud plastis, padat pada suhu ruang, agak keras pada suhu rendah dan segera dapat mencair di dalam mulut.

[Ketaren, *Minyak dan Lemak Pangan*", 1986]

Syarat-syarat minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan margarine :

- Bilangan Iod yang rendah

Jumlah ikatan rangkap dalam minyak ditentukan dengan mengukur bilangan iod. Makin besar bilangan iod maka jumlah ikatan rangkap semakin besar dan titik cair semakin rendah. Lemak yang memiliki bilangan iod rendah lebih tahan terhadap kerusakan karena proses oksidasi.

- Warna minyak

Warna yang diinginkan pada margarine adalah warna kuning mentega (Butter Yellow). Minyak nabati yang telah mempunyai warna kuning misalnya minyak kelapa sawit, minyak bunga matahari jika dijadikan margarine cukup ditambahkan β karoten. Sedangkan pembuatan margarine dari

munyak nabati yang berwarna pucat, harus ditambahkan β karoten dan lechitin yang lebih besar sehingga diperoleh warna kuning mentega.

- Flavor minyak yang baik

Minyak yang baik umumnya memiliki flavor yang tidak enak, sehingga flavor ini perlu dihilangkan dengan proses deodorisasi.

- Asam lemak yang stabil

Ketidakjenuhan asam lemak berpengaruh terhadap kerusakan lemak oleh proses oksidasi. Asam linolenat (3 ikatan rangkap) lebih mudah teroksidasi dari pada asam linoleat (2 ikatan rangkap), sedangkan asam linoleat lebih mudah teroksidasi daripada asam oleat (1 ikatan rangkap). Untuk mempertinggi stabilitas dan titik cair lemak dapat dilakukan dengan cara hidrogenasi.

- Titik beku dan titik cair disekitar suhu kamar

Jika margarine dimakan, maka margarine sebaiknya mencair di mulut sehingga mudah dicerna. Pada suhu kamar, margarine harus mempunyai konsistensi plastis sebagai pengoles roti.

- Jenis minyak yang digunakan

Jenis minyak yang digunakan harus banyak terdapat disuatu daerah. Hal ini berhubungan erat dengan kontinuitas proses produksi dan segi ekonomis. Jika bahan banyak terdapat disuatu daerah, maka harganya relatif murah dan ongkos – ongkos transportasi ke pabrik lebih rendah.

[Ketaren, Minyak dan Lemak Pangan", 1986]

Penambahan zat aditif

Zat aditif yang ditambahkan pada pembuatan margarine :

- a. Letichine, digunakan untuk penstabil emulsi
- b. Garam, digunakan untuk penambah rasa asin pada margarine
- c. Vitamin A dan D sebagai nutrisi
- d. Natrium benzoate sebagai bahan pengawet

- e. TBHQ sebagai anti oksidan
- f. β karoten sebagai zat warna

[Anthony Woolen, "Food Additive User's Handbook", 1968]

1.3 SIFAT FISIKA DAN KIMIA BAHAN

1.3.1 Sifat fisik dan kimia minyak biji kapok

Tanaman kapok atau randu (*Ceiba Pentandra*) termasuk dalam famili Bombaceae. Tanaman kapok dapat tumbuh dengan baik pada daerah beriklim tropis dan subtropis. Tanaman kapok menghasilkan buah yang jika sudah tua dapat diambil kapoknya untuk dimanfaatkan industri rumah tangga, sedangkan bijinya dapat di olah menjadi minyak biji kapok. Biji kapok mengandung protein dan karbohidrat yang cukup tinggi selain minyak sebagai komponen utamanya. Untuk lebih jelasnya komposisi biji kapok dapat dilihat pada Tabel 1.1.

[Ullman's.vol 13 fatty acid,1981]

Tabel 1. 1 Komposisi biji kapok

Komponen	Komposisi (%)
Abu	5,22
Air	11,85
Minyak	24,20
Karbohidrat	15,90
Protein	18,92
Serat	23,91

[Krick Orthmer,1981]

Bahan baku yang digunakan dalam industri margarine ini adalah minyak biji kapok. Negara-negara penghasil minyak biji kapok antara lain Indonesia, Singapura, Malaysia, India, Filipina, Srilangka, dan Amerika selatan.

Minyak kapok merupakan senyawa-senyawa trigliserida dari beberapa asam lemak. Minyak kapok juga dapat digambarkan sebagai senyawa trigliserida asam oleic karena kandungan asam oleic-nya sangat tinggi yaitu 46,1-56,6 %. Minyak biji kapok mengandung asam jenuh sebesar 15-20% dan

asam tidak jenuh sebesar 80-85%. Kedua asam tersebut dinyatakan sebagai asam oleat yang komposisinya dapat dilihat pada tabel 1.2 dibawah ini.

Tabel 1.2 Komposisi asam lemak pada minyak biji kapok

Jenis asam lemak	Struktur	Persen berat
Asam Palmitat	$C_{16}H_{32}O_2$	10,5 – 10,8
Asam stearat	$C_{18}H_{36}O_2$	4,9 – 8,6
Asam oleat	$C_{18}H_{34}O_2$	46,1 – 56,6
Asam linoleat	$C_{18}H_{32}O_2$	22,7 – 34,6

[Bailey's, vol 1.1950]

Sifat fisika dan kimia minyak biji kapok :

- Specific gravity $15^{\circ}/15^{\circ}C$: 0,920 – 0,933
- Refractive index pada $21^{\circ}C$: 1,466 – 1,472
- Bilangan iod : 86 – 110
- Bilangan penyabunan : 189 - 197
- Zat tak tersabunkan : 0,5 – 1,2
- Kadar minyak (%) : 24,20 %

[Bailey's, vol 1.1950]

I.3.2 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Pembantu :

1. Sodium hidroksida

Sifat fisik :

- Bentuk : padat
- Warna : putih
- Sifat Kristal : Higroskopis (mudah mencair)

Sifat kimia :

- Merupakan basa kuat
- Rumus molekul : NaOH
- Berat molekul : 40 gr/mol
- Sangat larut dalam : Alkohol (95%) etanol, etil eter, glycerol
- Titik Lebur : $318.4^{\circ}C$
- Titik Didih : $139^{\circ}C$

- Spesifik gravity : 2.13
- Panas kelarutan : $\pm 10.18 \text{ kcal/gmol}$
- Density : 1.12595 gr/cm^3

2. Air (25°C)

Sifat fisik :

- Densitas : 0.99707 mg/m^3
- Viskositas : $0.89 \text{ mPa.s (liquid)}$
: $9.35 \text{ } \mu\text{Pa.s (gas)}$

- Heat capacity : 4.186 kJ/kg. K

Heat capacity critical

- : 4.216
- : $2.042 \text{ kJ/kg.K(gas)}$

- Frezzing point : 0°C
- Boiling point : 100°C

Sifat kimia :

- Rumus molekul : H_2O
- Berat molekul : 18.02 gr/mol

3. Hidrogen

- Berat molekul : 2.016 gr/mol
- P pada 0°C : $0.446 \text{ ml/cm}^3 \cdot 10^3$
- Compressibility factor : 1.00042
- Adiabatic Compressibility : 7.03
- Cp pada 0°C : 28.59 J/mol.K
- Cv pada 0°C : 20.53 J/mol.K
- Entrophy pada 0°C : 139.59 J/mol.K
- Spesifik gravity : 0.06948
- Viskositas (68°F , 1 atm) : 0.0093 Cp
- Melting point : -259.1°C
- Boiling point : $423^\circ\text{F}(252.78^\circ\text{C})$
- Kelarutan dalam setiap 100 bag
- Air Dingin (0°C) : 2.1
- Air Panas (100°C) : 0.85



- Enthalphy pada 0°C : 7749.2
- Internal Enthalphy pada 0°C : 5477.1
- Bentuk : Gas

4. Katalisator Ni

- Warna : Silver
- Berat molekul : 58.69 gr/mol
- Spesifik gravity : 8.9
- Melting point : 1452°C
- Boiling point : 2900°C

[Perry, "Handbook of Chemical Engineering", 6 edition]

5. Karbon aktif

- Berwarna hitam kebiruan
- Mampu mengadsorbsi 95-97% zat warna yang terdapat dalam minyak
- Daya adsorbsi tinggi untuk bermacam-macam liquid, gas, dan padatan serta koloid
- Inert, tidak bereaksi dengan larutan.

[Ketaren, Minyak dan Lemak Pangan", 1986]



Tabel I.3 Sifat Fisika Karbon Aktif

Spesifikasi	Liquid – phase carbon			Gas – pahase carbon		
	Lignit base	Wood base	Bituminous coal base	Granular base	Pelleted coke	Granular cocor
- Mesh (tyler)	-100	-100	8-30	-4, +10	-6, +8	-6, +
- (mm)	(0.15)	(0.15)	(2.38-0.59)	4.76-1.70	3.36-2.38	3.36-1
- CCl ₄ activity,% min	30	40	50	60	60	60
- Iodine no.min	500	700	950	1000	1000	1000
- Bulk density. g/ml,min	0.48	0.25	0.50	0.50	0.52	0.51
- Ash,% max	18	7	8	8	2	4

[Krick Orthmer, 1971]

I.3.3 Sifat fisika dan kimia Margarine

- Bentuk : padat
- Warna : kuning mentega
- Bersifat plastis
- Spesifik gravity : 0.64
- Melting point : 42°C
- Kandungan FFA : 0.03% max
- Moisture : 0.05% max
- Tidak larut dalam pelarut organic

Spesifikasi margarine

No.	Kriteria uji	Persyaratan
1.	Keadaan permukaan	Normal, tidak tengik dan tidak berjamur
2.	Bau	Enak
3.	Rasa	Agak sedikit asin
4.	Air	Maks 18%



5.	Lemak	Min 80%
6.	Asam lemak bebas	Maks 0.3%
7.	Garam (NaCl)	Maks 4%
	Cemaran logam	
	Besi (Fe)	Maks 0.5 mg/kg
	Tembaga (Cu)	Maks 0.1 mg/kg
	Timbal (Pb)	Maks 0.1 mg/kg
	Raksa (Hg)	Maks 0.03 mg/kg

[SII.0004-90]

Kegunaan dari margarine adalah :

1. Sebagai sumber energi yaitu 180 kkal/25 gr margarin
2. Sebagai peningkat daya terima makanan
3. Sebagai pencipta rasa enak pada makanan
4. Bahan pembantu dalam industri makanan

BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES

II.1 MACAM PROSES

Proses pembuatan margarine ada tiga macam, yaitu:

1. Inter-esterifikasi

Merupakan proses pembuatan margarine yang menyangkut pertukaran gugus asil antar trigliserida. Karena trigliserida mengandung 3 gugus ester per molekul, maka peluang untuk pertukaran tersebut cukup banyak. Gugus asil dapat bertukar posisinya dalam satu molekul trigliserida atau diantara molekul trigliserida.

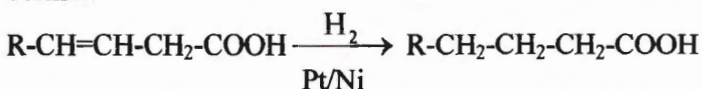
2. Winterisasi

Winterisasi yaitu proses pemisahan bagian gliserida jenuh atau bertitik cair tinggi dari trigliserida bertitik cair rendah. Pada suhu rendah, trigliserida padat tidak dapat larut dalam trigliserida cair.

3. Hidrogenasi

Hidrogenasi adalah proses pengolahan minyak atau lemak dengan jalan menambahkan hidrogen pada ikatan rangkap dari asam lemak, sehingga akan mengurangi tingkat ketidak jenuhan minyak atau lemak.

Proses hidrogenasi terutama bertujuan untuk membuat minyak atau lemak bersifat plastis. Adanya penambahan hidrogen pada ikatan rangkap minyak dengan bantuan katalisator akan mengakibatkan kenaikan titik cair. Juga dengan hilangnya ikatan rangkap, akan menjadikan minyak tahan terhadap proses oksidasi. Adapun mekanisme reaksi hidrogenasi adalah sebagai berikut:



Asam lemak tidak jenuh

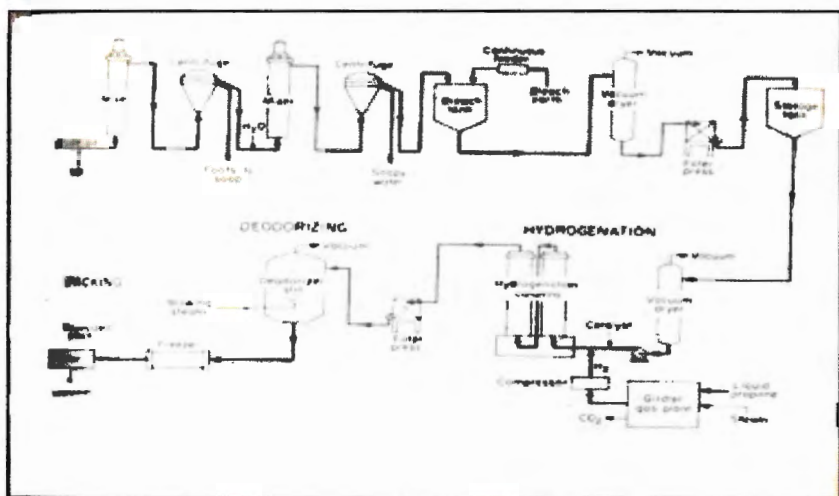
asam lemak jenuh

II.2 PEMILIHAN PROSES

Pembuatan margarin di Indonesia pada umumnya menggunakan proses hidrogenasi. Proses ini lebih mudah dan produk yang dihasilkan lebih bagus dibandingkan dengan proses lainnya. Proses Winterisasi dan interesterifikasi jarang digunakan dalam industri dan belum familiar.

Hidrogenasi merupakan proses pengolahan minyak atau lemak dengan jalan menambahkan hydrogen pada ikatan rangkap dari asam lemak tak jenuh, sehingga akan mengurangi tingkat ketidakjenuhan minyak dan membuat minyak bersifat plastis. Jenis proses yang digunakan adalah batch, alasan digunakan batch adalah didapatkan yield pemurnian minyak yang lebih besar.

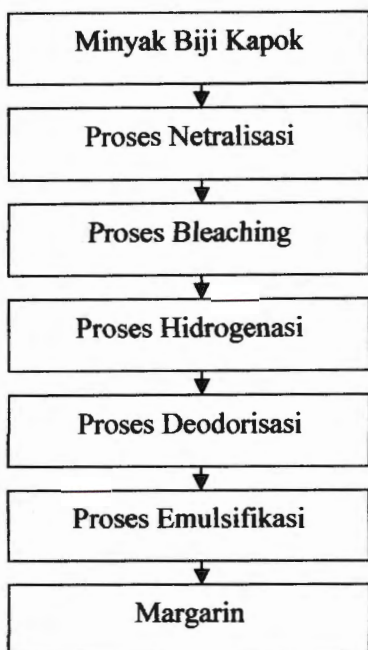
Adapun flow chart proses pembuatan margarine adalah sebagai berikut :



Gambar II.1 Flow chart proses pembuatan margarine dari vegetable oil

[George T. Austin, "Shreeve's Chemical Process Industries", 2nd edition, 1983]

Flow diagram proses pembuatan margarine adalah sebagai berikut :



[Bailey's, vol 4, hal 612]

II.3 URAIAN PROSES

1. Tahap Netralisasi

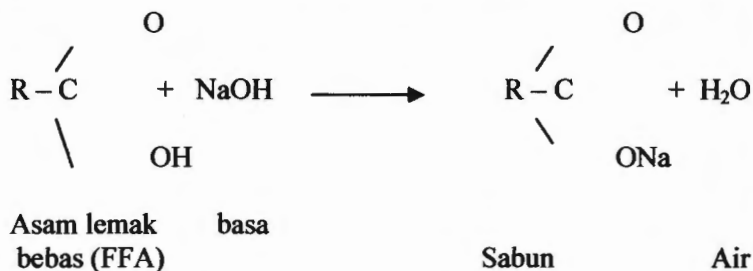
Dalam minyak atau lemak tidak hanya terdiri dari Trigliserida saja tetapi juga terkandung asam lemak bebas (FFA). Asam lemak bebas ini yang menjadi salah satu penyebab ketengikan dari minyak, karena asam lemak bebas ini lebih mudah teroksidasi.

Netralisasi adalah suatu proses untuk memisahkan asam lemak bebas dari minyak atau lemak dengan cara mereaksikan asam lemak bebas dengan basa atau pereaksi lainnya sehingga membentuk sabun (soap stock).

Dalam proses netralisasi ini dipilih menggunakan larutan kaustic soda, karena lebih efisien dan lebih murah dibandingkan

dengan cara netralisasi lainnya. Selain itu dengan menggunakan caustic soda akan membantu mengurangi zat warna dan impurities dalam minyak. Larutan kaustik soda (NaOH) yang digunakan dengan konsentrasi 11,06%. Netralisasi dengan NaOH akan menyabunkan sejumlah kecil trigliserida.

Reaksi antara asam lemak bebas dengan NaOH adalah sebagai berikut :



sabun yang terbentuk dapat membantu pemisahan zat warna dan kotoran seperti fosfolida dan protein dengan cara membentuk emulsi. Sabun atau emulsi yang terbentuk dapat dipisahkan dari minyak dengan cara sentrifugasi.

Pada proses netralisasi, minyak dari tangki penampung (F-110) pada kondisi 30°C dialirkan ke dalam tangki netralisasi (R-210) dengan menggunakan pompa centrifugal (L-211). Sebelum ke tangki netralisasi, minyak dipanaskan dengan heater (E-212) sampai suhu 75°C untuk memecahkan emulsi yang terbentuk sehingga memudahkan kerja tangki Netralisasi . Di dalam tangki netralisasi minyak direaksikan dengan NaOH yang berasal dari tangki penampung NaOH (H-213) dengan konsentrasi 11,06%. Tangki netralisasi dilengkapi dengan pengaduk untuk mencampur NaOH dengan minyak, pengadukan dilakukan selama 1 jam. Kondisi operasi pada tangki netralisasi adalah pada suhu 75°C dengan tekanan 1 atm. Dari proses netralisasi, dihasilkan soap stock dan minyak. Soap stock dan minyak dipisahkan dengan menggunakan centrifuge (H-216) . Soap stock ditampung pada

tangki penampung dan minyak dialirkan ke dalam tangki bleaching (M-220).

2. Tahap Bleaching (Pemucatan)

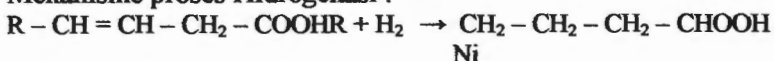
Pemucatan ialah suatu proses pemurnian untuk menghilangkan zat-zat warna yang terkandung dalam minyak. Pemucatan dilakukan dengan cara mencampur minyak dengan adsorben, (karbon aktif). Zat warna dalam minyak akan diserap oleh permukaan adsorben.

Pada proses pemucatan (bleaching), minyak dari centrifuge (H-216) dialirkan ke dalam tangki bleaching (M-220) dengan menggunakan pompa sentrifugal (L-221). Sebelum dimasukkan ke dalam tangki bleaching (M-220), minyak dipanaskan ke dalam heater (E-222) sampai suhu 110°C untuk mempermudah kerja tangki bleaching. Proses pemucatan minyak dilakukan dengan menambahkan adsorben karbon aktif dari tangki penampung karbon aktif (F-223). Tangki bleaching dilengkapi dengan pengaduk hal tersebut bertujuan agar minyak dan karbon aktif dapat bercampur, proses pengadukan terjadi selama 30 menit. Setelah proses bleaching selesai, minyak ditampung ke dalam tangki penampung (F-224). Dari tangki penampung, minyak dipompa menuju filter press (H-226) dengan menggunakan pompa sentrifugal (L-225). Pada filter press karbon aktif yang digunakan sebesar 1,5% x berat minyak yang masuk. Filter press digunakan untuk memisahkan minyak dari karbon aktif. Minyak dari filter press ditampung dalam tangki penampung (F-231) sebelum dialirkan ke tangki hidrogenasi (R-230).

3. Tahap Hidrogenasi

Proses hidrogenasi bertujuan untuk menjenuhkan ikatan rangkap dari asam lemak pada minyak atau lemak. Proses hidrogenasi dilakukan dengan menggunakan hydrogen murni dan ditambahkan serbuk nikel sebagai katalisator.

Mekanisme proses Hidrogenasi :



Reaksi pada proses hidrogenasi terjadi pada permukaan katalis yang mengakibatkan reaksi antara molekul-molekul minyak dengan gas hydrogen. Nikel merupakan katalis pada umumnya digunakan untuk proses hidrogenasi. Nikel lebih ekonomis dan lebih efisien daripada logam lainnya.

Pada proses hidrogenasi, minyak dari tangki penampung (F-231) dipompa dengan menggunakan pompa centrifugal (L-232) menuju tangki hidrogenasi (R-230). Sebelum ke tangki hidrogenasi, minyak dipanaskan dengan menggunakan heater (E-233) sampai suhu 190°C . Pada proses hidrogenasi, minyak biji kapok direaksikan dengan H_2 yang berasal dari tangki penampung gas H_2 (F-235). Untuk menjenuhkan ikatan rangkap pada minyak dilakukan dengan bantuan katalis Ni yang berasal dari tangki penampung nikel (F-234). Tangki hidrogenasi dilengkapi dengan pengaduk untuk memudahkan minyak bercampur dengan katalis Ni, proses pengadukan terjadi selama 4 jam. Kondisi operasi pada tangki hidrogenasi adalah pada suhu 190°C dan tekanan 3 atm. Dari tangki hidrogenasi, minyak ditampung ke dalam tangki penampung (F-236) dimana dari tangki penampung dipompa menuju filter press (H-238) dengan menggunakan pompa centrifugal (L-237) untuk memisahkan minyak dari nikel. Minyak di tampung ke dalam tangki penampung (F-241) untuk dialirkan ke dalam tangki deodorisasi (D-240).

4. Tahap Deodorisasi

Proses Deodorisasi adalah suatu tahap pemurnian minyak yang bertujuan untuk menghilangkan bau dan rasa yang tidak enak pada minyak. Prinsip deodorisasi dilakukan dengan cara penyulingan minyak menggunakan uap panas (steam) dalam tekanan vakum.

Pada proses deodorisasi diperlukan steam sebagai stripper (untuk mengangkat bau dan rasa yang tidak enak pada minyak). Operasi dilakukan pada keadaan vakum dengan tujuan untuk menguapkan sebagian uap air yang masih terkandung dalam minyak, karena uap air ini akan mendegradasi trigliserida menjadi asam lemak bebas. Selain itu kondisi vakum juga bertujuan untuk

menurunkan titik didih dari minyak karena minyak dapat rusak pada suhu tinggi.

Pada proses deodorisasi, minyak dari tangki penampung (F-241) di pompa dengan menggunakan pompa centrifugal (L-242) menuju tangki deodorisasi (D-240). Proses Deodorisasi terjadi selama 3 jam pada suhu yang tinggi dan pada tekanan yang rendah, kondisi operasi pada proses ini adalah suhu 250°C dan tekanan 0,008 atm dengan pertimbangan bahwa pada suhu tersebut fraksi bukan minyak telah teruapkan seperti air, zat penyebab bau, FFA dan impurities yang lain karena pada umumnya zat – zat tersebut lebih volatile daripada minyak. Dalam tangki deodorisasi dipasang barometric condenser (E-243) yang digunakan untuk menangkap uap pada tangki deodorisasi dan jet ejector (E-244) yang digunakan untuk memvacumkan tangki deodorisasi. Setelah proses deodorisasi, minyak dialirkan ke dalam cooler (E-245) untuk menurunkan suhu dari 250°C menjadi 80°C untuk mempermudah kerja tangki emulsifikasi (H-250).

5. Tahap Emulsifikasi

Proses Emulsifikasi ini bertujuan untuk mengemulsikan minyak dengan cara penambahan emulsifier untuk pencampuran fase cair dan untuk pencampuran fase minyak. Terdapat dua tahap pada proses Emulsifikasi yaitu :

a. Proses pencampuran emulsifier fase minyak

Emulsifier fase minyak merupakan bahan tambahan yang dapat larut dalam minyak yang berguna untuk menghindari terpisahnya air dari emulsi air minyak terutama dalam penyimpanan. Emulsifier ini contohnya Lechitin dan vitamin A.

b. Proses pencampuran emulsifier fase cair

Emulsifier fase cair merupakan bahan tambahan yang tidak larut dalam minyak. Bahan tambahan ini dicampurkan ke dalam air yang akan dipakai untuk membuat emulsi dengan minyak. Emulsifier fase cair ini adalah :

i. Garam untuk memberikan rasa asin

- ii. TBHQ (di-t-butyl hydroquinone) sebagai bahan anti oksidan yang mencegah teroksidasinya minyak yang mengakibatkan minyak menjadi rusak dan berbau tengik
- iii. Natrium Benzoat sebagai bahan pengawet.

[Anthony Woolen, "Food Additive User's Handbook", 1968]

Pada proses emulsifikasi, minyak dari cooler (E-245) dipompa menuju tangki emulsifikasi (H-250) dengan menggunakan pompa centrifugal (L-251). Pada tangki emulsifikasi (H-250) dilakukan penambahan emulsi fase minyak yang berasal dari tangki penampung EFM (F-252) dan emulsi fase cair yang berasal dari tangki penampung EFC (F-253) agar didapat margarine dengan komposisi yang diinginkan masyarakat. Dari tangki emulsifikasi minyak dialirkan menuju tangki votator (H-310) dengan menggunakan pompa centrifugal (L-311). Tangki votator adalah tangki yang digunakan untuk menurunkan suhu margarine dari 80°C menjadi 30°C pada tekanan 1 atm sehingga produk yang dihasilkan bersifat plastis dan lebih mudah untuk dikemas. Dari tangki Votator dialirkan ke tangki penampung produk margarine (F-312).

II. 4 KONDISI OPERASI

- 1. Heater Netralisasi (E-212)
 - T bahan masuk = 30°C
 - T bahan keluar = 75°C
- 2. Tangki Netralisasi (R-210)
 - Suhu operasi = 75°C
 - Tekanan operasi = 1 atm
- 3. Heater Bleaching (E-212)
 - T bahan masuk = 75°C
 - T bahan keluar = 110°C
- 4. Tangki Bleaching (M-220)
 - Suhu operasi = 110°C
 - Tekanan operasi = 1 atm
- 5. Heater hidrogenasi (E-233)
 - T bahan masuk = 110°C
 - T bahan keluar = 190°C



6. Tangki Hidrogenasi (R-230)
 - Suhu operasi = 190°C
 - Tekanan operasi = 3 atm
7. Tangki Deodorisasi (D-240)
 - Suhu operasi = 250°C
 - Tekanan operasi = 0,008 atm
8. Cooler Deodorisasi (E-245)
 - T bahan masuk = 250°C
 - T bahan keluar = 80°C
9. Tangki Emulsifikasi (M-250)
 - Suhu operasi = 80°C
 - Tekanan operasi = 1 atm
10. Tangki Votator (M-310)
 - Suhu operasi = 30°C
 - Tekanan operasi = 1 atm

**BAB III
NERACA MASSA**

Kapasitas	= 4200 ton margarine/tahun = 14000 kg/hari
Bahan baku	= 17658,313 kg Minyak biji kapok /hari
Kondisi operasi pabrik	= 300 hari/tahun, 24 jam/hari
Basis waktu	= 1 hari
Satuan massa	= kg

1. NERACA MASSA PADA TANGKI NETRALISASI

Masuk	Massa (kg)	Keluar	Massa (kg)
Aliran 1		Aliran 3	
TGS		TGS	
TGS palmitat	1783,666	TGS palmitat	1765,8295
TGS stearic	1223,0854	TGS stearic	1210,8545
TGS oleic	8918,33	TGS oleic	8829,1477
TGS linoleic	5062,2146	TGS linoleic	5011,592
	16987,297		16817,424
FFA		soapstock :	
asam palmitat	37,082	TGS	
asam stearic	25,428	TGS palmitat	18,457
asam oleic	185,412	TGS stearic	12,616
asam linoleic	105,244	TGS Oleaic	92,008
	353,166	TGS linoleic	52,237
			175,317
Komponen lain		FFA	
impurities	176,583	asam palmitat	40,257
Air	141,267	asam stearic	27,3895
	317,8496	asam oleic	199,817
		asam linoleic	113,479
			380,942
Aliran 2		Komponen lain	
H2O	595,870	Impurities	176,583
NaOH	74,0985	H2O	759,949
	669,9685	NaOH sisa	0,074
		FFA sisa	0,1059
		gliserol	17,886
			954,598
TOTAL	18328,282		18328,282

2. NERACA MASSA PADA CENTRIFUGE

Masuk	Massa (kg)	Keluar	Massa (kg)
Aliran 3:		Aliran 4:	
TGS		TGS	
TGS palmitat	1765,829	TGS palmitat	1447,98
TGS stearic	1210,854	TGS stearic	992,901
TGS oleic	8829,148	TGS oleic	7239,901
TGS linoleic	5011,592	TGS linoleic	4109,506
	16817,424		13790,288
Soap stock		Komponen lain	
Soap stock TGS	175,317	Impurities	144,798
Soap stock FFA	380,942	FFA	0,087
	556,25899	H2O sisa	75,995
			220,8799
Komponen lain		Aliran 5:	
Impurities	176,583	Soapstock TGS	175,316
NaOH sisa	0,074	Soapstock FFA	380,942
FFA	0,106	NaOH sisa	0,074
gliserol	17,886	Gliserol	17,886
H2O	759,949	TGS	3027,136
	954,598	H2O	683,954
		Impurities sisa	31,785
		FFA sisa	0,0191
			4317,114
Total	18328,282		18328,282

3. NERACA MASSA PADA TANGKI BLEACHING

Komponen masuk	Massa (kg)	Komponen keluar	Massa (kg)
Aliran 4		Aliran 7	
TGS	13790,288	TGS	13790,288
Impurities	144,798	impurities teradsorbsi	101,359
FFA	0,087	impurities sisa	43,439
H ₂ O sisa	75,995	FFA	0,0869
		H ₂ O sisa	75,995
Aliran 6		Karbon aktif	210,168
Karbon Aktif	210,168		
Total	14221,335	Total	14221,335

4. NERACA MASSA PADA FILTER PRESS

Komponen masuk	Massa (kg)	Komponen keluar	Massa(kg)
Aliran 7		Aliran 8	
TGS	13790,288	TGS	13748,91
Impurities teradsorbsi	101,359	FFA sisa	0,08
Impurities sisa	43,439	H ₂ O sisa	75,76
FFA	0,0869	Impurities sisa	43,43
H ₂ O sisa	75,995		
Karbon aktif	210,168	Aliran 9	
		TGS	41,37
		Impurities teradsorbsi	101,35
		FFA	0,000
		H ₂ O	0,22
		Karbon aktif	210,16
Total	14221,335	Total	14221,33

5. NERACA MASSA DI TANGKI HIDROGENASI

Komponen masuk	Massa (kg)	Komponen keluar	Massa (kg)
Aliran 8		Aliran 12	
TGS		TGS	
Asam palmitat	1443,636	Palmitat	1443,636
Asam stearat	989,922	Stearat	12415,5998
Asam oleat	7218,181		
Asam linoleat	4097,177		
FFA sisa	0,087	FFA sisa	0,015
H ₂ O sisa	75,767	H ₂ O sisa	75,767
impurities sisa	43,439	impurities sisa	43,439
Aliran 10		Katalis Ni	2,774
katalis Ni	2,774	gas H ₂	5,512
Aliran 11			
Gas H ₂	115,760		
Total	13986,744	Total	13986,744

6. NERACA MASSA PADA FILTER PRESS

Komponen masuk	Massa (kg)	Komponen keluar	Massa (kg)
Aliran 12		Aliran 13	
TGS		TGS	
Palmitat	1443,636	Asam palmitat	1439,305
Stearat	12415,5998	Asam stearat	12378,353
FFA sisa	0,015	FFA sisa	0,015
H ₂ O sisa	75,767	H ₂ O sisa	75,5396
impurities sisa	43,439	impurities sisa	43,309
Katalis Ni	2,774		
gas H ₂	5,512		
		Aliran 14	
		TGS	4,331
		Asam palmitat	37,2468
		Asam stearat	0,00045
		FFA	0,227
		H ₂ O	0,1303
		impurities sisa	2,774
		Katalis Ni	5,5124
		gas H ₂	
Total	13986,744	Total	13986,744

7. NERACA MASSA TANGKI DEODORISASI

Komponen masuk	Massa (kg)	Komponen keluar	Massa (kg)
Aliran 13		Aliran 16	
TGS		TGS	
Asam palmitat	1439,305	Asam palmitat	1432,109
Asam stearat	12378,353	Asam stearat	12316,461
FFA sisa	0,015	FFA sisa	0,015
H ₂ O sisa	75,5396	H ₂ O sisa	75,162
impurities sisa	43,309		

Aliran 15		Aliran 17	
Steam	1389,321	TGS	
		Asam palmitat	7,197
		Asam stearat	61,892
		FFA sisa	0,000075
		H ₂ O sisa	0,378
		Impuritis	43,309
		Steam	1389,321
Total	15325,844	Total	15325,844

8. NERACA MASSA TANGKI EMULSIFIKASI

Komponen masuk	Massa (kg)	Komponen keluar	Massa (kg)
Aliran 16		Aliran 20	
TGS		TGS	
Asam palmitat	1432,109	Asam palmitat	1432,109
Asam stearat	12316,461	Asam stearat	12316,461
FFA sisa	0,015	FFA sisa	0,015
H ₂ O sisa	75,162	H ₂ O sisa	75,162
Aliran 18		EFM	104,369
EFM	104,369	EFC	71,883
Aliran 19			
EFC	71,883		
Total	14000	Total	14000

**BAB IV
NERACA PANAS**

Kapasitas produksi = 14000 kg/hari = 4200 ton margarin/tahun
 Bahan baku = 17658,313 kg Minyak Biji Kapok /hari
 Kondisi operasi pabrik = 300 hari/tahun, 24 jam/hari
 Basis waktu = 1 hari
 Satuan panas = kcal
 Suhu reference = 25°C

1. Heater (E-212)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H crude in	43781,59	H crude out	437815,94
Q yang disupplay steam	414773	Q loss	20738,65
Total	458554,594	Total	458554,594

2. Tangki Netralisasi (R-210)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H crude in	460694,382	H crude out	460068,40
Q yang di supply steam	19820928,97	Q loss	18830508,49
		H reaksi	991046,45
Total	20281623,349	Total	20281623,349

3. Heater Bleaching (E-222)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H crude in	376732,362	H crude out	640445,016
Q yang disupplay steam	277592,267	Q loss	13879,613
Total	654324,629	Total	654324,629

4. Heater Hedrogenasi (E-233)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H crude in	584095,245	H crude out	1133831,95
Q yang disupplay steam	578670,212	Q loss	28933,51
Total	1162765,457	Total	1162765,457

5. Tangki Hidrogenasi (R-230)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H crude in	1133840,982	H crude out	1194431,583
Q yang di supply steam	426059296	Q loss	21302964,81
		H reaksi	404695740,71
Total	427193137,10	Total	427193137,10

6. Tangki Deodorisasi (D-240)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H crude in	1190786,77	H crude out	1612316,679
Q yang disupplay steam	1502417,05	Q loss	75120,852
		H vapour	1005766,282
Total	2693203,814	Total	2693203,814

7. Cooler (E-245)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H crude in	1612316,68	H crude out	394121,86
		Q yang diserap air pendingin	1218194,83
Total	1612316,68	Total	1612316,68

8. Tangki Votator (M-310)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H crude in	394121,855	H crude out	35829,260
		Q yang diserap Air Pendingin	358292,595
Total	394121,855	Total	394121,855

BAB V SPESIFIKASI ALAT

1. TANGKI PENAMPUNG MINYAK (F-231)

Fungsi	: Menampung minyak hasil filter press (H-226)
Kapasitas	: 17,054 ft ³
Bentuk	: Tangki silinder dengan tutup atas dished head dan tutup bawah datar
Diameter	: 2,5 ft
Tinggi tangki	: 32,5ft
Tebal tangki	: 3/16 in
Tebal tutup atas	: 3/16 in
Macam las	: Double welded butt joint
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-212 grade A
Jumlah	: 2 buah



2. POMPA (L-232)

Nama alat	: Pompa centrifugal
Fungsi	: Untuk mentransportasikan fluida dari tangki penampung ke Heater
Jenis	: Centrifugal Pump
Bahan	: Conventional
Kapasitas	: 11,059gpm kg/hari
Power motor	: 32 hp
Perpipaan	: inlet = outlet dengan nominal size 11/4 inch ID schedule 80
Jumlah	: 1 buah
Bahan Konstruksi	: Commercial Steel

3. HEATER (E-233)

Nama Alat	: Heater
Fungsi	: Untuk menaikkan suhu liquid sebelum masuk ke dalam tangki hidrogenator.
Type	: Shell and Tube Heat Exchanger

Ukuran :

- Shell side , ID = 12 in
- Baffle space = half circle
- Passes = 1
- Tube side, number and length = 76,16'10"
- OD , BWG, Pitch = $\frac{3}{4}$ in, 16 BWG, 1 in square
- Passes = 2

4. REAKTOR HIDROGENASI

Fungsi: Untuk menjenuhkan asam lemak tak jenuh menjadi asam lemak jenuh agar margarine berbentuk padat pada suhu kamar.

SPESIFIKASI REAKTOR

Proses	= Batch	
t reaksi	= 4 jam	
T operasi	= 190°C	
V reaktor	= 0,657 m ³	= 23,2 ft ³
Ds	= 0,83 m	= 32,4 in
H Vessel	= 1,23 m	= 4,05 ft
H Liquid	= 3,243 ft	
P desain	= 1,135 atm	= 16,675 Psi
Max Allow stress (f)	= 17500 Psi	
Pengelasan	= Double Welded Butt joint	
Factor pengelasan (ε)	= 0,85	
Factor korosi (C)	= 0,125	
Tebal shell (ts)	= 3/16 in	
OD	= 34 in	
ID	= 33 in	
Inside corner radius(Icr)	= 21/8 in	
Radius pada dish (r)	= 34 in	
Straight flanged (sf)	= 2	
Radius crown (rc)	= 33,625 in	
Inside radius shell (ri)	= 2,0175 in	
Tebal head (th)	= 0,16 in	

a	= 16,81 in
BC	= 31,9 in
AB	= 14,69 in
AC	= 28,31 in
b	= 5,7 in
OA	= 7,9 in

SPESIFIKASI PENGADUK

Jenis pengaduk	= Impeler "Flat six blade turbine"
Diameter pengaduk (Da)	= 10,8 in = 0,9 ft
Jarak pengaduk ke dasar tangki (C)	= 0,9 ft
Lebar pengaduk (W)	= 2,16 in = 0,18 ft
Lebar baffle (J)	= 3,24 in = 0,278 ft
Panjang pengaduk (L)	= 2,7 in = 0,225 ft
Kecapatan putaran	= 300 rpm = 5 rps
Power motor	= 1047 hp

SPESIFIKASI JAKET

Jarak shell dengan jaket	= 2 in
OD	= 36 in = 3 ft
Tebal jaket (T)	= 3/16 in

BAB VI UTILITAS

Dalam suatu pabrik, utilitas merupakan sarana penunjang dari suatu proses utama yang ada dalam pabrik tersebut. Oleh karena itu utilitas memegang peranan penting dalam pelaksanaan operasi dan proses. Sarana utilitas pada pabrik margarine meliputi:

1. Air

Air dalam pabrik margarine ini digunakan sebagai air pendingin, air sanitasi dan air proses.

2. Steam

Steam pada pabrik digunakan untuk proses pemanasan (menaikkan suhu).

3. Bahan bakar

Bahan bakar berfungsi untuk bahan bakar boiler dan pembangkit tenaga listrik.

4. Listrik

Listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak dari beberapa peralatan proses maupun penerangan.

VI.1 AIR

Jika dilihat dari unit utilitas, sebagian besar bahan yang akan digunakan dalam proses pabrik adalah air. Dalam pabrik margarine ini, kebutuhan air direncanakan diambil dari air sungai. Oleh karena itu air merupakan solvent umum dan secara praktis semua zat bisa larut didalamnya, maka sebelum digunakan air perlu diolah terlebih dahulu baik dengan cara penyaringan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang bersifat mikro maupun yang bersifat makro sebelum masuk ke dalam bak penampung.

Air di dalam bak penampung kemudian diolah lebih lanjut sesuai dengan keperluan. Adapun kegunaan air dalam pabrik ini adalah sebagai berikut :

VI.1.1 Air sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk keperluan mandi, minum, mencuci dan sebagainya. Pada dasarnya air sanitasi harus memiliki standar kualitas air bersih meliputi :

Fisik

- Suhu : dibawah suhu udara sekitar
- Warna : jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau
- Kekeruhan : $< 1 \text{ mgrSiO}_2/\text{liter}$

Kimia

- pH berkisar antara 6,5 – 8,5
- Kesadahan $< 70 \text{ ppm CaCO}_3$
- Tidak mengandung zat terlarut baik organik, anorganik maupun radioaktif
- Tidak mengandung zat beracun
- Tidak mengandung logam berat, seperti Pb, Ag, Cr, dan Hg

Biologis

- Tidak mengandung kuman atau bakteri terutama bakteri pathogen

VI.1.2 Air Proses

Yang dimaksud dengan air proses adalah air yang dipakai sebagai bahan baku dan bahan pembantu proses dalam hal ini digunakan dalam proses di pabrik margarine. Yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air proses adalah :

- Alkalinitas
- Keasaman (pH)
- Kekeruhan
- Warna
- Kandungan Fe dan Mn (logam berat)

VI.1.3 Air Pendingin

Syarat air pendingin meliputi :

- Turbidity kurang dari 50 ppm SiO_2
- pH antara 7,5 – 8,5
- Kadar Fe < 5 ppm
- Kadar H_2S < 5 ppm
- Kadar Mg < 0,5 ppm

Kebanyakan air digunakan sebagai air pendingin karena adanya faktor-faktor antara lain :

- Air merupakan materi yang mudah didapat dalam jumlah besar
- Mudah diatur dan diproses
- Tidak menyerap jumlah panas yang besar per satuan volume
- Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan daya temperatur pendingin
- Tidak terdekomposisi

Yang harus diperhatikan dalam air pendingin adalah :

- Hardness yang dapat menyebabkan kerak
- Kandungan Besi (Fe) yang dapat menyebabkan korosi
- Kandungan minyak yang dapat menyebabkan terganggunya “ film corrosion inhibitor”, heat transfer koefisien yang menurun dapat menjadi makanan mikroba yang dapat menyebabkan terjadinya endapan

Mengingat kebutuhan air pendingin cukup besar, maka perlu digunakan system sirkulasi untuk menghemat air yang diambil dari sungai.

VI.1.4 Air Umpan Boiler

Air umpan boiler adalah air umpan yang dilunakkan dari kandungan mineral yang terdapat dalam air tersebut. Walaupun air sudah kelihatan jernih tetapi pada umumnya masih mengandung garam dan asam yang terbawa oleh air sungai yang dapat merusak boiler.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air umpan boiler adalah :

1. Zat-zat penyebab korosi

Korosi di dalam ketel disebabkan karena air pengisi mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti oksigen, karbondioksida, H_2 , atau NH_3 . Oksigen dan CO_2 masuk dalam air karena aerasi maupun kontak terjadi dalam atmosfer.

2. Zat penyebab "scale foaming"

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan biasanya menyebabkan foam (busa) pada boiler, karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinitas tinggi.

Di samping itu air umpan boiler harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- | | | |
|-------------------|---|------------------------|
| • pH | : | 8,5 - 9,5 |
| • Hardness | : | 1 ppm sebagai $CaCO_3$ |
| • O_2 terlarut | : | 0,02 ppm |
| • CO_2 terlarut | : | 25 ppm |
| • Fe^{3+} | : | 0,05 ppm |
| • Ca^{2+} | : | 0,01 ppm |
| • SiO_2 | : | 0,1 ppm |
| • Cl_2 | : | 4,2 ppm |

Sebelum air dari unit pengolahan air digunakan sebagai air umpan boiler, dilakukan pelunakan air., Adapun tujuannya adalah untuk menghilangkan ion Mg^{2+} dan Ca^{2+} yang mudah sekali membentuk kerak. Kerak akan menghalangi proses perpindahan panas sehingga akan menyebabkan over-heating yang memusat dan dapat menyebabkan pecahnya pipa.

TAHAPAN DARI WATER TREATMENT

Untuk pengolahan air meliputi :

- Pengendapan kotoran
- Penambahan bahan kimia

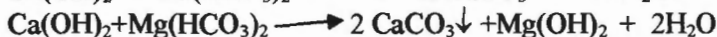
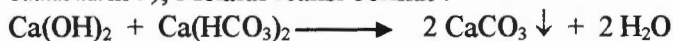
- Pengendapan
- Filtrasi
- Pelunakan air untuk mengurangi kesadahan

1. Pengendapan kotoran

Air yang diambil dari sungai sebelum masuk bak penampung dilewatkan saringan (strainer) untuk mengurangi kotoran seperti sampah, plastik dll, kemudian air secara overflow masuk ke bak penampung dialirkan ke pengolahan berikutnya.

2. Penambahan Bahan Kimia

Pada bak flokulator disertai dengan pengadukan cepat (80 - 100 rpm) dan penambahan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), agar larutan tawas dapat tercampur sempurna dengan air yang diolah. Tujuan penambahan tawas adalah untuk membentuk inti - inti flok yang sukar mengendap sehingga waktu pengendapan menjadi lebih cepat. Setelah terbentuk gumpalan-gumpalan, air dialirkan ke bagian bak berpengaduk dengan kecepatan lambat (5 - 8 rpm) yang disertai penambahan larutan kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) untuk mengkondisikan pH air tetap dalam keadaan netral. Tujuan pengadukan lambat disini adalah untuk membantu memperbesar flok-flok sehingga menjadi berat. Sedangkan penambahan larutan kapur bertujuan untuk mengikat kesadahan karbonat (Diktat Utilitas hal III-9), Melalui reaksi berikut :



3. Pengendapan

Selanjutnya, air dari bak penambahan bahan kimia dialirkan secara overflow ke perangkat sedimentasi yang bekerja berdasarkan gaya gravitasi. Untuk lebih mengoptimalkan proses pengendapan ini, maka dalam bak sedimentasi dilengkapi pula dengan clarifier lamela yang berputar dalam kecepatan putar tertentu untuk mengambil

kotoran yang telah mengendap pada dasar bak sedimentasi untuk kemudian dipompa keluar. Dari bak sedimentasi ini, air bersih kemudian dialirkan secara overflow menuju bak penampung air bersih.

Faktor – faktor yang mempengaruhi proses pengendapan antara lain :

- Waktu pengendapan
- Perbedaan berat jenis partikel atau lumpur dengan air
- Adanya gaya gravitasi
- Kecepatan aliran

4. Filtrasi

Dari bak penampung air bersih, air kemudian dipompakan masuk ke dalam perangkat filtrasi yang berupa sand filter untuk mengikat kotoran-kotoran dalam air yang kemungkinan masih belum terpisah setelah melalui proses sedimentasi. Dalam pabrik margarine ini digunakan pasir silika sebagai media filtrasi. Kotoran yang masih terdapat dalam air akan tertahan oleh media filtrasi. Apabila kotoran pada media filtrasi sudah banyak, maka dilakukan pencucian dengan jalan mengalirkan air dari bawah (arah berlawanan dengan proses filtrasi / back wash). Air yang lolos merupakan air yang jernih dan bersih yang kemudian ditampung dalam bak penampung air bersih.

Selanjutnya air dari sand filter kemudian ditampung sementara dalam bak penampung air bersih kemudian baru didistribusikan menurut fungsinya masing-masing, yaitu air sanitasi, air proses, air pendingin, dan air umpan boiler. Khusus untuk air pendingin dapat secara langsung digunakan, sedangkan untuk air sanitasi perlu terlebih dahulu ditambahkan dengan kaporit (CaOCl_2) sebagai desinfektan untuk mensterilkan air dari kuman. Untuk air proses dan air umpan boiler diperlukan perangkat pelunakan air guna memenuhi standar operasi yang optimal.

5. Softening

Untuk air umpan boiler dan air proses, sebelum dipergunakan, memerlukan pengolahan terlebih dahulu dengan menggunakan softener berupa kation exchanger. Dari sini, air umpan boiler digunakan secara langsung untuk membuat steam, sedangkan untuk air proses karena ini adalah industri makanan sehingga diperlukan perlakuan tambahan untuk menghilangkan kandungan mineralnya agar produk yang dihasilkan bebas dari kandungan mineral seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang dapat merusak kualitas makanan, sehingga air proses ini kemudian dalam penggunaannya benar – benar bebas dari kandungan mineral. Untuk itu baik air umpan boiler maupun air proses sebelum digunakan, terlebih dahulu dilewatkan melalui degasifier dan mixed bed exchanger yang dapat berupa kation. Pada prinsipnya, pada kation exchanger, ion positif seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} akan digantikan dengan ion H dari resin asam kuat (R – H).

Untuk keperluan efektifitas operasi, dalam unit ini juga dilengkapi dengan fasilitas regenerasi untuk mengembalikan kemampuan resin, yaitu dengan menambahkan larutan NaCl kedalam kation exchanger.

Reaksi yang terjadi pada proses softener, antara lain :

Kation exchanger :



Dalam proses pengolahan air untuk pabrik margarin kandungan air softener sangat diperhatikan karena kandungan logam dalam air akan mempengaruhi kandungan minyak.

PERHITUNGAN KEBUTUHAN AIR

A. Air sanitasi

Asumsi : Kebutuhan air untuk seorang karyawan : $0,4 \text{ m}^3$ /hari

Jumlah karyawan : 200 orang

Kebutuhan air untuk 200 karyawan : 80 m^3 /hari

Cadangan (10%)	: 8 m ³ /hari
Total	: 88 m ³ /hari

B. Air Pendingin

Kebutuhan air pendingin pada pabrik ini meliputi :

No	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1	Cooler (E-245)	40659.351
2	Votator (H-310)	11958.633
Total		52617.984

Menghitung kebutuhan air pendingin :

ρ_{H_2O} pada 30°C = 995,668 kg/m³

$$\begin{aligned}
 \text{Maka total kebutuhan air pendingin} &= \frac{\text{massa } H_2O}{\rho_{H_2O}} \\
 &= \frac{52617.984}{995.668} \\
 &= 52.847 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

C. Air Umpan Boiler

Air yang dibutuhkan = steam yang dibutuhkan.

Kebutuhan Steam pada pabrik ini meliputi :

No.	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1.	Heater Netralisasi (E-212)	1016.87679
2.	Heater Bleaching (E-222)	676.777
3.	Heater Hidrogenasi (E-233)	1410.813
4.	Tangki deodorisasi (D-240)	3662.931
Total		6767.3978

$$\begin{aligned}
 \text{Air umpan boiler yang dibutuhkan} &= \text{steam yang dibutuhkan} \\
 &= \frac{\text{massa } H_2O}{\rho H_2O} \\
 &= \frac{6767.3978}{995.688} \\
 &= 6.8 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

D. Air Proses

Kebutuhan air proses pada pabrik ini meliputi :

No	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1	Tangki NaOH (H-213)	595.870012
Total		595.870012

$$\begin{aligned}
 \text{Air proses yang dibutuhkan} &= \frac{\text{massa } H_2O}{\rho H_2O} \\
 &= \frac{595.870012}{995.688} = 0.59845 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Karena digunakan system sirkulasi untuk menghemat air yang diambil dari sungai, maka diasumsikan :

95% dari air pendingin kembali ke cooling tower

90% dari kondensat kembali ke air umpan boiler

Jadi :

Air pendingin yang diresirkulasi : 95% dari total kebutuhan air pendingin

$$\begin{aligned}
 &= 95 \% \times 52.847 \text{ m}^3 \\
 &= 50.20465 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Air kondensat yang diresirkulasi : 90% dari total kebutuhan air umpan boiler

$$\begin{aligned}
 &= 90 \% \times 6.8 \text{ m}^3 \\
 &= 6.12 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi total air yang diresirkulasi adalah : $50.20465 + 6.12$
: 56.32465 m^3

Make up water = 10% dari air pendingin + 20% dari air umpan boiler

$$= (10\% \times 52.847) + (20\% \times 6.8)$$

$$= 6.6447 \text{ m}^3$$

TOTAL KEBUTUHAN AIR

No	Air yang digunakan	Kebutuhan air (m ³ /hari)
1	Air sanitasi	88
2	Air pendingin	52.85
3	Air umpan boiler	6.8
4	Air proses	0.6
5	Make Up water	6.6
Total		154.89015

VI.2. STEAM

Pada pabrik margarine ini steam mempunyai peranan yang sangat penting, steam yang digunakan adalah saturated steam.

Kebutuhan steam untuk pabrik margarine adalah sebagai berikut :

No,	Nama Peralatan	Kebutuhan steam (kg/hari)
1.	Heater Netralisasi (E-212)	618.35485
2.	Heater Bleaching (E-222)	448.47147
3.	Heater Hidrogenasi (E-233)	1016.87679
4.	Tangki deodorisasi (D-240)	2411.0868
Total		6767.3978

VI.3. BAHAN BAKAR

Dipakai bahan baker fuel oil dengan spesifikasi: (kern 713)

⁰API Fuel oil = 25 – 35

Heating value = 171.30 btu/lb

Kebutuhan uap air untuk atomisasi fuel oil = 0 m³ lb uap air/lb fuel oil

Kebutuhan udara untuk pembakaran sempurna	= 25%
Lb udara/lb fuel oil	= 17,44
Effisiensi	= 75%

VI.4. LISTRIK

Tenaga listrik untuk pabrik ini disupplay oleh jaringan PLN dan sebagai cadangan digunakan generator untuk mengatasi keadaan bila sewaktu-waktu terjadi gangguan PLN. Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dapat dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk masing-masing ruangan atau halaman di sekitar pabrik yang memerlukan penerangan.

Perhitungan kebutuhan listrik :

Daya (beban) listrik = 65,97 KW

Dari PLN diperoleh data sebagai berikut :

Biaya beban per KVA = Rp. 2500

Biaya beban per KWh = Rp. 500

Biaya beban per bulan = $65,97 \times \text{Rp.}500 = \text{Rp.}2985$

Pemakaian listrik per hari = $100\text{KVA} = 3000\text{KVA/bulan}$

Biaya pemakaian listrik = $3000 \times \text{Rp.}2500$

= Rp. 7.500.000 / bulan

BAB VII

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

VII.1. Pendahuluan

Keselamatan kerja adalah segala upaya atau pemikiran yang ditujukan untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohani tenaga kerja khususnya dan manusia pada umumnya, hasil karya dan budayanya untuk meningkatkan kesejahteraan tenaga kerja menuju masyarakat adil dan makmur. Pada Pabrik Margarine dari Minyak Biji Kapok dengan Proses Hidrogenasi ini, keselamatan dan kesehatan kerja adalah bagian yang mendapat perhatian khusus, oleh karena itu dilakukan usaha-usaha pencegahan yang bertujuan untuk menghindari hal-hal yang menimbulkan terjadinya kecelakaan kerja serta untuk meningkatkan produktivitas dan keuntungan bagi perusahaan.

Tujuan dari kesehatan dan keselamatan kerja ditinjau dari berbagai pendekatan, antara lain :

- Pendekatan kemanusiaan
 1. Berupaya mencegah terjadinya penderitaan bagi tenaga kerja dan ikut serta
 2. Menciptakan terwujudnya kesejahteraan hidup
- Pendekatan ekonomis

Berupaya meningkatkan keuntungan dengan menghindari kerugian bagi tenaga kerja dan perusahaan
- Pendekatan sosial

Berupaya menghindari kerugian bagi masyarakat baik langsung maupun tidak langsung

Menurut " UU No.1 Th. 1970 " yang dimaksud dengan keselamatan kerja, yaitu :

- Agar para pekerja dan orang lain yang berada di lokasi pekerjaan tetap sehat dan selamat.

- Melindungi sumber – sumber produksi agar terpelihara dengan baik dan dipergunakan secara efisien.
- Melindungi agar proses produksi berjalan lancar tanpa hambatan apapun
- Kesehatan dan keselamatan kerja memerlukan tanggung jawab dari semua pihak karena hal ini tergantung dari Direksi, tingkah laku karyawan, keadaan peralatan atau lingkungan kerja itu sendiri.

Menurut “ Peraturan Pemerintah No.11 Th. 1979 “, kecelakaan dibagi menjadi 4 macam , antara lain :

1. Kecelakaan ringan, kecelakaan yang terjadi tetapi tidak menimbulkan hilangnya jam kerja
2. Kecelakaan sedang, kecelakann yang terjadi sehingga menimbulkan hilangnya jam kerja tetapi tidak menimbulkan cacat jasmani
3. Kecelakaan berat, kecelakaan yang terjadi sehingga berakibat fatal dan menyebabkan cacat jasmani
4. Kecelakaan mati, kecelakaan yang menyebabkan hilangnya nyawa manusia

VII.2. Sebab – sebab timbulnya kecelakaan

Secara umum sebab – sebab timbulnya kecelakaan di lingkungan pabrik adalah sebagai berikut :

1. Lingkungan Fisik

Sumber bahaya kecelakaan dari lingkungan fisik meliputi mesin – mesin, peralatan, bahan produksi, lingkungan kerja, penerangan dan lain – lain.

Kecelakaan yang terjadi akibat dari :

- Kesalahan perencanaan
- Aus atau rusaknya peralatan
- Kesalahan pada waktu pembelian
- Terjadi ledakan karena kondisi operasi yang tidak terkontrol
- Penyusunan peralatan dan bahan produksi yang kurang tepat

- Lingkungan kerja yang tidak memenuhi persyaratan seperti panas, bising, salah penerangan dan lembab
2. Manusia (Karyawan)
- Kecelakaan yang disebabkan oleh manusia (karyawan), antara lain :
- Kurangnya pengetahuan dan keterampilan karyawan
 - Tidak cocoknya karyawan dengan peralatan atau lingkungan kerja
 - Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja
3. Sistem Manajemen
- Kecelakaan yang disebabkan oleh manajemen adalah sebagai berikut :
- Kurangnya perhatian manager terhadap keselamatan kerja
 - Kurangnya penerapan prosedur kerja dengan baik
 - Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan dan modifikasi
 - Tidak adanya inspeksi peralatan
 - Kurangnya sistem penanggulangan terhadap bahaya

VII.3. Hal – hal yang harus diperhatikan

Untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu :

a. Bangunan pabrik

Bangunan gedung beserta alat – alat konstruksinya harus memenuhi persyaratan yang telah direkomendasikan oleh para ahli yang bersangkutan untuk menghindari bahaya – bahaya kebakaran, kerusakan akibat cuaca, gempa, petir, banjir dan lain sebagainya. Lingkungan sekitar pabrik harus dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi para pekerja serta penduduk sekitarnya. Jangan sampai



kehadiran pabrik tersebut malah menimbulkan pencemaran bagi lingkungan sekitar sehingga mengakibatkan ketidaknyamanan bagi penduduk sekitar.

b. Ventilasi

Ruang kerja harus cukup luas, tidak membatasi atau membahayakan gerak pekerja, serta dilengkapi dengan sistem ventilasi yang baik sesuai dengan kondisi tempat kerjanya, sehingga pekerja dapat bekerja leluasa, aman, nyaman, karena selalu mendapatkan udara yang bersih.

c. Alat – alat bergerak

Alat – alat berputar atau bergerak seperti motor pada pompa ataupun kipas dalam blower, motor pada pengaduk harus selalu berada dalam keadaan tertutup, minimal diberi penutup pada bagian yang bergerak, serta harus diberi jarak yang cukup dengan peralatan yang lainnya, sehingga bila terjadi kerusakan akan dapat diperbaiki dengan mudah

d. Peralatan yang menggunakan sistem perpindahan panas

Peralatan yang memakai sistem perpindahan panas harus diberi isolator, misalnya : Boiler, Condensor, Heater dan sebagainya. Disamping itu di dalam perancangan faktor keselamatan (safety factor) harus diutamakan, antara lain dalam hal pengelasan (pemilihan sambungan las), faktor korosi, tekanan (stress). Hal ini memegang peranan penting dalam mencegah terjadinya kecelakaan kerja, efisiensi dan produktivitas operasional, terutama untuk mencegah kehilangan panas pada alat – alat tersebut. Selain itu harus diupayakan agar suhu ruangan tidak terlalu tinggi dengan jalan memberi ruang (space) yang cukup untuk peralatan, mencegah kebocoran steam yang terlalu besar, serta pemasangan alat – alat kontrol yang sesuai

e. Sistem perpipaan

Pipa – pipa harus dipasang secara efektif supaya mudah menghantarkan fluida proses atau utilitas tanpa adanya



kehilangan energi atau massa, dalam waktu yang tepat. Pipa – pipa tersebut juga harus diletakkan di tempat yang terjangkau dan aman sehingga mudah diperbaiki dan dipasang. Untuk pipa yang dilalui fluida panas harus diberi isolasi (berupa sabut atau asbes) dan diberi sambungan yang dapat memberikan fleksibilitas seperti belokan – U (U – bed), tee, juga pemilihan valve yang sesuai untuk menghindarkan peledakan yang diakibatkan oleh pemuaian pipa

f. Sistem kelistrikan

Penerangan di dalam ruangan harus cukup baik dan tidak menyilaukan agar para pekerja dapat bekerja dengan baik dan nyaman. Setiap peralatan yang dioperasikan secara elektrik harus dilengkapi dengan pemutusan arus (sekering) otomatis serta dihubungkan dengan tanah (ground) dalam bentuk arde, untuk menjaga apabila sewaktu – waktu terjadi hubungan singkat. Pemeriksaan peralatan listrik secara teratur perlu dilakukan.

g. Karyawan

Seluruh karyawan dan pekerja, terutama yang menangani unit – unit vital, hendaknya diberi pengetahuan dan pelatihan khusus dalam bidang masing – masing , juga dalam bidang kesehatan dan keselamatan kerja secara umum. Disamping itu pihak pabrik harus gencar memberikan penyuluhan tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K-3), baik secara lisan maupun secara tertulis (berupa tanda – tanda berbahaya / larangan serta peraturan pengoperasian peralatan yang baik dan benar pada tiap – tiap alat terutama yang berisiko tinggi). Dengan demikian diharapkan para karyawan akan mampu menangani kondisi darurat yang dapat terjadi sewaktu – waktu, setidaknya pada tahap awal.

VII.4. Instalasi Pemadam Kebakaran

Instalasi semacam ini mutlak untuk setiap pabrik karena bahaya kebakaran mungkin terjadi dimanapun, terutama di tempat – tempat yang mempunyai instalasi pelistrikan. Kebakaran dapat disebabkan karena adanya api kecil, kemudian secara tidak terkontrol dapat menjadi kebakaran besar. Untuk meminimalkan kerugian material akibat bahaya kebakaran ini setiap pabrik harus memiliki dua macam instalasi pemadam kebakaran, yaitu :

- Instalasi tetap : hydran, sprinkel, dry chemical powder
- Instalasi tidak tetap : fire extinguisher

Untuk instalasi pemadam tetap perangkatnya tidak dapat dibawa – bawa, diletakkan ditempat – tempat tertentu yang rawan bahaya kebakaran, misalnya : dekat reaktor, boiler, diruang operasi (Operasi Unit), atau power station. Sedangkan instalasi pemadam kebakaran tidak tetap perangkatnya dapat dibawa dengan mudah ke tempat dimana saja.

Upaya pencegahan dan penanggulangan kebakaran di pabrik ini adalah :

- Peralatan seperti boiler atau peralatan lain yang mudah terbakar (meledak) diletakkan dibagian bawah serta dijauhkan dari peralatan lain
- Antara unit satu dengan unit yang lainnya diberi jarak yang cukup, tidak terlalu berdekatan untuk menghambat laju api dan memberi ruang yang cukup bagi usaha pemadaman bila sewaktu – waktu terjadi kebakaran.
- Bangunan – bangunan seperti : workshop (bengkel perbaikan), laboratorium quality control, serta kantor administrasi diletakkan terpisah dari operating unit dan power station
- Memberlakukan larangan merokok di lokasi pabrik

- Memberlakukan larangan membersihkan peralatan dengan menggunakan bensin atau solar
- Menempatkan instalasi pemadam kebakaran tetap berupa hidran, dry chemical dan foam extinguisher di tempat – tempat yang rawan bahaya kebakaran serta memiliki satu unit kendaraan pemadam kebakaran beserta anggota yang terlatih dan terampil
- Menyediakan tabung – tabung pemadam api di setiap ruangan

VII.5. Alat – Alat Pelindung Diri

Untuk melindungi para karyawan dari bahaya kecelakaan kerja pihak perusahaan semestinya juga menyediakan alat – alat pelindung diri yang cukup. Untuk pabrik asam oksalt ini dibutuhkan alat – alat pelindung diri, antara lain :

a. Alat Pelindung Kepala

Yaitu : Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras.

Diberikan kepada semua karyawan yang berada pada area unit produksi

b. Alat Pelindung Mata

Yaitu : Welding mask atau welding glasses, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan

Diberikan pada karyawan yang menangani masalah pengelasan

c. Alat Pelindung Telinga

Yaitu : Ear plug (dapat menahan suara sampai 39dB) dan ear muff (sampai 41 dB), atau gabungan keduanya Diberikan kepada karyawan operator peralatan (mesin) terutama yang ber rpm tinggi

d. Alat Perlindungan Pernafasan

Yaitu : Cartridge respirator (berupa full face mask dan half mask), berfungsi untuk melindungi

pernafasan dari udara yang terkontaminasi dengan kadar toksisitas rendah sampai sedang
Digunakan oleh karyawan yang menangani tangki penyimpan $\text{Ca}(\text{OH})_2$

e. **Alat Pelindung Tangan**

Yaitu : Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis chrom (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda panas)

Diberikan kepada karyawan operating unit, power station, serta karyawan yang menangani maintenance

f. **Alat pelindung Kaki**

Yaitu : Sepatu pengaman (safety shoes), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif dan terlindung dari lumpur dari hasil samping

Hendaknya diberikan pada semua karyawan terutama yang menangani bagian limbah dan hasil samping serta produksi

g. **Tali atau Sabuk Pengaman**

Yaitu : berfungsi untuk mengamankan tubuh pekerja atau karyawan pada saat kontrol di tower – tower atau tangki yang tinggi dan perlu penanganan yang khusus demi mempermudahnya

Diberikan pada karyawan bagian operator kontrol.

VII.6. Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada pabrik margarine
ini terdiri dari :

1. Keselamatan Karyawan

• **Pada daerah Tangki Penampung**

Pada kawasan ini pekerja / karyawan diwajibkan menggunakan :



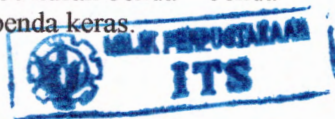
- Alat pelindung mata : Welding mask atau welding glasses, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, selain itu untuk pencegahan awal jika ada partikel – partikel berbahaya akibat dari proses dan jika terjadi adanya kebocoran pada tangki yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.
- Alat pelindung tangan : Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis chrom (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda panas)
- Alat pelindung kaki : Sepatu pengaman (safety shoes), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif dan terlindung dari kebocoran tangki.
- Alat pelindung kepala : Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.
- Alat pelindung badan : Cattle pack berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada tangki penampung yang mempunyai suhu lebih besar dari 100 °C selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas.
- Pada daerah perpompaan
Pada daerah yang ada system perpompaan ini pekerja / karyawan diwajibkan menggunakan :
 - Alat pelindung mata : Welding mask atau welding glasses, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, selain itu untuk pencegahan awal jika terjadi adanya kebocoran pada pipa penghubung pompa yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.

- Alat pelindung tangan : Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis chrom (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda bersuhu tinggi)
- Alat pelindung kaki : Sepatu pengaman (safety shoes), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pompa/pipa.
- Alat pelindung kepala : Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.
- Alat pelindung badan : Cattle pack berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada system perpompaan yang mempunyai suhu lebih besar dari 100 °C selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas dari kebocoran pompa.
- Pada daerah Perpipaan
Pada kawasan perpipaan karyawan selain harus hati – hati dan selalu mengecek kondisi pipa, maka ditambah lagi dengan pemakaian alat pelindung diri diantaranya :
 - Alat pelindung tangan : Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis chrom (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda bersuhu tinggi)
 - Alat pelindung kaki : Sepatu pengaman (safety shoes), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas/terlalu panasnya pipa atau larutan asam



ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pipa.

- Alat pelindung kepala : Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.
- Alat pelindung badan : Cattle pack berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada system perpipaan yang mempunyai suhu lebih besar dari 100 °C selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas.
- Pada daerah Heat Exchanger
Pada kawasan ini pekerja / karyawan diwajibkan menggunakan :
 - Alat pelindung mata : Welding mask atau welding glasses, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, selain itu untuk pencegahan awal jika terjadi adanya kebocoran pada pipa penghubung yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.
 - Alat pelindung tangan : Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis chrom (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda bersuhu tinggi)
 - Alat pelindung kaki : Sepatu pengaman (safety shoes), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas/terlalu panasnya pipa HE atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pipa.
 - Alat pelindung kepala : Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.



- Alat pelindung telinga : Ear plug (dapat menahan suara sampai 39dB) dan ear muff (sampai 41 dB), atau gabungan keduanya.
Diberikan kepada karyawan operator peralatan (mesin) terutama yang ber rpm tinggi
- Alat pelindung badan : Cattle pack berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada system perpipaan yang mempunyai suhu lebih besar dari 100 °C terutama pada daerah heater dan boiler selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas
- Pada daerah Tangki Mixing
Pada kawasan ini sama halnya dengan kawasan tangki penampung maka karyawan diwajibkan menggunakan :
 - Alat pelindung mata : Welding mask atau welding glasses, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, selain itu untuk pencegahan awal jika terjadi adanya kebocoran pada pipa penghubung yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.
 - Alat pelindung tangan : Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis chrom (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda bersuhu tinggi)
 - Alat pelindung kaki : Sepatu pengaman (safety shoes), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas/terlalu panasnya tangki atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pipa.
 - Alat pelindung kepala : Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.

- Alat pelindung badan : Cattle pack berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada system perpipaan/tangki mixing yang mempunyai suhu lebih besar dari 100°C selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas
- Pada daerah Centrifuge
Pada kawasan ini sama halnya dengan kawasan perpompaan maka karyawan diwajibkan menggunakan :
 - Alat pelindung mata : Welding mask atau welding glasses, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, selain itu untuk pencegahan awal jika terjadi adanya kebocoran pada pipa penghubung yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.
 - Alat pelindung tangan : Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis chrom (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda bersuhu tinggi)
 - Alat pelindung kaki : Sepatu pengaman (safety shoes), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas/terlalu panasnya suhu centrifuge atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pipa.
 - Alat pelindung kepala : Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.
 - Alat pelindung badan : Cattle pack berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada centrifuge yang mempunyai suhu lebih besar dari 100°C selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas

- Pada daerah Reaktor
Pada kawasan ini sama karyawan diwajibkan menggunakan :
 - Alat pelindung mata : Welding mask atau welding glasses, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, selain itu untuk pencegahan awal jika terjadi adanya kebocoran pada pipa penghubung yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.
 - Alat pelindung tangan : Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis chrom (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda bersuhu tinggi)
 - Alat pelindung kaki : Sepatu pengaman (safety shoes), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas/terlalu panasnya tangki atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pipa.
 - Alat pelindung kepala : Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.
 - Alat pelindung badan : Cattle pack berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada system perpipaan / reaktor yang mempunyai suhu lebih besar dari 100 °C selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas
- Pada daerah Filter Press
Pada kawasan ini maka karyawan diwajibkan menggunakan :
 - Alat pelindung mata : Welding mask atau welding glasses, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan, selain itu untuk

pengecekan awal jika terjadi adanya kebocoran pada pipa penghubung yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan.

- Alat pelindung tangan : Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis chrom (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda bersuhu tinggi)
- Alat pelindung kaki : Sepatu pengaman (safety shoes), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas/terlalu panasnya tangki atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pipa.
- Alat pelindung kepala : Safety helmet yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras atau kejatuhan benda – benda keras.
- Alat pelindung badan : Cattle pack berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada filter press yang mempunyai suhu lebih besar dari 100 °C selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas

2. Keselamatan Pabrik

a. Pada Tangki Penampung

Pada tangki penampung minyak, harus dilengkapi dengan system keamanan yang berupa :

- Pemberian Label dan spesifikasi bahannya.
- Serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3

b. Pada Pompa

Pada pompa harus dilengkapi dengan penutup pompa serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

c. Pada system Perpipaan

Pada system perpipaan digunakan pengecatan secara berbeda pada tiap aliran fluida, misalnya fluida panas digunakan pipa yang sudah dicat warnah merah , sedangkan aliran fluida dingin digunakan warna biru, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3. Selain itu penempatan perpipaan haruslah aman atau tidak mengganggu jalannya proses serta kegiatan dari para pekerja atau karyawan.

d. Pada Heat Exchanger

Pada area Heat Exchanger khususnya Heater dilengkapi dengan isolator untuk mencegah terjadinya radiasi panas yang tinggi, sedangkan pada Boiler mempunyai level suara sampai batas 85 dB, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

e. Pada area pabrik secara umum/ keseluruhan

- Disediakan jalan diantara plant-plant yang berguna untuk kelancaran transportasi para pekerja serta memudahkan pengendalian pada saat keadaan darurat (missal : kebakaran)
- Disediakan hydrant disetiap plant (unit) untuk menanggulangi/ pencegahan awal pada saat terjadi kebakaran/ peledakan.
- Memasang alarm disetiap plant (unit) sebagai tanda peringatan awal adanya keadaan darurat.
- Disediakan pintu dan tangga darurat yang dapat digunakan sewaktu-waktu pada saat terjadi keadaan darurat.

BAB VIII INSTRUMENTASI

Dalam perencanaan suatu pabrik, instrumentasi merupakan bagian yang penting dari peralatan proses suatu industri. Sebab dengan adanya sistem instrumentasi tersebut, maka bagian-bagian yang penting dari pabrik dan memerlukan pengawasan rutin dapat dikontrol dengan baik.

Instrument ditujukan untuk memonitor variabel proses yang kritis itu dilengkapi dengan alarm yang otomatis, untuk mengingatkan operator akan kondisi yang kritis dan berbahaya. Adapun tujuan utama dari pemasangan alat instrumentasi adalah :

Untuk menjaga suatu proses instrumentasi tetap aman :

- Menjaga variabel-variabel proses berada dalam batas operasi yang aman.
- Mendeteksi timbulnya kondisi yang berbahaya sedini mungkin dan membuat tanda bahaya serta interlock otomatis jika kondisi ini timbul.
- Menjaga jalannya suatu proses sehingga berada dalam batas operasi yang aman.
- Menjaga kualitas berada dalam standart yang ditetapkan.
- Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan tetap memperhatikan faktor-faktor lain.

Pengendalian variable proses dapat dilakukan secara manual maupun secara otomatis. Pengaturan secara manual, biasanya peralatan yang dikontrol hanya diberi instrument penunjuk atau pencatatan saja, sedangkan untuk pengendalian secara otomatis diperlukan beberapa elemen, yaitu :

1. Sensor

Sensor adalah suatu alat yang sangat sensitive terhadap perubahan besaran fisik yang terjadi dalam suatu proses.

2. Elemen penguat

Elemen penguat berfungsi untuk mengubah perubahan besaran fisik yang dideteksi oleh sensor menjadi signal yang dapat dibaca oleh controller.

3. Controller

Controller merupakan elemen yang berfungsi mengatur besaran proses agar tetap sesuai dengan kondisi yang dikehendaki (sesuai dengan set point yang diinginkan) agar peralatan produksi dapat beroperasi secara optimum.

4. Element pengontrol akhir

Element yang berfungsi untuk mewujudkan signal koreksi dari controller menjadi aksi yang dapat mengembalikan kondisi variable proses ke harga yang telah ditetapkan.

Faktor-faktor yang diperlukan dalam pemilihan instrumentasi adalah:

- Sensitivity
- Readability.
- Accuracy
- Precition
- Bahan konstruksi serta pengaruh pemasangan peralatan instrumentasi pada kondisi proses.
- Faktor – faktor ekonomi

Alat –alat kontrol yang banyak digunakan dalam bidang industri :

1. Temperatur Controller (TC)

Fungsi : untuk mengendalikan atau mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.

2. Temperatur Indikator (TI)

Fungsi : Untuk mengetahui temperatur operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut

3. Temperatur Recorder Controlller (TRC)

Fungsi : Untuk mencatat dan mengendalikan temperatur operasi

4. Pressure Indikator (PI)

Fungsi : Untuk mengendalikan tekanan pada alat secara terus menerus sesuai dengan kondisi operasi yang diminta

5. Pressure Controller (PC)

Fungsi : Untuk mengendalikan tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diminta

6. Pressure Recorder Controller (PRC)

Fungsi : Untuk mencatat dan mengatur tekanan dalam alat secara terus menerus sesuai dengan kondisi yang diminta

7. Flow Recorder (FR)

Fungsi : Untuk mencatat dan mengatur tekanan debit aliran dalam alat secara terus menerus

8. Flow Recorder Controller (FRC)

Fungsi : Untuk mencatat dan mengatur debit aliran cairan secara terus menerus

9. Level Indikator (LI)

Fungsi : Untuk mengetahui tinggi cairan dalam suatu alat

10. Level Controller (LC)

Fungsi : Untuk mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat sehingga tidak melebihi dari batas yang ditentukan

11. Level Recorder Controller (LRC)

Fungsi : Untuk mencatat dan mengatur, serta mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat

No.	Nama Alat	Instrumentasi
1	Tangki penampung minyak (F-110)	Level control
2	Heater (E-212)	Flow control Temperatur control
3	Tangki Netralisasi (R-210)	Flow control Temperatur control
4	Tangki pelarutan NaOH (H-213)	Flow control

5	Heater (E-222)	Flow control
6	Tangki Bleaching (M-220)	Temperatur control
7	Tangki penampung minyak (F-224)	Level control
8	Filter Press (H-226)	Level indikator
9	Tangki penampung minyak (F-231)	Flow Control
10	Heater (E-233)	Level indikator
11	Tangki Hidrogenasi (R-230)	Flow control
12	Tangki H ₂ (F-235)	Temperatur control
13	Tangki penampung minyak (F-236)	Temperatur control
14	Filter Press (H-238)	Flow control
15	Tangki penampung minyak (F-241)	Level indikator
16	Tangki Deodorisasi (D-240)	Flow Control
17	Cooler (E-245)	Level indikator
18	Tangki EFM (F-252)	Temperatur control
19	Tangki EFC (F-253)	Pressure Control
20	Tangki Emulsifikasi (H-250)	Temperatur control
21	Tangki Votator (H-310)	Flow control
22	Tangki penampung produk	Level indikator



BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA

Pada proses pembuatan margarine ini, dihasilkan beberapa limbah yang memerlukan penanganan khusus sebelum dibuang ke lingkungan atau dimanfaatkan kembali (dikembalikan) ke proses. Limbah yang dihasilkan ada 3 macam yaitu :

1. Limbah padat
Limbah padat ini berupa cake yang berasal dari proses filtrasi pada filter press. Cake ini terdiri dari minyak yang tercampur cake karbon aktif, dan nikel.
2. Limbah cair
Limbah cair pada pabrik margarine ini berasal dari :
 - a. Hot well sebagai hasil kondensasi dari barometric condensor pada tangki deodorisasi yang berupa campuran antara minyak dan air.
 - b. Soap stock hasil dari proses pemisahan pada centrifuge yang terdiri dari campuran antara minyak dan sabun yang berasal dari proses netralisasi.
3. Limbah gas
Limbah gas berasal dari gas H_2 sebagai excess reaksi dari tangki hidrogenasi yang dibuang ke udara karena jumlahnya yang sangat kecil.

PENANGANAN LIMBAH DI PABRIK MARGARINE

1. Limbah padat

Limbah padat yang berupa cake tidak dapat langsung dibuang ke sungai. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya pencemaran pada air sungai karena dapat mengganggu aktivitas bakteri. Pengolahan yang dilakukan terhadap limbah tersebut adalah :

Untuk limbah yang berupa campuran minyak dengan karbon aktif maupun nikel, dipisahkan dengan

menggunakan larutan alkali encer misalnya NaOH pada suhu tinggi 100°C dan pada tekanan atmosfer. Larutan alkali ini akan mencuci minyak yang tertinggal di dalam karbon aktif maupun nikel. Minyak yang diperoleh kurang lebih 70 – 75 % dari jumlah minyak yang terdapat dalam cake, yang kemudian akan dialirkan kembali ke proses. Sedangkan karbon aktif dan nikel akan dimanfaatkan oleh industri lainnya (misal : karbon aktif dapat digunakan untuk membakar batu bata, industri pupuk)

2. Limbah cair

Pengolahan yang dilakukan terhadap limbah cair tersebut adalah :

- Untuk limbah cair yang berupa campuran minyak dan air pada hot well yang dihasilkan dari proses kondensasi dari barometric condensor pada proses deodorisasi dapat dipisahkan dengan alat pemisah decanter. Minyak yang mempunyai densitas yang lebih rendah daripada air akan berada di bagian atas (lapisan atas) dan air akan berada di bagian (lapisan) bawah. Dengan kondisi seperti ini minyak akan dialirkan kembali (secara over flow) menuju proses. Sedangkan air akan dialirkan menuju cooling tower untuk digunakan kembali sebagai air proses atau air pendingin.
- Untuk limbah cair yang berupa campuran minyak dan sabun yang dihasilkan dari proses netralisasi dapat dipisahkan dengan alat pemisah decanter. Minyak yang mempunyai densitas yang lebih rendah daripada sabun akan berada di bagian atas (lapisan atas) dan sabun akan berada di bagian (lapisan) bawah. Dengan kondisi seperti ini minyak akan dialirkan kembali (secara over flow) menuju proses. Sedangkan sabun yang masih mengandung air akan dipanaskan untuk



menghilangkan kadar airnya dan selanjutnya dapat dimanfaatkan oleh industri sabun.

3. Limbah gas

Karena limbah gas hanya berupa gas H_2 excess yang jumlahnya sangat kecil maka limbah tersebut dapat langsung dibuang ke lingkungan tanpa ada pengolahan secara khusus.

BAB X KESIMPULAN

Dari uraian proses Pabrik margarine dari Minyak Biji Kapok dengan proses Hidrogenasi ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kapasitas pabrik Margarin ini adalah 14000 kg/hari = 4200 Ton margarine/tahun.
2. Bahan baku dan bahan pembantu

Bahan baku yang digunakan adalah Minyak Biji Kapok karena bahan baku ini tersedia dalam jumlah banyak di Indonesia dan mempunyai kandungan asam lemak yang sesuai untuk pembuatan margarine. Sedangkan bahan pembantunya berupa :

- Minyak Biji Kapok = 17658,3 kg/hari
- NaOH = 74,0245 kg/hari
- Karbon aktif = 210,168 kg/hari
- Nikel = 2,774 kg/hari
- Gas H_2 = 110,248kg/hari
- Emulsi Fase Minyak (EFM) = 104,37 kg/hari
- Emulsi Fase Cair (EFC) = 71,88kg/hari

3. Proses

Pembuatan Margarine ini melalui beberapa tahapan proses yaitu :

- a. Proses Netralisasi untuk mengurangi kadar FFA dalam minyak
- b. Proses Bleaching untuk menghilangkan (menyerap) zat warna dalam minyak.
- c. Proses Hidrogenasi untuk memecah (menjenuhkan) ikatan rangkap dari rantai karbon asam lemak tak jenuh
- d. Proses deodorisasi untuk menghilangkan bau dan rasa yang tidak enak dalam minyak

- e. Proses emulsifikasi untuk mengemulsifikasikan minyak dengan cara penambahan emulsifier

4. Hasil dan limbah

Hasil utama pabrik berupa margarine. Selain itu industri ini juga menghasilkan limbah yang dapat dimanfaatkan oleh pabrik lain.

Limbah tersebut antara lain :

- Soap stock yang dapat digunakan untuk industri sabun
- Karbon aktif yang dapat digunakan untuk bahan baker membuat batu bata dan industri pupuk.



APPENDIKS A NERACA MASSA

Kapasitas	= 4200 ton margarine/tahun = 14000 kg/hari
Bahan baku	= 17658,3 kg Minyak biji kapok /hari
Kondisi operasi pabrik	= 300 hari/tahun, 24 jam/hari
Basis waktu	= 1 hari
Satuan massa	= kg

Komposisi Minyak Biji Kapuk :

Asam palmitat	: 10,5 %
Asam stearat	: 7,2 %
Asam oleat	: 52,5 %
Asam linoleat	: 29,8 %
FFA	: 2 %
Impurities	: 1 %
Moisture	: 0,8 %

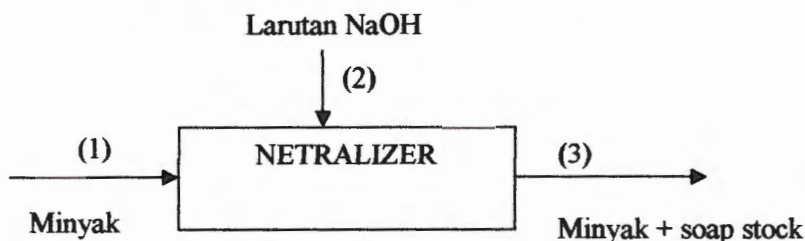
[Bailey's, vol 1.1950]

Komponen FFA	% Berat	BM FFA
Palmitat	10,5	256
Stearat	7,2	284
Oleat	52,5	282
Linoleat	29,8	280

Komponen TGS	% Berat	BM TGS
Palmitat	10,5	806
Stearat	7,2	890
Oleat	52,5	884
Linoleat	29,8	878

1. TANGKI NETRALISASI (R-210)

Fungsi : Untuk memisahkan asam lemak bebas dari minyak



Feed masuk : 17658,3 kg

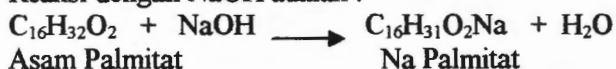
Komponen bahan masuk adalah minyak Biji Kapok yang mempunyai kandungan sebagai berikut :

1. FFA total yang berasal dari asam-asam lemak = 2 % berat
Berat FFA pada feed = 2 % x 17658,3 = 353,17 kg.

FFA yang tertinggal didalam minyak setelah proses netralisasi = 0,03 % dari berat FFA yang terdapat didalam feed, (Bailey's, vol 4 , hal 173), Jadi FFA yang bereaksi pada proses netralisasi = 99,97 %. Berat FFA yang bereaksi = 99,97 % x 353,17 = 353,06 kg, yang terdiri dari :

- a. FFA dari asam Palmitat ($C_{16}H_{32}O_2$)

Reaksi dengan NaOH adalah :



BM asam palmitat = 256 kg/kmol

BM NaOH = 40 kg/kmol

BM Na.Palmitat = 278 kg/kmol

BM H_2O = 18 kg/kmol

Asam Palmitat mula-mula = 10,5% x 353,167 kg

= 37,08 kg

= 37,08 kg / 256 kg/kmol

= 0,15 kmol

Asam Palmitat yang bereaksi menjadi Na Palmitat

$$= 99.97\% \times 0.1449 \text{ kmol}$$

$$= 0.1448 \text{ kmol}$$

FFA dari asam Palmitat yang bereaksi

$$= 0,1448 \text{ kmol} \times 256 \text{ kg/kmol}$$

$$= 37.07 \text{ kg}$$

$$\text{NaOH yang dibutuhkan} = 0,1448 \text{ kmol} \times 1$$

$$= 0.1448 \text{ kmol}$$

$$= 0.1448 \text{ kmol}$$

$$= 5,79 \text{ kg}$$

$$= 0,1448$$

$$= 0,1448 \text{ kmol}$$

$$= 0,1448 \text{ kmol} \times 2$$

$$= 40,26 \text{ kg}$$

$$= 0,1448 \text{ kmol} \times 1$$

$$= 0,1448 \text{ k}$$

$$= 0,1448 \text{ kmol} \times 1$$

$$= 2,61 \text{ kg}$$

10

b.FFA dari asam Stearat ($C_{18}H_{36}O_2$)

Reaksi dengan NaOH adalah :



Asam Stearat

Na Stearat

BM asam Stearat = 284 kg/kmol

$$\text{BM NaOH} = 40 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{BM Na.Stearat} = 306 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{BM H}_2\text{O} = 18 \text{ kg/kmol}$$

Asam Stearic mula-mula = 7,2% x 353,17 kg = 25,43kg

$$= 25,43 \text{ kg} / 284 \text{ kg/kmol}$$

$$= 0,08954 \text{ kmol}$$

Asam Stearic yang bereaksi menjadi Na Palmitat

$$= 99,97\% \times 0,08954 \text{ kmol}$$

$$= 0,0895 \text{ kmol}$$

FFA dari asam Stearic yang bereaksi

$$= 0,0895 \text{ kmol} \times 284 \text{ kg/kmol}$$

$$= 25,42 \text{ kg}$$

NaOH yang dibutuhkan

$$= 0,0895 \text{ kmol} \times 1$$

$$= 0,0895 \text{ kmol}$$

$$= 0,0895 \text{ kmol} \times 40 \text{ kg/kmol}$$

$$= 3,58 \text{ kg}$$

Sabun yang terbentuk

$$= 0,0895 \text{ kmol} \times 1$$

$$= 0,0895 \text{ kmol}$$

$$= 0,0895 \text{ kmol} \times 306 \text{ kg/kmol}$$

$$= 27,3895 \text{ kg}$$

H₂O yang terbentuk

$$= 0,0895 \text{ kmol} \times 1$$

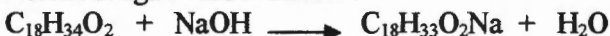
$$= 0,0895 \text{ kmol}$$

$$= 0,0895 \text{ kmol} \times 18 \text{ kg/kmol}$$

$$= 1,61 \text{ kg}$$

c. FFA dari asam Oleic (C₁₈H₃₄O₂)

Reaksi dengan NaOH adalah :



Asam Oleic Na Oleat

BM asam Oleic = 282 kg/kmol

BM NaOH = 40 kg/kmol

BM Na. Oleic = 304 kg/kmol

BM H₂O = 18 kg/kmol

Asam Oleic mula-mula

$$= 52,5\% \times 353,17 \text{ kg} = 185,4 \text{ kg}$$

$$= 185,4 \text{ kg} / 282 \text{ kg/kmol}$$

$$= 0,6575 \text{ kmol}$$

Asam Oleic yang bereaksi menjadi Na Palmitat

$$= 99,97\% \times 0,6575 \text{ kmol}$$

$$= 0,657 \text{ kmol}$$

FFA dari asam Oleic yang bereaksi

$$= 0,657 \text{ kmol} \times 282 \text{ kg/kmol}$$

$$= 185,357 \text{ kg}$$



$$\begin{aligned}
 \text{NaOH yang dibutuhkan} &= 0,657 \text{ kmol} \times 1 = 0,657 \text{ kmol} \\
 &= 0,657 \text{ kmol} \times 40 \text{ kg/kmol} \\
 &= 26,29 \text{ kg} \\
 \text{Sabun yang terbentuk} &= 0,657 \text{ kmol} \times 1 = \text{kmol} \\
 &= 0,657 \text{ kmol} \times 304 \text{ kg/kmol} \\
 &= 199,82 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O yang terbentuk} &= 0,657 \text{ kmol} \times 1 = 0,657 \text{ kmol} \\
 &= 0,657 \text{ kmol} \times 18 \text{ kg/kmol} \\
 &= 11,83 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. FFA dari asam Linoleat ($\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$)

Reaksi dengan NaOH adalah :



$$\text{BM asam Linoleat} = 280 \text{ kg/kgmol}$$

$$\text{BM NaOH} = 40 \text{ kg/kgmol}$$

$$\text{BM Na.Linoleat} = 302 \text{ kg/kgmol}$$

$$\text{BM H}_2\text{O} = 18 \text{ kg/kgmol}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Asam Linolenic mula-mula} &= 29,8\% \times 353,17 \text{ kg} = 105,2 \text{ kg} \\
 &= 105,2 \text{ kg} / 278 \text{ kg/kmol} \\
 &= 0,376 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Asam Linolenic yang bereaksi menjadi Na Palmitat} &= 99,97\% \times 0,3759 \text{ kmol} \\
 &= 0,3758 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

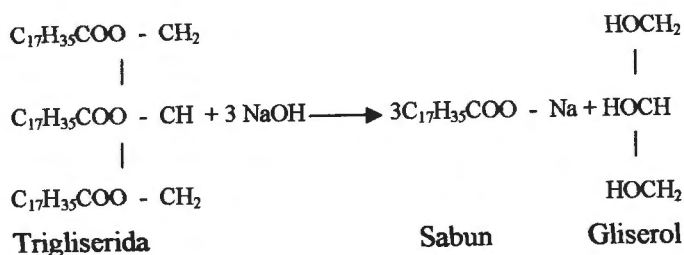
$$\begin{aligned}
 \text{FFA dari asam Linolenic yang bereaksi} &= 0,3758 \text{ kmol} \times 278 \text{ kg/kmol} \\
 &= 105,21 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{NaOH yang dibutuhkan} &= 0,3758 \text{ kmol} \times 1 \\
 &= 0,3758 \text{ kmol} \\
 &= 0,3758 \text{ kmol} \times 40 \text{ kg/kmol} \\
 &= 15,03 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sabun yang terbentuk} &= 0,3758 \text{ kmol} \times 1 \\
 &= 0,3758 \text{ kmol} \\
 &= 0,3758 \text{ kmol} \times 300 \text{ kg/kmol} \\
 &= 113,48 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{TGS Palmitat yang tersabunkan} &= 1 \% \times 2,2 \text{ kmol} \\
 &= 0,02 \text{ kmol} \\
 &= 17,84 \text{ kg} \\
 \text{NaOH yang bereaksi} &= 3 \times 0,022 \times 40 \text{ kg/kmol} \\
 &= 2,66 \text{ kg} \\
 \text{Sabun yang terbentuk} &= 3 \times 0,022 \times 278 \text{ kg/kmol} \\
 &= 18,46 \text{ kg} \\
 \text{Gliserin yang terbentuk} &= 1 \times 0,022 \times 92 \text{ kg/kmol} \\
 &= 2,036 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Triglicerida Stearic



$$\text{BM triglicerida} = 891$$

$$\text{BM sabun} = 306$$

$$\text{BM gliserol} = 92$$

$$\begin{aligned}
 \text{TGS Stearic mula-mula} &= 7,2 \% \times 16987,3 \text{ kg} \\
 &= 1223,09 \text{ kg} \\
 &= 1,37 \text{ kmol} \\
 \text{TGS Stearic yang tersabunkan} &= 1 \% \times 1,37 \text{ kmol} \\
 &= 0,0137 \text{ kmol} \\
 &= 12,23 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

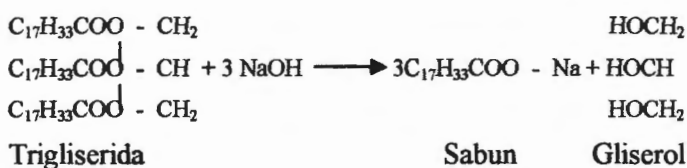
$$\begin{aligned}
 \text{NaOH yang bereaksi} &= 3 \times 0,0137 \times 40 \text{ kg/kmol} \\
 &= 1,65 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sabun yang terbentuk} &= 3 \times 0,0137 \times 278 \text{ kg/kmol} \\
 &= 12,616 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gliserin yang terbentuk} &= 1 \times 0,0137 \times 92 \text{ kg/kmol} \\
 &= 1,264 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



c. Triglicerida Oleic



BM triglicerida = 885

BM sabun = 304

BM gliserol = 92

TGS Oleic mula-mula = 52,5% x 16987,3kg

= 8918,33 kg

= 10,089 kmol

TGS Oleic yang tersabunkan = 1 % x 10,089 kmol

= 0,10089 kmol

= 89,183 kg

NaOH yang bereaksi = 3 x 0,10089 x 40kg/kmol

= 12,106 kg

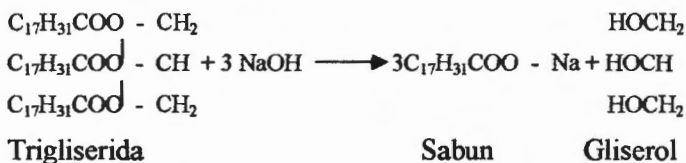
Sabun yang terbentuk = 3 x 0,10089 x 278kg/kmol

= 92,008 kg

Gliserin yang terbentuk = 1 x 0,10089 x 92kg/kmol

= 9,282 kg

d. Triglicerida Linoleic



BM triglicerida = 879

BM sabun = 302

BM gliserol = 92

TGS Linoleic mula-mula = 29,8% x 16987,3kg

$$\begin{aligned}
 &= 5062,215 \text{ kg} \\
 &= 5,766 \text{ kmol} \\
 \text{TGS Linoleic yang tersabunkan} &= 1 \% \times 5,766 \text{ kmol} \\
 &= 0,0576 \text{ kmol} \\
 &= 50,622 \text{ kg} \\
 \text{NaOH yang bereaksi} &= 3 \times 0,057656 \times 40 \text{ kg/kmol} \\
 &= 6,919 \text{ kg} \\
 \text{Sabun yang terbentuk} &= 3 \times 0,058 \times 278 \text{ kg/kmol} \\
 &= 52,237 \text{ kg} \\
 \text{Gliserin yang terbentuk} &= 1 \times 0,058 \times 92 \text{ kg/kmol} \\
 &= 5,304 \text{ kg} \\
 \text{Dari perhitungan di atas :} \\
 \text{Total TGS yang tersabunkan :} \\
 &= 17,84 + 12,231 + 89,18 + 50,62 = 169,873 \text{ kg} \\
 \text{Total NaOH yang bereaksi :} \\
 &= 2,656 + 1,649 + 12,106 + 6,919 = 23,33 \text{ kg} \\
 \text{Total sabun yang terbentuk :} \\
 &= 18,456 + 12,6166 + 92,008 + 52,237 = 175,317 \text{ kg} \\
 \text{Total Gliserol yang terbentuk :} \\
 &= 2,036 + 1,264 + 9,282 + 5,304 = 17,886 \text{ kg} \\
 \text{Sehingga;} \\
 \text{Total minyak netral yang tersisa :} \\
 &= 16987,297 - 169,873 = 16817,424 \text{ kg} \\
 \text{Total soap stock yang terbentuk pada reaksi netralisasi :} \\
 &= 175,317 + 380,942 = 556,259 \text{ kg} \\
 \text{NaOH teoritis yang dibutuhkan :} \\
 &= 23,3298 + 50,695 = 74,0245 \text{ kg} \\
 \text{NaOH excess (Bailey's, 5th, vol 4, 174) :} \\
 &= 100,1\% \times 74,0245 = 74,099 \text{ kg} \\
 \text{NaOH sisa} &= 74,099 - 74,0245 = 0,074 \text{ kg} \\
 \text{NaOH yang digunakan 11,06\% (Bailey's, vol 4, hal 173) maka} \\
 \text{dibutuhkan air sebanyak:} \\
 &= (88,94/11,06) \times 74,099 = 595,87 \text{ kg.} \\
 \text{Total H}_2\text{O yang terbentuk} &= 595,87 - 22,813 = 618,683 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Impurities = 1 % berat

$$\begin{aligned}\text{Berat impurities dalam feed} &= 1\% \times 17658,313 \\ &= 176,583 \text{ kg}\end{aligned}$$

4. Air = 0.8% berat

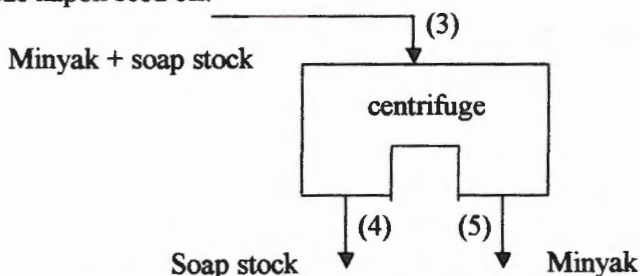
$$\begin{aligned}\text{Berat Moisture dalam feed} &= 0.8\% \times 17658,313 \\ &= 141,267 \text{ kg}\end{aligned}$$

NERACA MASSA PADA TANGKI NETRALISASI

Masuk	Massa (kg)	Keluar	Massa (kg)
Aliran 1		Aliran 3	
TGS		TGS	
TGS palmitat	1783,667	TGS palmitat	1765,829
TGS stearic	1223,085	TGS stearic	1210,855
TGS oleic	8918,331	TGS oleic	8829,148
TGS linoleic	5062,215	TGS linoleic	5011,592
	16987,297		16817,424
FFA		soapstock :	
asam palmitat	37,083	TGS	
asam stearic	25,428	TGS palmitat	18,456
asam oleic	185,412	TGS stearic	12,616
asam linoleic	105,244	TGS Oleaic	92,008
	353,166	TGS linoleic	52,237
			175,317
Komponen lain		FFA	
impurities	176,583	asam palmitat	40,257
Air	141,267	asam stearic	27,3895
	317,8496	asam oleic	199,817
		asam linoleic	113,479
			380,942
Aliran 2		Komponen lain	
H ₂ O	595,870	Impurities	176,583
NaOH	74,0985	H ₂ O	759,949
	669,9685	NaOH sisa	0,0740
		FFA sisa	0,10595
		gliserol	17,886
			954,598
TOTAL	18328,282		18328,282

7. CENTRIFUGE (H - 216)

Fungsi : Untuk memisahkan fase berat dari campuran minyak yang berupa soapstock dengan fraksi ringan yang berupa crude kapok seed oil.



H₂O yang terpisahkan bersama soapstock 90% dari berat H₂O masuk = $90\% \times 759,949 = 683,954$ kg.

Maka sisa H₂O = $759,949 - 683,954 = 75,995$ kg.

Jumlah bahan selain minyak di dalam cake 82% dari berat campuran crude oil yang masuk,

$$= 0,82 \times 1334,168 = 1094,018 \text{ kg}$$

Maka jumlah total cake yang terpisahkan (100%),

$$= 100\% / 82\% \times 1094,018 = 1318,094 \text{ kg}$$

Sehingga jumlah minyak yang terikut dalam soapstock sebesar 18% (Bailey's, 1950) = $18\% \times 1094,018 = 196,92$ kg.

Jadi, total minyak netral yang tersisa

$$= 16994,113 - 3058,9404 = 13935,173 \text{ kg}$$

Yang terdiri dari :

- a. TGS Palmitat = $1765,8295 \times 18\% = 1447,98$ kg
- b. TGS Stearic = $1210,855 \times 18\% = 992,901$ kg
- c. TGS Oleic = $8829,148 \times 18\% = 7239,901$ kg
- d. TGS Linoleic = $5011,59 \times 18\% = 4109,506$ kg
- f. FFA = $0,10595 \times 18\% = 0,0869$ kg
- g. Impurities = $176,583 \times 18\% = 144,798$ kg

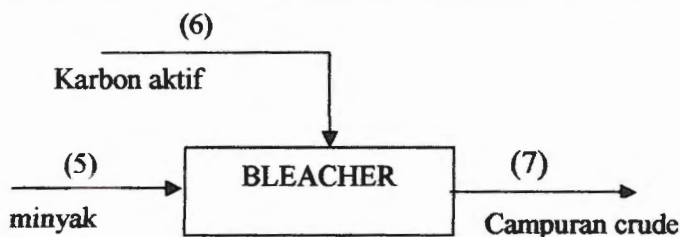


NERACA MASSA PADA CENTRIFUGE

Masuk	Massa (kg)	Keluar	Massa (kg)
Aliran 3:		Aliran 5:	
TGS		TGS	
TGS palmitat	1765,8295	TGS palmitat	1447,98
TGS stearic	1210,855	TGS stearic	992,901
TGS oleic	8829,148	TGS oleic	7239,901
TGS linoleic	5011,592	TGS linoleic	4109,506
	16817,424		13790,288
Soap stock		Komponen lain	
Soap stock TGS	175,317	Impurities	144,798
Soap stock FFA	380,94	FFA	0,087
	556,259	H ₂ O sisa	75,995
			220,87996
Komponen lain		Aliran 4:	
Impurities	176,583	Soapstock TGS	175,317
NaOH sisa	0,074	Soapstock FFA	380,94
FFA	0,106	NaOH sisa	0,074
gliserol	17,886	Gliserol	17,886
H ₂ O	759,949	TGS	3027,136
	954,598	H ₂ O	683,954
		Impurities sisa	31,785
		FFA sisa	0,019
			4317,114
Total	18328.282		18328.282

3. TANGKI BLEACHING (M – 220)

Fungsi : Untuk menghilangkan zat warna dalam minyak



Karbon aktif yang dibutuhkan adalah 1,5% dari berat minyak yang masuk (Ketaren, "Pengantar Teknologi minyak dan Lemak Pangan" hal 253-255) yaitu

sebesar = $1,5\% \times 14011,168 = 210,168 \text{ kg}$

Impurities yang diadsorbsi oleh karbon aktif sebanyak 70% (Bailey's, 1950) dari besar impurities yang akan diadsorbsi yaitu :

= $70\% \times 144,798 = 101,359 \text{ kg}$.

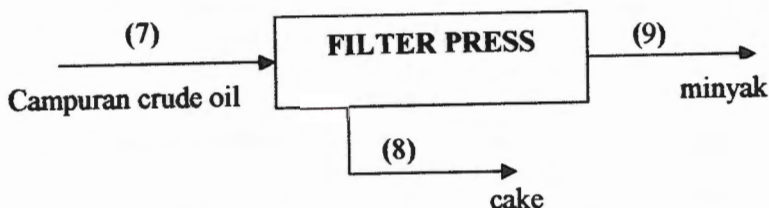
Maka impurities sisa = $144,798 - 101,359 = 43,439 \text{ kg}$

NERACA MASSA PADA TANGKI BLEACHING

Komponen masuk	Massa (kg)	Komponen keluar	Massa (kg)
Aliran 5		Aliran 7	
TGS	13790,288	TGS	13790,288
Impurities	144,798	impurities teradsorbsi	101,359
FFA	0,087	impurities sisa	43,439
H2O sisa	75,995	FFA	0,087
		H2O sisa	75,995
Aliran 6		Karbon aktif	210,168
Karbon Aktif	210,168		
Total	14221,335	Total	14221,335

4. FILTER PRESS (H - 226)

Fungsi : Untuk memisahkan karbon aktif dengan minyak



Pada filter press komponen minyak yang terikut dalam cake(karbon aktif) adalah 0,3% dari berat feed yang masuk (ketaren, 1996) yaitu sebesar $= 0,3\% \times 13866,3696 = 41,599\text{kg}$, yang terdiri:

- | | |
|---------------------|--|
| a. TGS Palmitat | $= 1447,98 \times 0,3 \% = 4,344 \text{ kg}$ |
| b. TGS Stearic | $= 992,901 \times 0,3 \% = 2,979 \text{ kg}$ |
| c. TGS Oleic | $= 7239,901 \times 0,3 \% = 21,7197\text{kg}$ |
| d. TGS Linoleic | $= 4109,506 \times 0,3 \% = 12,329 \text{ kg}$ |
| e. FFA | $= 0,0869 \times 0,3 \% = 0,0003 \text{ kg}$ |
| g. H ₂ O | $= 75,995 \times 0,3 \% = 0,228 \text{ kg}$ |

Jadi, total minyak netral yang tersisa,
 $= 13866,3696 - 41,599 = 13824,77 \text{ kg}$

FFA sisa $= 0,087 - 0,0003 = 0,087 \text{ kg}$

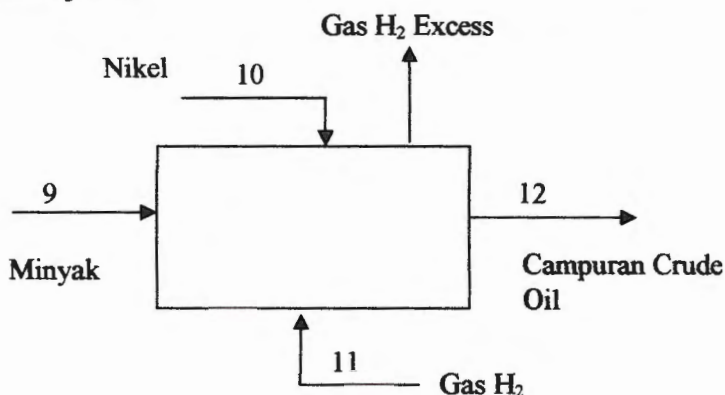
H₂O sisa $= 75,995 - 0,228 = 75,767 \text{ kg}$

NERACA MASSA PADA FILTER PRESS

Komponen masuk	Massa (kg)	Komponen keluar	Massa(kg)
Aliran 7		Aliran 9	
TGS	13790.28784	TGS	13748.91697
Impurities teradsorbsi	101.358717	FFA sisa	0.086618264
Impurities sisa	43.43945013	H ₂ O sisa	75.76692986
FFA	0.0868789	Impurities sisa	43.43945013
H ₂ O sisa	75.99491461		
Karbon aktif	210.167517	Aliran 8	
		TGS	41.37086351
		Impurities teradsorbsi	101.358717
		FFA	0.000260631
		H ₂ O	0.227984744
		Karbon aktif	210.167517
Total	14221.33531	Total	14221.33531

5. TANGKI HIDROGENASI (R – 230)

Fungsi : untuk merubah asam lemak tak jenuh menjadi asam lemak jenuh

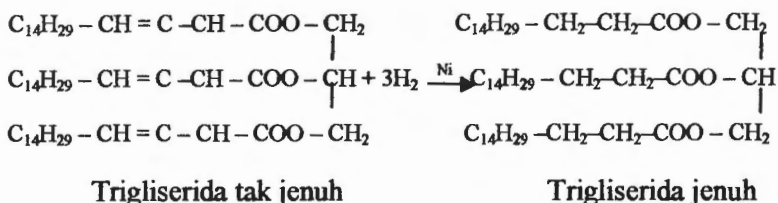


Katalis Ni :

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan katalis Ni} &= 0,02 \% \text{ dari berat minyak (bailey's 1996)} \\ &= 0,02\% \times 13868,21 \\ &= 2,774 \text{ kg}\end{aligned}$$

Reaksi yang terjadi pada Hidrogenator (ketaren, 1996)

1. Reaksi trigliserida sebagai asam oleat



$$\text{BM Trigliserida tak jenuh} = 842 \text{ kg/kgmol}$$

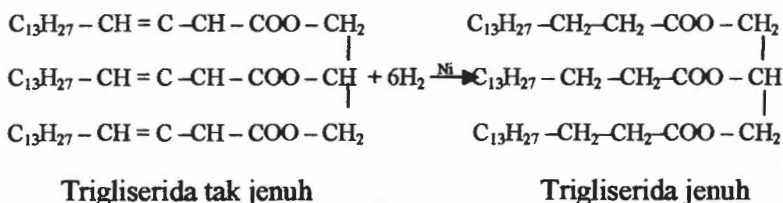
$$\text{BM Trigliserida jenuh} = 848 \text{ kg/kgmol}$$

$$\begin{aligned}\text{Kgmol trigliserida tak jenuh} &= \frac{7218,1814 \text{ kg}}{842 \text{ kg/kgmol}} \\ &= 8,573 \text{ kgmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{H}_2 \text{ yang dibutuhkan} &= 8,573 \text{ kgmol} \times 3 \times 2 \text{ kg/kgmol} \\ &= 51,436 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Trigliserida jenuh terbentuk} &= 8,573 \text{ kgmol} \times 848 \text{ kg/kgmol} \\ &= 7269,617 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. Reaksi trigliserida sebagai asam linoleat



$$\text{BM Trigliserida tak jenuh} = 836 \text{ kg/kgmol}$$

$$\text{BM Trigliserida jenuh} = 848 \text{ kg/kgmol}$$

Asam Linoleat tak jenuh = 0,026 kg / 280,436 kg/kmol
= 0,0000923 kmol

Asam Linoleat yang bereaksi = 99,7 % x 0,0000923 kmol
= 0,000092 kmol

H₂ yang dibutuhkan = 0,000092 kmol x 4 kg/kmol
= 0,00037 kg

Asam Stearat yang terbentuk = 0,000092 kmol x 1
= 0,000092 kmol x 284,845 kg/kmol
= 0,026 kg

Total gas H₂ yang digunakan untuk proses hidrogenasi = 110,248 kg

H₂ excess^(Bailey, 1996), maka jumlah H₂ yang dibutuhkan,
= 105 % x 110,248 = 115,76 kg

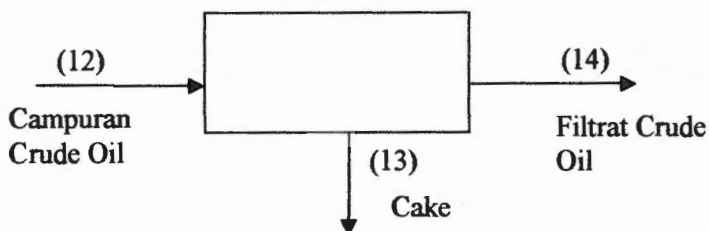
Maka H₂ sisa = 115,76 - 110,25 = 5,512 kg

NERACA MASSA DI TANGKI HIDROGENASI

Komponen masuk	Massa (kg)	Komponen keluar	Massa (kg)
Aliran 9		Aliran 12	
TGS		TGS	
Asam palmitat	1443,636	Palmitat	1443,636
Asam stearat	989,922	Stearat	12415,5998
Asam oleat	7218,181		
Asam linoleat	4097,177		
FFA sisa	0,087	FFA sisa	0,0151
H ₂ O sisa	75,767	H ₂ O sisa	75,767
impurities sisa	43,4395	impurities sisa	43,4395
		Katalis Ni	2,774
Aliran 10		gas H ₂	5,5124
katalis Ni	2,774		
Aliran 11			
Gas H ₂	115,76		
Total	13986.744	Total	13986.744

6. FILTER PRESS (H - 238)

Fungsi : Untuk memisahkan katalis Nikel dengan minyak



Komponen minyak yang terikut cake pada filter press adalah 0,3% dari berat feed yang masuk (Ketaren, "Pengantar Teknologi minyak dan Lemak Pangan" hal 205)

- a. TGS Palmitat = $1443,636 \times 0,3 \%$ = 4,33 kg
 Sisa = $1443,636 - 4,330908847$ = 1439,305 kg
- b. TGS Stearic = $12415,5998 \times 0,3 \%$ = 37,247 kg
 Sisa = $12415,5998 - 37,2467994$ = 12378,353 kg
- c. FFA = $0,0151 \times 0,3 \%$ = 0,000045 kg
 Sisa = $0,015 - 0,000045$ = 0,015 kg
- d. H₂O = $75,767 \times 0,3 \%$ = 0,227 kg
 Sisa = $75,767 - 0,227$ = 75,5396 kg
- e. Impurities = $43,439 \times 0,3 \%$ = 0,130 kg
 Sisa = $43,439 - 0,130 = 43,309$ kg

NERACA MASSA PADA FILTER PRESS

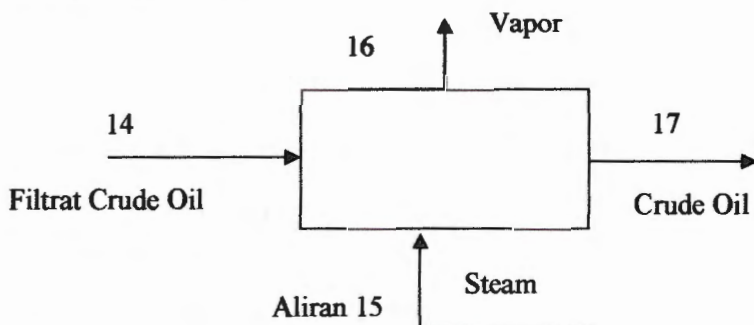
Komponen masuk	Massa (kg)	Komponen keluar	Massa (kg)
Aliran 12		Aliran 14	
TGS		TGS	
Palmitat	1443,636	Asam palmitat	1439,305
Stearat	12415,5998	Asam stearat	12378,353
FFA sisa	0,015	FFA sisa	0,015
H ₂ O sisa	75,767	H ₂ O sisa	75,5396
impurities sisa	43,439	impurities sisa	43,309
Katalis Ni	2,774		
gas H ₂	5,5124		



		Aliran 13	
		TGS	4,3309
		Asam palmitat	37,247
		Asam stearat	0,000045
		FFA	0,227
		H ₂ O	0,130
		impurities sisa	2,774
		Katalis Ni	5,5124
		gas H ₂	
Total	13986.744	Total	13986.744

7. TANGKI DEODORISASI (D - 240)

Fungsi : Untuk menghilangkan impurities yang berupa flavor dan odor dari minyak.



Steam yang ditambahkan = 10 % dari berat feed masuk ^(Bailey's, vol 2)

Steam = 10 % x 13893,2 kg = 1389,32 kg

Pada deodorisasi ini semua impurities teruapkan semua dan diharapkan dalam produk asam minyak yang terkandung minimal 90 % ^(Bailey's, vol 4, hal 352), sedangkan bahan yang teruapkan adalah 0,5 % dari jumlah feed masuk ^(Bailey's, vol 4 hal 350)

Sehingga jumlah campuran crude oil dalam vapor

= 0,5 % x 13893,2 kg = 69,466 kg

Yang terdiri dari :

Impurities = 43,027 kg

Crude oil yang teruapkan = 26,157 kg

Campuran crude oil yang keluar sebagai produk

$$= 13893,2 - 69,466 = 13823,747 \text{ kg}$$

Komposisi campuran crude oil yang keluar dari deodorisasi sebagai produk :

1. TGS

$$\begin{aligned} \text{a. TGS Palmitat} &= (1439,305/13893,2) \times 13823,747 \\ &= 1432,109 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. TGS Stearic} &= (12378,353/13893,2) \times 13823,747 \\ &= 12316,46 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{2. FFA} &= (0,015/13893,213) \times 13823,747 \\ &= 0,015 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{3. H}_2\text{O} &= (75,5396/13893,21) \times 13823,747 \\ &= 75,162 \text{ kg} \end{aligned}$$

Komposisi campuran crude oil dalam vapor :

1. TGS

$$\begin{aligned} \text{a. TGS Palmitat} &= (1439,305/13893,2) \times 69,466 \\ &= 7,197 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. TGS Stearic} &= (12378,353/13893,213) \times 69,466 \\ &= 61,892 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{2. FFA} &= (0,015/13893,213) \times 69,466 \\ &= 0,000075 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{3. H}_2\text{O} &= (75,5396/13893,213) \times 69,466 \\ &= 0,3777 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{5. Impurities} &= 43,309 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{6. Steam} &= 1389,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

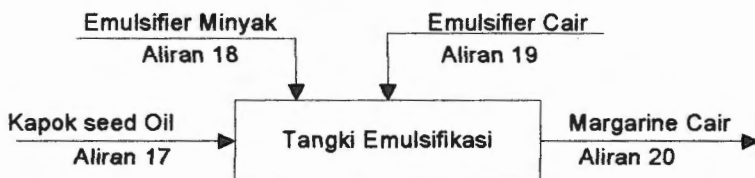
NERACA MASSA TANGKI DEODORISASI

Komponen masuk	Massa (kg)	Komponen keluar	Massa (kg)
Aliran 13		Aliran 16	
TGS		TGS	
Asam palmitat	1439,305	Asam palmitat	1432,109
Asam stearat	12378,353	Asam stearat	12316,461
FFA sisa	0,015	FFA sisa	0,015

H ₂ O sisa	75,5396	H ₂ O sisa	75,162
impurities sisa	43,309		
Aliran 15		Aliran 17	
Steam	1389,321	TGS	
		Asam palmitat	7,1965
		Asam stearat	61,892
		FFA sisa	0,00007
		H ₂ O sisa	0,3777
		Impurities	43,309
		Steam	1389,321
Total	15325,844	Total	15325,844

8. Tangki Emulsifikasi

Fungsi : untuk menambahkan emulsifier dan zat-zat aditif pada minyak



Tangki EFM (EMULSIFIER FASE MINYAK) terdiri dari:	
a. lechitine	0,40%
b. β-karotene	0,30%
c. Vitamin A	0,05%
d. Vitamin D	0,005%
Total	0,755%

Emulsi fase minyak (EFM) sebesar 0,755 % dari berat minyak masuk (Bailey's, vol 2)

$$\text{EFM} = 0,755 \% \times 13823,747 \text{ kg} = 104,369 \text{ kg}$$

Tangki EFC (EMULSIFIER FASE CAIR) terdiri dari:	
a. Garam	0,40%
b. Na-benzoat	0,10%
c. TBHQ	0,02%
Total	0,52%

Jadi Emulsi fase cair (EFC) sebesar 0,52 % dari berat minyak masuk ^(Bailey's, vol 2)

$$\text{EFC} = 0,52 \% \times 13823,747 \text{ kg} = 71,88 \text{ kg}$$

NERACA MASSA TANGKI EMULSIFIKASI

Komponen masuk	Massa (kg)	Komponen keluar	Massa (kg)
Aliran 17		Aliran 20	
TGS		TGS	
Asam palmitat	1432,109	Asam palmitat	1432,109
Asam stearat	12316,46	Asam stearat	12316,46
FFA sisa	0,015	FFA sisa	0,015
H ₂ O sisa	75,162	H ₂ O sisa	75,162
		EFM	104,3693
Aliran 18		EFC	71,884
EFM	104,3693		
Aliran 19			
EFC	71,884		
Total	14000	Total	14000

9. Tangki Votator

Fungsi : Menurunkan suhu margarine dari tangki emulsifikasi





NERACA MASSA TANGKI VOTATOR

Komponen masuk	Massa (kg)	Komponen keluar	Massa (kg)
Aliran 20		Aliran 21	
TGS		TGS	
Asam palmitat	1432,109	Asam palmitat	1432,109
Asam stearat	12316,46	Asam stearat	12316,46
FFA sisa	0,015	FFA sisa	0,014996
H ₂ O sisa	75,162	H ₂ O sisa	75,162
EFM	104,3693	EFM	104,3693
EFC	71,8835	EFC	71,8835
Total	14000	Total	14000

% berat komponen produk margarine :

1. Asam-asam lemak

a. Asam Palmitat $= (1432,109 / 14000) \times 100 \% = 10,23 \%$

b. Asam Stearic $= (12316,46 / 14000) \times 100 \% = 87,97 \%$

2. FFA $= (0,015 / 14000) \times 100 \% = 0,0001 \%$

3. H₂O $= (75,162 / 14000) \times 100 \% = 0,537 \%$

4. EFM $= (104,369 / 14000) \times 100 \% = 0,74 \%$

5. EFC $= (71,88 / 14000) \times 100 \% = 0,51 \%$

APPENDIKS B NERACA PANAS

Kapasitas pabrik	= 4200 ton margarine/tahun
	= 14000 kg margarine/hari
Bahan baku	= ton biji kapok/tahun
	= 17658.31306 kg biji kapok/hari
Kondisi operasi pabrik	= 300 hari/tahun, 24 jam/hari
Basis waktu	= 1 hari
Satuan panas	= kcal
Suhu reference	= 25°C

Data -- data perhitungan :

1. Perhitungan C_p

Data perhitungan c_p :

- a) CH_3 ---- = 36,84 KJ/Kmol $^{\circ}\text{C}$
- b) -- CH_2 ---- = 30,4 KJ/Kmol $^{\circ}\text{C}$
- c) -- COOH = 79,97 KJ/Kmol $^{\circ}\text{C}$
- d) -- $\text{CH} =$ = 15,91 KJ/Kmol $^{\circ}\text{C}$
- e) -- O -- = 35,17 KJ/Kmol $^{\circ}\text{C}$
- f) $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{--- C ---} \end{array}$ = 53 KJ/Kmol $^{\circ}\text{C}$
- g) $\begin{array}{c} | \\ \text{--- CH ---} \end{array}$ = 20,93 KJ/Kmol $^{\circ}\text{C}$
- h) --OH = 44,8 KJ/Kmol $^{\circ}\text{C}$
- i) -- ONa = 0,035 KJ/Kmol $^{\circ}\text{C}$

(Coulson & Richardson's, Vol.6)



a. Heat capacity triglycerides

$$1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = 0,24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

1. Tri-palmitat ($\text{C}_{51}\text{H}_{98}\text{O}_6$)

$\text{CH}_3 \text{ ---}$	$= 3$	$\times$	$36,84$	$=$	$110,52$	$\text{kJ/kmol}^\circ\text{C}$
$\text{--- CH}_2 \text{ ---}$	$= 44$	$\times$	$30,4$	$=$	$1337,6$	$\text{kJ/kmol}^\circ\text{C}$
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{--- C ---} \end{array}$	$= 3$	$\times$	53	$=$	159	$\text{kJ/kmol}^\circ\text{C}$
--- O ---	$= 3$	$\times$	$35,17$	$=$	$105,51$	$\text{kJ/kmol}^\circ\text{C}$
$\begin{array}{c} \\ \text{--- CH ---} \end{array}$	$= 1$	$\times$	$20,93$	$=$	$20,93$	$\text{kJ/kmol}^\circ\text{C}$
				$=$	$1733,56$	$\text{kJ/kmol}^\circ\text{C}$
				$=$	$416,05$	$\text{kcal/kmol}^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} \text{Mr. Tri-palmitat} &= 807,34 \text{ kg/kmol} = \frac{416,05}{807,34} \text{ kcal/kmol}^\circ\text{C} \\ &= 0,5153 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

2. Tri-stearat ($\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6$)

$\text{CH}_3 \text{ ---}$	$= 3$	$\times$	$36,84$	$=$	$110,52$	$\text{kJ/kmol}^\circ\text{C}$
$\text{--- CH}_2 \text{ ---}$	$= 50$	$\times$	$30,4$	$=$	1520	$\text{kJ/kmol}^\circ\text{C}$
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{--- C ---} \end{array}$	$= 3$	$\times$	53	$=$	159	$\text{kJ/kmol}^\circ\text{C}$
--- O ---	$= 3$	$\times$	$35,17$	$=$	$105,51$	$\text{kJ/kmol}^\circ\text{C}$
$\begin{array}{c} \\ \text{--- CH ---} \end{array}$	$= 1$	$\times$	$20,93$	$=$	$20,93$	$\text{kJ/kmol}^\circ\text{C}$
				$=$	$1915,96$	$\text{kJ/kmol}^\circ\text{C}$
				$=$	$459,83$	$\text{kcal/kmol}^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} \text{Mr. Tri-stearat} &= 891,5 \text{ kg/kmol} = \frac{459,83}{891,5} \text{ kcal/kmol}^\circ\text{C} \\ &= 0,5158 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

3. Tri-oleat ($C_{57}H_{104}O_6$)

$$\begin{array}{rclclcl}
 CH_3 \text{ ---} & = & 3 & \times & 36,84 & = & 110,52 & \text{kJ/kmol}^\circ\text{C} \\
 \text{---} CH_2 \text{ ---} & = & 44 & \times & 30,4 & = & 1337,6 & \text{kJ/kmol}^\circ\text{C} \\
 \text{---} CH = & = & 6 & \times & 15,91 & = & 95,46 & \text{kJ/kmol}^\circ\text{C} \\
 & & & & & & & \\
 & & & & O & & & \\
 & & & & || & & & \\
 \text{---} C \text{ ---} & = & 3 & \times & 53 & = & 159 & \text{kJ/kmol}^\circ\text{C} \\
 \text{---} O \text{ ---} & = & 3 & \times & 35,17 & = & 105,51 & \text{kJ/kmol}^\circ\text{C} \\
 & & & & | & & & \\
 \text{---} CH \text{ ---} & = & 1 & \times & 20,93 & = & 20,93 & \text{kJ/kmol}^\circ\text{C} \\
 & & & & & = & 1829,02 & \text{kJ/kmol}^\circ\text{C} \\
 & & & & & = & 438,96 & \text{kcal/kmol}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mr. Tri-oleat} &= 885,45 \text{ kg/kmol} = \frac{438,96}{885,45} \text{ kcal/kmol}^\circ\text{C} \\
 &= 0,4958 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

4. Tri-linoleat ($C_{57}H_{98}O_6$)

$$\begin{array}{rclclcl}
 CH_3 \text{ ---} & = & 3 & \times & 36,84 & = & 110,52 & \text{kJ/kmol}^\circ\text{C} \\
 \text{---} CH_2 \text{ ---} & = & 38 & \times & 30,4 & = & 1155,2 & \text{kJ/kmol}^\circ\text{C} \\
 \text{---} CH = & = & 12 & \times & 15,91 & = & 190,92 & \text{kJ/kmol}^\circ\text{C} \\
 & & & & & & & \\
 & & & & O & & & \\
 & & & & || & & & \\
 \text{---} C \text{ ---} & = & 3 & \times & 53 & = & 159 & \text{kJ/kmol}^\circ\text{C} \\
 \text{---} O \text{ ---} & = & 3 & \times & 35,17 & = & 105,51 & \text{kJ/kmol}^\circ\text{C} \\
 & & & & | & & & \\
 \text{---} CH \text{ ---} & = & 1 & \times & 20,93 & = & 20,93 & \text{kJ/kmol}^\circ\text{C} \\
 & & & & & = & 1742,08 & \text{kJ/kmol}^\circ\text{C} \\
 & & & & & = & 418,10 & \text{kcal/kmol}^\circ\text{C} \\
 \text{Mr. Tri-linoleat} &= 879,41 \text{ kg/kmol} = \frac{418,10}{879,41} \text{ kcal/kmol}^\circ\text{C} \\
 &= 0,4754 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

b. Heat capacity free fatty acids

1. Asam palmitat ($C_{16}H_{32}O_2$)

$$\begin{aligned}
 CH_3 \text{ ---} &= 1 \times 36,84 = 36,84 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 \text{---} CH_2 \text{ ---} &= 14 \times 30,4 = 425,6 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 \text{---} COOH &= 1 \times 79,97 = 79,97 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 &= \underline{542,41} \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 &= 130,178 \text{ kcal/kmol}^\circ C
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mr. Asam palmitat} &= 256,43 \text{ kg/kmol} = \frac{130,178}{256,43} \text{ kcal/kmol}^\circ C \\
 &= \underline{0,5077} \text{ kcal/kg}^\circ C
 \end{aligned}$$

2. Asam stearat ($C_{18}H_{36}O_2$)

$$\begin{aligned}
 CH_3 \text{ ---} &= 1 \times 36,84 = 36,84 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 \text{---} CH_2 \text{ ---} &= 16 \times 30,4 = 486,4 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 \text{---} COOH &= 1 \times 79,97 = 79,97 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 &= \underline{603,21} \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 &= 144,770 \text{ kcal/kmol}^\circ C
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mr. Asam stearat} &= 284,48 \text{ kg/kmol} = \frac{144,770}{284,48} \text{ kcal/kmol}^\circ C \\
 &= \underline{0,5089} \text{ kcal/kg}^\circ C
 \end{aligned}$$

3. Asam oleat ($C_{18}H_{34}O_2$)

$$\begin{aligned}
 CH_3 \text{ ---} &= 1 \times 36,84 = 36,84 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 \text{---} CH_2 \text{ ---} &= 14 \times 30,4 = 425,6 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 \text{---} COOH &= 1 \times 79,97 = 79,97 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 \text{---} CH = &= 2 \times 15,91 = 31,82 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 &= \underline{574,23} \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 &= 137,815 \text{ kcal/kmol}^\circ C
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mr. Asam oleat} &= 282,47 \text{ kg/kmol} = \frac{574,23}{282,47} \text{ kcal/kmol}^\circ C \\
 &= \underline{0,4879} \text{ kcal/kg}^\circ C
 \end{aligned}$$

4 Asam linoleat ($C_{18}H_{32}O_2$)

$$\begin{aligned}
 CH_3 &= 1 \times 36,84 = 36,84 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 ---CH_2 &= 12 \times 30,4 = 364,8 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 ---COOH &= 1 \times 79,97 = 79,97 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 ---CH &= 4 \times 15,91 = 63,64 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 &= 545,25 \text{ kJ/kmol}^\circ C \\
 &= 130,860 \text{ kcal/kmol}^\circ C
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mr. Asam linoleat} &= 280,45 \text{ kg/kmol} = \frac{130,860}{280,45} \text{ kcal/kmol}^\circ C \\
 &= 0,4666 \text{ kcal/kg}^\circ C
 \end{aligned}$$

c. Dengan cara yang sama untuk mencari C_p komponen Na-

Komponen	a	b	c	d	e	f	g	h	i	C_p kcal/kg $^\circ C$
Na-palmitat	1	14	0	0	0	1	0	0	1	0,4444
Na-stearat	1	16	0	0	0	1	0	0	1	0,4513
Na-oleat	1	14	0	0	0	1	0	2	1	0,4794
Na-linoleat	1	12	0	0	0	1	0	4	1	0,4681

d. Heat capacity komponen lain

1. $C_p H_2O$: (Perry, edisi 6)

$$\begin{aligned}
 C_p H_2O &= 0,9987 \text{ kcal / kg}^\circ C \text{ pada suhu } 0 - 100^\circ C \\
 &1,0043 \text{ kcal / kg}^\circ C \text{ pada suhu } 100 - 105^\circ C \\
 &1,0301 \text{ kcal / kg}^\circ C \text{ pada suhu } 105 - 170,41^\circ C
 \end{aligned}$$

$^\circ C$

- C_p uap air = 1,888 KJ / kg K Appendiks A.2-12, Geankoplies
- C_p uap air = 0,451 kcal / kg
- C_p Gliserol = 0,24 kcal/kg (Coulson, edisi 6)
- C_p NaOH = 0,48 kcal/kg
- C_p FFA = 0,498 kcal/kg
- C_p Impurities = 0,347 kcal/kg
- C_p Nikel = kcal/kg

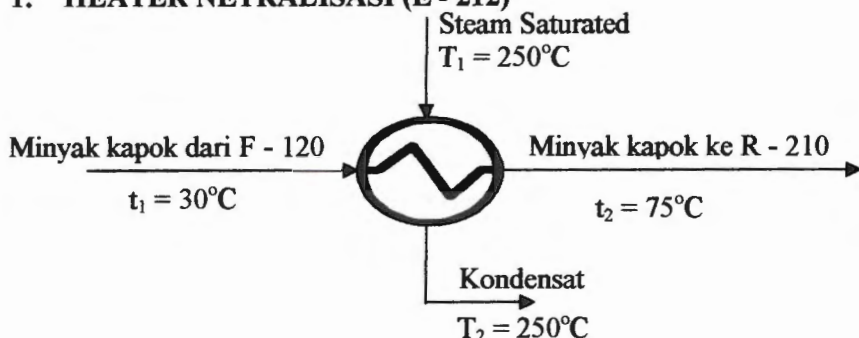
2. Data menentukan ΔH_f komponen :

a. ΔH_f pada komponen yang mengandung ikatan C, H, dan O.

a.	C = C	:	147	kcal/mol
b.	C - C	:	83	kcal/mol
c.	C - H	:	99	kcal/mol
d.	C - O	:	84	kcal/mol
e.	O - H	:	111	kcal/mol
f.	C = O	:	170	kcal/mol

Komponen	a	b	c	d	e	f	ΔH_f (kcal/mol)
TGS							
Tri-palmitat	0	47	98	6	0	3	14617
Tri-stearat	0	53	110	6	0	3	16303
Tri-oleat	3	47	104	6	0	3	15652
Tri-linoleat	6	47	98	6	0	3	15499
FFA							
Asam palmitat	0	15	31	1	1	1	4679
Asam stearat	0	17	35	1	1	1	5241
Asam oleat	1	16	33	1	1	1	5107
Asam linoleat	2	15	31	1	1	1	4973
Glycerol	0	2	5	3	3	0	1246
Larutan NaOH							-0,1017
Air							-0,0683
Ion Na ⁺							-57,28
Ion H ⁺							0

1. HEATER NETRALISASI (E - 212)



Suhu bahan masuk heater 30 °C

$$\Delta t = (30 - 25) = 5^{\circ}\text{C}$$

Entalpi bahan masuk dengan $\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$

Komponen	Massa (kg)	cp (kcal/kg°C)	Δt (°C)	H = m. cp. Δt (kcal)
Palmitat	1783,670	0,5153	5	4595,980
Stearat	1223,090	0,5158	5	3154,313
Oleat	8918,330	0,4958	5	22106,460
Linoleat	5062,210	0,4754	5	12033,670
FFA	353,166	0,498	5	879,383
Moisture	141,267	0,9987	5	705,417
Impurities	176,583	0,347	5	306,372
Total				43781,594

Suhu bahan keluar heater 75 °C

$$\Delta t = (75 - 25) = 50^{\circ}\text{C}$$

Entalpi bahan keluar dengan $\Delta t = 50^{\circ}\text{C}$

Komponen	Massa (kg)	cp (kcal/kg°C)	Δt (°C)	H = m. cp. Δt (kcal)
Palmitat	1783,670	0,5153	50	45959,803
Stearat	1223,090	0,5158	50	31543,128

Oleat	8918,330	0,4958	50	221064,597
Linoleat	5062,210	0,4754	50	120336,700
FFA	353,166	0,498	50	8793,833
Moisture	141,267	0,9987	50	7054,168
Impurities	176,583	0,347	50	3063,715
Total				437815,944

Steam jenuh yang digunakan = 250°C dan tekanan 34 bar

Dari Steam Table Geankoplis App. A-2.9 diperoleh :

Hv steam jenuh = 2801,50 kJ/kg = 669,575 kcal/kg

HI steam jenuh = 1085,36 kJ/kg = 259,407 kcal/kg

H steam
= ms x Hv
= ms x 669,575
= 669,575 ms kcal

H kondensat
= ms x HI
= ms x 259,407
= 259,407 ms kcal

Panas masuk system :

- H bahan masuk = 43781,594 kcal

- H steam = 669,575 ms

Panas keluar system :

- H bahan keluar = 437815,944 kcal

- H kondensat = 259,407 ms

- Q loss = 5% x Q yang disupply

Neraca panas :

H bahan masuk + H steam = H bahan keluar + H kondensat + Q loss

$$\begin{aligned}
 Q \text{ yang disupply} &= \frac{H \text{ bahan keluar} - H \text{ bahan masuk}}{0,95} \\
 &= \frac{437815,944 - 43781,594}{0,95} \\
 &= 414773,000 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_{\text{yang disupply}} \\ &= 5\% \times 414773,000 \\ &= 20738,650 \text{ kcal} \end{aligned}$$

$$H_{\text{steam}} = m \times C_p \times \Delta t + (m \times \lambda)$$

$$H_{\text{kondensat}} = m \times C_p \times \Delta t$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{yang disupply}} &= H_{\text{steam}} - H_{\text{kondensat}} \\ &= (m \times C_p \times \Delta t) + (m \times \lambda) - (m \times C_p \times \Delta t) \\ &= m \times \lambda \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa steam (ms)} &= \frac{Q_{\text{yang disupply}}}{\lambda} = \frac{Q_{\text{yang disupply}}}{H_v - H_i} \\ &= \frac{414773,000}{669,575 - 259,407} \\ &= 1011,227 \text{ kg} \end{aligned}$$

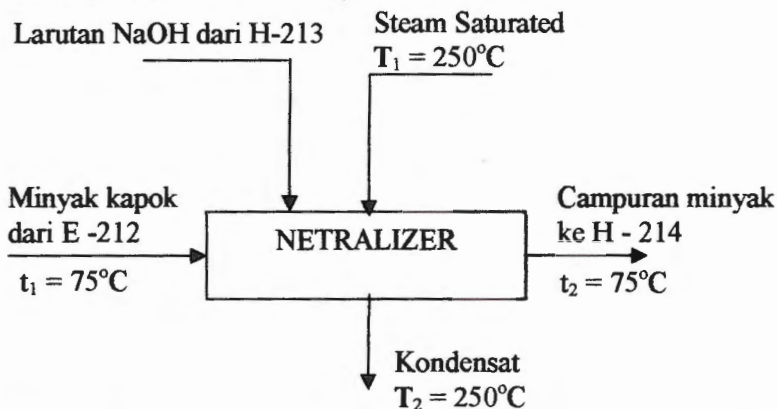
$$H_{\text{steam}} = 669,575 \text{ ms} = 669,575 \times 1011,227 = 677092,389 \text{ kcal}$$

$$H_{\text{kondensat}} = 259,407 \text{ ms} = 259,407 \times 1011,227 = 262319,4 \text{ kcal}$$

Neraca panas pada Heater (E - 212)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H minyak kapok	43781,594	H minyak kapok	437815,944
Q supply oleh steam	414773,000	Q loss	20738,650
Total	458554,594		458554,594

1. TANGKI NETRALISASI (R - 210)



Komponen	Koefisien	Mol	ΔH_f	H (kcal)
$C_{18}H_{36}O_2$	-1	73,68	5241	-469112,728
NaOH	-1	73,68	-0,1017	9,103
$C_{18}H_{36}O_2Na$	1	73,68	5183,72	463985,695
H_2O	1	73,68	-0,0683	-6,113
ΔH_{25}				933083,207

Komponenten	kgmol	T	ΔT	C_p (kcal/kmolC)	H(kcal)
$C_{18}H_{36}O_2$	0,0737	75	-50	144,770	-647,907
NaOH	0,0737	75	-50	19,31	-86,420
ΔH_R					-734,327

Komponenten	kgmol	T	ΔT	Cp (kcal/kmolC)	H(kcal)
$C_{18}H_{36}O_2Na$	0,0737	75	50	138,305	618,976
H_2O	0,0737	75	50	17,1	76,530
ΔH_p					695,506

Enthalpy reaksi total untuk asam stearat (ΔH) = ΔH_{25} + ΔH_R + ΔH_p

$$\Delta H = 933083,207 + (-734,327) + 695,506 = 933044,385 \text{ kcal}$$

3. Asam Oleat



$$\begin{aligned}\Delta H_f \quad \text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{COONa} &= \Delta H_f \quad \text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{COO}^- + \Delta H_f \quad \text{Na}^+ \\ &= 5107 \text{ kcal/mol} + (-57,28) \text{ kcal/mol} \\ &= 5049,72 \text{ kcal/mol}\end{aligned}$$

Komponen	Koefisien	Mol	ΔH_f	H (kcal)
$C_{18}H_{34}O_2$	-1	541,05	5107	-3356796,030
NaOH	-1	541,05	-0,1017	66,847
$C_{18}H_{33}O_2Na$	1	541,05	5049,72	3319146,280
H_2O	1	541,05	-0,0683	-44,893
ΔH_{25}				6675830,57

Komponen	kgmol	T	ΔT	C_p (kcal/kmolC)	H(kcal)
$C_{18}H_{34}O_2$	0,5410	75	-50	137,815	-4529,25
NaOH	0,5410	75	-50	19,31	-634,617
ΔH_R					-5163,866

Komponen	kgmol	T	ΔT	Cp (kcal/kmolC)	H(kcal)
C ₁₈ H ₃₃ O ₂ Na	0,0887	75	50	145,943	4796,360
H ₂ O	0,0887	75	50	17,1	561,986
ΔH_P					5358,346

Enthalpy reaksi total untuk asam oleat (ΔH) = $\Delta H_{25} + \Delta H_R + \Delta H_P$
 $\Delta H = 6675830,57 + (-5163,866) + 5358,346 = 6676025,050 \text{ kcal}$

4. Asam Linoleat



$$\begin{aligned}\Delta H_f \quad \text{C}_{18}\text{H}_{31}\text{COONa} &= \Delta H_f \quad \text{C}_{18}\text{H}_{31}\text{COO}^- + \Delta H_f \quad \text{Na}^+ \\ &= 4973 \text{ kcal/mol} + (-57,28) \text{ kcal/mol} \\ &= 4915,72 \text{ kcal/mol}\end{aligned}$$

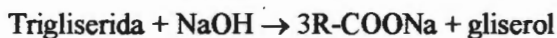
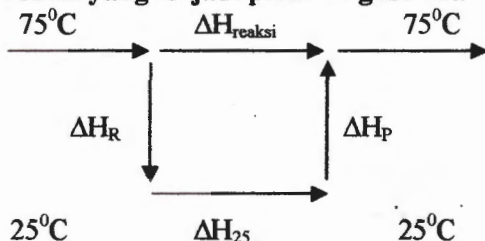
Komponen	Koefisien	Mol	ΔH_f	H (kcal)
$C_{18}H_{32}O_2$	-1	309,30	4973	-1868639,790
NaOH	-1	309,30	-0,1017	38,214
$C_{18}H_{31}O_2Na$	1	309,30	4915,72	1847116,426
H_2O	1	309,30	-0,0683	-25,664
ΔH_{25}				3715692,337

Komponen	kgmol	T	ΔT	Cp (kcal/kmolC)	H(kcal)
$C_{18}H_{32}O_2$	0,3093	75	-50	130,860	-2458,578
NaOH	0,3093	75	-50	19,31	-362,793
ΔH_R					-2821,372

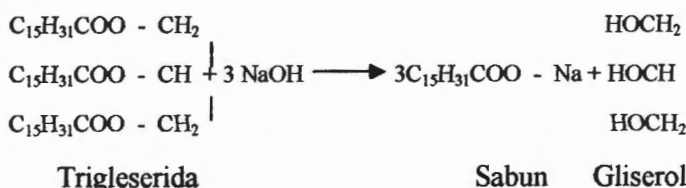
Komponen	kgmol	T	ΔT	Cp (kcal/kmolC)	H(kcal)
$C_{18}H_{31}O_2Na$	0,3093	75	50	146,284	2748,355
H_2O	0,3093	75	50	17,1	321,272274
ΔH_P					3069,627

Enthalpy reaksi total untuk asam oleat (ΔH) = $\Delta H_{25} + \Delta H_R + \Delta H_P$
 $\Delta H = 3715692,337 + (-2821,372) + 3069,627 = 3715940,592$ kcal

Panas reaksi yang terjadi pada Trigliserida



1. Tri-palmitat



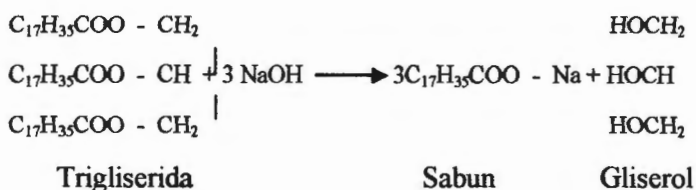
Komponen	Koefisien	Mol	ΔH_f (kcal/mol)	H(kcal)
Tri - palmitat	-1	18,21	14617	-323472,076
NaOH	-3	18,21	-0,1017	6,752
$\text{C}_{16}\text{H}_{31}\text{O}_2\text{Na}$	3	18,21	4621,72	306833,966
Gliserol	1	18,21	1246	27573,798
ΔH_{25}				657873,089

Komponen	kgmol	T	ΔT	C_p (kcal/kmol $^{\circ}\text{C}$)	H(kcal)
Tri - palmitat	0,018	75	-50	416,05	-460,361
NaOH	0,018	75	-50	19,31	-21,366
ΔH_R					-481,728

Komponen	kgmol	T	ΔT	C_p (kcal/kmol $^{\circ}\text{C}$)	H(kcal)
$\text{C}_{16}\text{H}_{31}\text{O}_2\text{Na}$	0,018	75	50	123,714	136,889
Gliserol	0,018	75	50	21,77	24,088
ΔH_P					160,977

Enthalpy reaksi total untuk asam oleat (ΔH) = $\Delta H_{25} + \Delta H_R + \Delta H_P$
 $\Delta H = 657873,089 + (-481,728) + 160,977 = 657552,338 \text{ kcal}$

2. Tri-Stearat



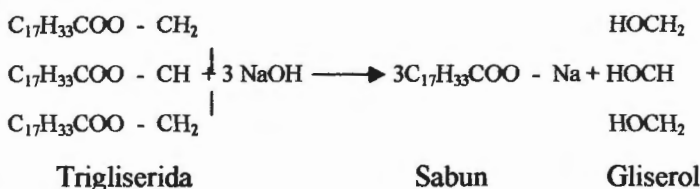
Komponen	Koefisien	Mol	ΔH_f (kcal/mol)	H(kcal)
Tri - stearat	-1	6,34	16303	-224044,515
NaOH	-3	6,34	-0,1017	4,193
$\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2\text{Na}$	3	6,34	5183,72	213712,329
Griserol	1	6,34	1246	17123,196
ΔH_{25}				454875,848

Komponen	kgmol	T	ΔT	C_p (kcal/kmol°C)	H(kcal)
Tri - stearat	0,00634	75	-50	459,83	-315,962
NaOH	0,00634	75	-50	19,31	-13,268
ΔH_R					-329,230

Komponen	kgmol	T	ΔT	C_p (kcal/kmol°C)	H(kcal)
$\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2\text{Na}$	0,00634	75	50	138,305	95,034
Griserol	0,00634	75	50	21,77	14,959
ΔH_p					109,992

Enthalpy reaksi total untuk asam oleat (ΔH) = $\Delta H_{25} + \Delta H_R + \Delta H_p$
 $\Delta H = 454875,848 + (-329,230) + 109,992 = 454656,611 \text{ kcal}$

2. Tri-Oleat



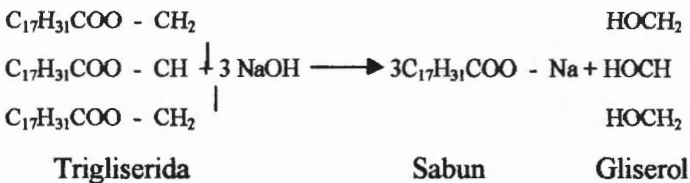
Komponen	Koefisien	Mol	ΔH_f (kcal/mol)	H(kcal)
Tri - Oleat	-1	27,7	15652	-1579069,190
NaOH	-3	27,7	-0,1017	30,780
$\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}_2\text{Na}$	3	27,7	5049,72	1528339,625
Griserol	1	27,7	1246	125704,077
ΔH_{25}				3233082,112

Komponen	kgmol	T	ΔT	C_p (kcal/kmol $^{\circ}\text{C}$)	H(kcal)
Tri - Oleat	0,0277	75	-50	438,96	-2214,272
NaOH	0,0277	75	-50	19,31	-97,406
ΔH_R					-2311,678

Komponen	kgmol	T	ΔT	C_p (kcal/kmol $^{\circ}\text{C}$)	H(kcal)
$\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}_2\text{Na}$	0,0277	75	50	145,943	736,180
Griserol	0,0277	75	50	21,77	109,815
ΔH_P					845,994

Enthalpy reaksi total untuk asam oleat (ΔH) = $\Delta H_{25} + \Delta H_R + \Delta H_P$
 $\Delta H = 3233082,112 + (-2311,678) + 845,994 = 3231616,429 \text{ kcal}$

3. Tri - Linoleat



Komponen	Koefisien	Mol	ΔH_f (kcal/mol)	H(kcal)
Tri - linoleat	-1	47,46	15499	-893613,475
NaOH	-3	47,46	-0,1017	17,5909
$\text{C}_{18}\text{H}_{31}\text{O}_2\text{Na}$	3	47,46	4915,72	850265,236
Gliserol	1	47,46	1246	71839,62769
ΔH_{25}				1815700,747

Komponen	kgmol	T	ΔT	C_p (kcal/kmol°C)	H(kcal)
Tri - linoleat	0,0475	75	-50	418,10	-1205,301
NaOH	0,0475	75	-50	19,31	-55,667
ΔH_R					-1260,968

Komponen	kgmol	T	ΔT	C_p (kcal/kmol°C)	H(kcal)
$\text{C}_{18}\text{H}_{31}\text{O}_2\text{Na}$	0,0475	75	-50	146,284	421,708
Gliserol	0,0475	75	-50	21,77	62,759
ΔH_p					484,467

Enthalpy reaksi total untuk asam linoleat (ΔH) = $\Delta H_{25} + \Delta H_R + \Delta H_p$

$$\Delta H = 1815700,747 + (-1260,968) + 484,467 = 1814924,246 \text{ kcal}$$

Enthalpy bahan keluar dari tangki Netralisasi pada suhu 75°C

Komponen	Massa	Cp (kcal/kg°C)	ΔT	H = m x Cp x Δt
Palmitat	1765,82954	0,5153	50	45500,108
Stearat	1210,854542	0,5158	50	31227,579
Oleat	8.829,15	0,4958	50	218853,976
Linoleat	5.011,59	0,4754	50	119133,440
FFA	0,105949878	0,498	50	2,638
Impurities	176,5831306	0,347	50	3063,717
NaOH sisa	0,074024495	0,48	50	1,77658788
H2O	759,9491461	0,9987	50	37948,061
Gliserol	17,88615109	0,24	50	214,6338131
Na. palmitat	18,45629792	0,4444	50	410,061
Na. stearat	12,61564487	0,4513	50	284,673
Na. Oleat	92,00812083	0,4794	50	2205,276
Na. linoleat	52,23651921	0,4681	50	1222,467
Total				460068,406

Enthalpy reaksi

Komponen	TGS	FFA	Jumlah
palmitat	657552,338	1346748,843	2004301,182
stearat	454656,611	933044,385	1387700,996
oleat	3231616,429	6676025,050	9907641,479
linoleat	1814924,246	3715940,592	5530864,839
Total			18830508,495

Steam jenuh yang digunakan = 250°C dan tekanan 34 bar

$$\begin{aligned}
 H_{\text{steam}} &= m_s \times H_v \\
 &= m_s \times 669,575 \\
 &= 669,575 \text{ ms kcal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ kondensat} &= ms \times HI \\ &= ms \times 259,407 \\ &= 259,407 \text{ ms kcal} \end{aligned}$$

Panas masuk system :

$$\begin{aligned} - H \text{ bahan masuk} &= 460694,382 \text{ kcal} \\ - H \text{ steam} &= 669,575 \text{ ms} \end{aligned}$$

Panas keluar system :

$$\begin{aligned} - H \text{ bahan keluar} &= 460068,406 \text{ kcal} \\ - H \text{ kondensat} &= 259,407 \text{ ms} \\ - Q \text{ loss} &= 5\% \times Q \text{ yang disupply} \end{aligned}$$

Neraca panas :

$$H \text{ bahan masuk} + H \text{ steam} = H \text{ bahan keluar} + H \text{ kondensat} + Q \text{ loss}$$

$$Q \text{ yang disupply} = \frac{H \text{ bahan keluar} - H \text{ bahan masuk}}{0,95}$$

$$= \frac{460068,406 - 460694,382}{0,95}$$

$$= 19820928,97 \text{ kcal}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ loss} &= 5\% \times Q \text{ yang disupply} \\ &= 5\% \times 19820928,97 \\ &= 991046,448 \text{ kcal} \end{aligned}$$

$$H \text{ steam} = m \times Cp \times \Delta t + (m \times \lambda)$$

$$H \text{ kondensat} = m \times Cp \times \Delta t$$

$$\begin{aligned} Q \text{ yang disupply} &= H \text{ steam} - H \text{ kondensat} \\ &= (m \times Cp \times \Delta t) + (m \times \lambda) - (m \times Cp \times \Delta t) \\ &= m \times \lambda \end{aligned}$$

$$\text{Massa steam (ms)} = \frac{Q \text{ yang disupply}}{\lambda} = \frac{Q \text{ yang disupply}}{H_v - H_l}$$

$$= \frac{19820928,97}{669,575 - 259,407}$$

$$= 48323,928 \text{ kg}$$

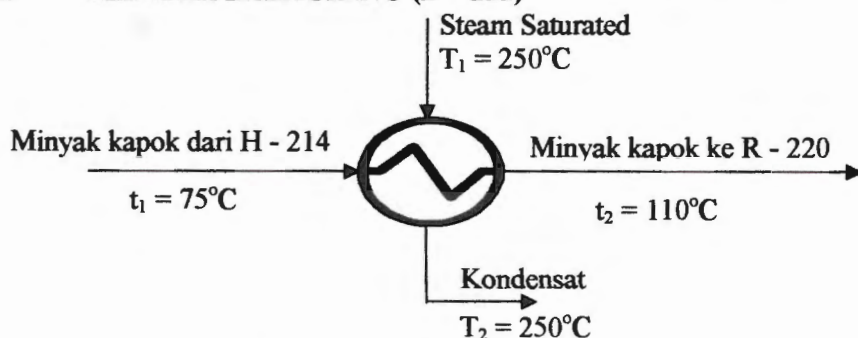
$$\begin{aligned} H \text{ steam} &= 669,575 \text{ ms} = 669,575 \times 48323,928 \\ &= 32356494,2 \text{ kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ kondensat} &= 259,407 \text{ ms} = 259,407 \times 48323,928 \\ &= 12535565,23 \text{ kcal} \end{aligned}$$

Neraca panas pada Tangki Netralisasi (R - 210)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H minyak kapok	460694,382	H minyak kapok	460068,406
Q supply oleh steam	19820928,97	H reaksi	18830508,495
		Q loss	991046,448
Total	20281623,349	Total	20281623,349

2. HEATER BLEACHING (E - 222)



Suhu masuk heater 75°C

$$\Delta t = (75 - 25) = 50^\circ\text{C}$$

Enthalpy bahan masuk dengan $\Delta t = 50^\circ\text{C}$

Komponen	Massa (kg)	cp (kcal/kg°C)	Δt (°C)	H = m. cp. Δt (kcal)
Palmitat	1447,980223	0,5153	50	37310,089
Stearat	992,9007243	0,5158	50	25606,615
Oleat	7.239,90	0,4958	50	179460,260
Linoleat	4.109,51	0,4754	50	97689,421
FFA	0,019070978	0,498	50	0,475
Impurities	144,7981671	0,347	50	2512,248
H ₂ O	683,9542315	0,9987	50	34153,255
Total				376732,362

Suhu bahan keluar = 110°C

$\Delta t = (110 - 25) = 85^{\circ}\text{C}$

Enthalpy bahan keluar dengan $\Delta t = 85^{\circ}\text{C}$

Komponen	Massa (kg)	cp (kcal/kg $^{\circ}\text{C}$)	Δt ($^{\circ}\text{C}$)	H = m. cp. Δt (kcal)
Palmitat	1447,980223	0,5153	85	63427,151
Stearat	992,9007243	0,5158	85	43531,245
Oleat	7.239,90	0,4958	85	305082,442
Linoleat	4.109,51	0,4754	85	166072,016
FFA	0,019070978	0,498	85	0,807
Impurities	144,7981671	0,347	85	4270,822
H ₂ O	683,9542315	0,9987	85	58060,533
Total				640445,016

Steam jenuh yang digunakan = 250°C dan tekanan 34 bar

$$\begin{aligned}
 H \text{ steam} &= m_s \times H_v \\
 &= m_s \times 669,575 \\
 &= 669,575 \text{ ms kcal} \\
 H \text{ kondensat} &= m_s \times H_I \\
 &= m_s \times 259,407 \\
 &= 259,407 \text{ ms kcal}
 \end{aligned}$$

Panas masuk system :

$$\begin{aligned}
 - H \text{ bahan masuk} &= 376732,362 \text{ kcal} \\
 - H \text{ steam} &= 669,575 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

Panas keluar system :

$$\begin{aligned}
 - H \text{ bahan keluar} &= 640445,016 \text{ kcal} \\
 - H \text{ kondensat} &= 259,407 \text{ ms} \\
 - Q \text{ loss} &= 5\% \times Q \text{ yang disupply}
 \end{aligned}$$

Neraca panas :

H bahan masuk + H steam = H bahan keluar + H kondensat + Q loss

$$Q \text{ yang disupply} = \frac{H \text{ bahan keluar} - H \text{ bahan masuk}}{0,95}$$

$$= \frac{640445,016 - 376732,362}{0,95}$$

$$= 277592,267 \text{ kcal}$$

$$Q \text{ loss} = 5\% \times Q \text{ yang disupply}$$

$$= 5\% \times 277592,267$$

$$= 12845,084 \text{ kcal}$$

$$H \text{ steam} = m \times C_p \times \Delta t + (m \times \lambda)$$

$$H \text{ kondensat} = m \times C_p \times \Delta t$$

$$Q \text{ yang disupply} = H \text{ steam} - H \text{ kondensat}$$

$$= (m \times C_p \times \Delta t) + (m \times \lambda) - (m \times C_p \times \Delta t)$$

Δt)

$$= m \times \lambda$$

$$\text{Massa steam (ms)} = \frac{Q \text{ yang disupply}}{\lambda} = \frac{Q \text{ yang disupply}}{H_v - H_l}$$

$$= \frac{277592,267}{669,575 - 259,407}$$

$$= 676,777 \text{ kg}$$

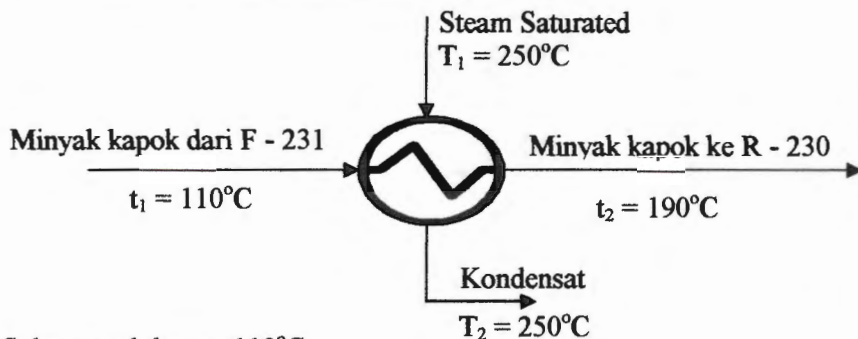
$$H \text{ steam} = 669,575 \text{ ms} = 669,575 \times 676,777 = 453152,957 \text{ kcal}$$

$$H \text{ kondensat} = 259,407 \text{ ms} = 259,407 \times 676,777 = 175560,7 \text{ kcal}$$

Neraca panas pada Heater Bleaching (E - 222)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H minyak kapok	376732,362	H minyak kapok	640445,016
Q supply oleh steam	277592,267	Q loss	13879,613
Total	654324,629	Total	654324,629

3. HEATER HIDROGENASI (E -233)



Suhu masuk heater 110°C

$$\Delta t = (110 - 25) = 85^{\circ}\text{C}$$

Enthalpy bahan masuk dengan $\Delta t = 85^{\circ}\text{C}$

Komponen	Massa (kg)	cp (kcal/kg°C)	Δt (°C)	H = m. cp. Δt (kcal)
Palmitat	1443,636282	0,5153	85	63236,870
Stearat	989,9220221	0,5158	85	43400,651
Oleat	7218,181411	0,4958	85	304167,195
Linoleat	4097,177258	0,4754	85	165573,800
FFA	0,086618264	0,498	85	3,667
Impurities	43,43945013	0,347	85	1281,247
H ₂ O	75,76692986	0,9987	85	6431,817
Total				584095,245

Suhu bahan keluar = 190°C

$$\Delta t = (190 - 25) = 165^{\circ}\text{C}$$

Enthalpy bahan keluar dengan $\Delta t = 165^{\circ}\text{C}$

Komponen	Massa (kg)	cp (kcal/kg°C)	Δt (°C)	H = m. cp. Δt (kcal)
Palmitat	1443,636282	0,5153	165	122753,923
Stearat	989,9220221	0,5158	165	84248,322
Oleat	7218,181411	0,4958	165	590442,201
Linoleat	4097,177258	0,4754	165	321407,965
FFA	0,086618264	0,498	165	7,117

Impurities	43,43945013	0,347	165	2487,126
H ₂ O	75,76692986	0,9987	165	12485,291
Total				1133831,946

Steam jenuh yang digunakan = 250°C dan tekanan 34 bar

$$\begin{aligned} H \text{ steam} &= m_s \times H_v \\ &= m_s \times 669,575 \\ &= 669,575 \text{ ms kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ kondensat} &= m_s \times H_I \\ &= m_s \times 259,407 \\ &= 259,407 \text{ ms kcal} \end{aligned}$$

Panas masuk system :

$$\begin{aligned} - H \text{ bahan masuk} &= 584095,245 \text{ kcal} \\ - H \text{ steam} &= 669,575 \text{ ms} \end{aligned}$$

Panas keluar system :

$$\begin{aligned} - H \text{ bahan keluar} &= 1133831,946 \text{ kcal} \\ - H \text{ kondensat} &= 259,407 \text{ ms} \\ - Q \text{ loss} &= 5\% \times Q \text{ yang disupply} \end{aligned}$$

Neraca panas :

$$H \text{ bahan masuk} + H \text{ steam} = H \text{ bahan keluar} + H \text{ kondensat} + Q \text{ loss}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ yang disupply} &= \frac{H \text{ bahan keluar} - H \text{ bahan masuk}}{0,95} \\ &= \frac{1133831,946 - 584095,245}{0,95} \\ &= 578670,212 \text{ kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ loss} &= 5\% \times Q \text{ yang disupply} \\ &= 5\% \times 578670,212 \\ &= 28933,51059 \text{ kcal} \end{aligned}$$

$$H \text{ steam} = m \times C_p \times \Delta t + (m \times \lambda)$$

$$H \text{ kondensat} = m \times C_p \times \Delta t$$

$$\begin{aligned} Q \text{ yang disupply} &= H \text{ steam} - H \text{ kondensat} \\ &= (m \times C_p \times \Delta t) + (m \times \lambda) - (m \times C_p \times \Delta t) \\ &= m \times \lambda \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa steam (ms)} &= \frac{Q \text{ yang disupply}}{\lambda} = \frac{Q \text{ yang disupply}}{H_v - H_i} \\
 &= \frac{578670,212}{669,575 - 259,407} \\
 &= 1410,813 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

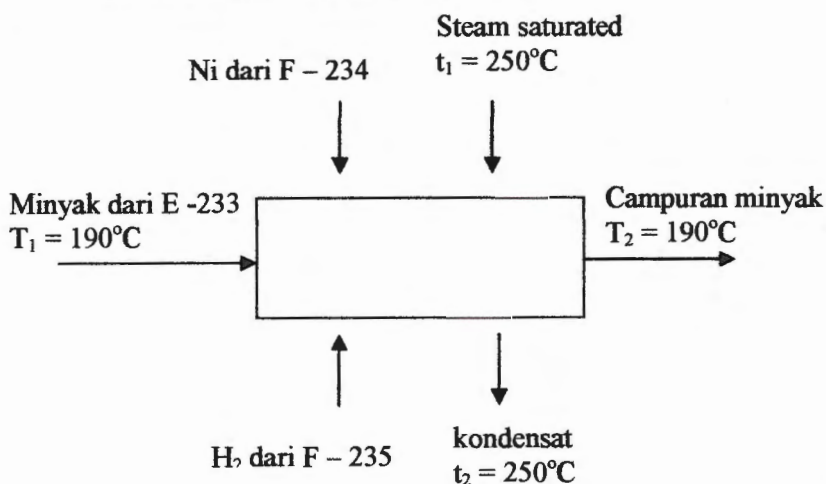
$$H \text{ steam} = 669,575 \text{ ms} = 669,575 \times 1410,813 = 944644,895 \text{ kcal}$$

$$H \text{ kondensat} = 259,407 \text{ ms} = 259,407 \times 1410,813 = 365974,7 \text{ kcal}$$

Neraca panas pada Heater Hidrogenasi (E - 233)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H minyak kapok	584095,245	H minyak kapok	1133831,946
Q supply oleh steam	578670,212	Q loss	28933,51059
Total	1162765,457	Total	1162765,457

4. TANGKI HIDROGENASI (R - 230)



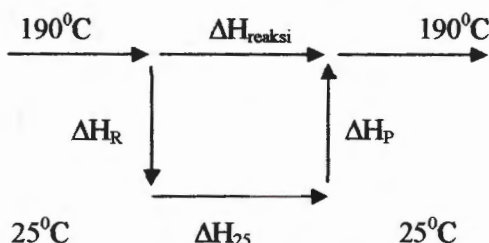
Suhu masuk tangki 190°C

$$\Delta t = (190 - 25) = 165^\circ\text{C}$$

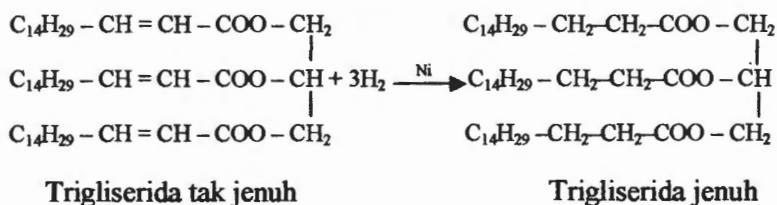
Enthalpy bahan masuk dengan $\Delta t = 165^\circ\text{C}$

Komponen	Massa (kg)	cp (kcal/kg°C)	Δt (°C)	H = m. cp. Δt (kcal)
Palmitat	1443,636282	0,5153	165	122753,923
Stearat	989,9220221	0,5158	165	84248,322
Oleat	7218,181411	0,4958	165	590442,201
Linoleat	4097,177258	0,4754	165	321407,965
FFA	0,086618264	0,498	165	7,117
Impurities	43,43945013	0,347	165	2487,126
H ₂ O	75,76692986	0,9987	165	12485,291
Nikel	2,773535479	0,109	5	1,5116
H ₂	115,7601035	0,013	5	7,5244
Total				1133840,982

Panas reaksi yang terjadi pada Triglicerida



1. Reaksi triglicerida sebagai asam oleat



komponen	koefisien	mol	ΔH_f (kcal/mol)	H(kcal)
TGS tak jenuh	-1	8517,15	14911	-127826963,2
H ₂	-3	8517,15	0	0
TGS jenuh	1	8517,15	15460	132533354,7
ΔH_{25}				260360317,9

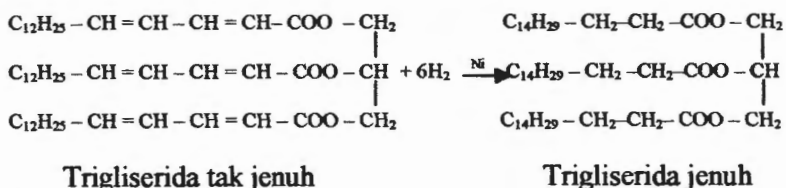
Komponen	kgmol	T	ΔT	Cp (kcal/kmol°C)	H(kcal)
TGS tak jenuh	8,5171	190	-165	417,08	-589950,642
H ₂	8,5171	190	-165	0,0065	-9,194180
ΔH_R					-589959,836

Komponen	kgmol	T	ΔT	Cp (kcal/kmol°C)	H(kcal)
TGS jenuh	8,5171	190	165	437,942	619464,809
ΔH_p					619464,809

Entalpy reaksi total untuk Tri-oleat :

$$\begin{aligned}
 (\Delta H_1) &= \Delta H_{25} + \Delta H_R + \Delta H_p \\
 &= 260360317,9 + (-589959,836) + 619464,809 \\
 &= 260389822,848 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

2. Reaksi trigliserida sebagai asam linoleat



komponen	koefisien	mol	AHF (kcal/mol)	H(kcal)
TGS tak jenuh	-1	2509,5	13774	-67505406,17
H ₂	-3	2509,5	0	0
TGS jenuh	1	2509,5	15460	75768373,7
ΔH_{25}				143273779,9

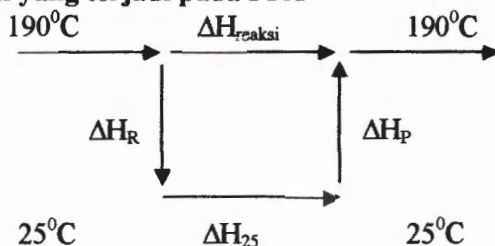
Komponen	kgmol	T	ΔT	Cp (kcal/kmol°C)	H(kcal)
TGS tak jenuh	2,5095	190	-165	365,66	-295695,439
H ₂	2,5095	190	-165	0,0065	-5,256
ΔH_R					-295700,695

Komponen	kgmol	T	ΔT	Cp (kcal/kmol°C)	H(kcal)
TGS jenuh	2,5095	190	165	437,942	354143,614
ΔH_p					354143,614

Entalpy reaksi total untuk Tri-linoleat :

$$\begin{aligned}
 (\Delta H_2) &= \Delta H_{25} + \Delta H_R + \Delta H_p \\
 &= 143273779,9 + (-295700,695) + 354143,614 \\
 &= 143332222,791 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H \text{ Total panas reaksi pada trigliserida} &= \Delta H_1 + \Delta H_2 \\
 &= 260389822,848 + 143332222,791 \\
 &= 403722045,639 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$



1. Reaksi H_2 dengan FFA dari asam oleat



komponen	koefisien	mol	ΔH_f (kcal/mol)	H(kcal)
$C_{18}H_{34}O_2$	-1	0,16	5107	-232238,7209
H_2	-1	0,16	0	0
$C_{18}H_{36}O_2$	1	0,16	5241	238332,3157
ΔH_{25}				470571,0366

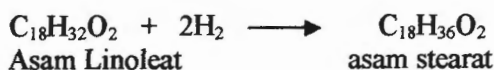
Komponen	kgmol	T	ΔT	C_p (kcal/kmol°C)	H(kcal)
$C_{18}H_{34}O_2$	0,00016	190	-165	137,815	-1034,0698
H_2	0,00016	190	-165	0,0065	-0,048771
ΔH_R					-1034,1185

Komponen	kgmol	T	ΔT	C_p (kcal/kmol°C)	H(kcal)
$C_{18}H_{36}O_2$	0,00016	190	165	144,7704	1086,257
AH_p					1086,257

Entalpy reaksi total untuk asam – oleat :

$$\begin{aligned}
 (\Delta H_1) &= \Delta H_{25} + \Delta H_R + \Delta H_p \\
 &= 470571,0366 + (-1034,1185) + 1086,257 \\
 &= 709989,609 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

2. Reaksi H_2 dengan FFA dari asam linoleat



komponen	koefisien	mol	ΔH_f (kcal/mol)	H(kcal)
$C_{18}H_{32}O_2$	-1	0,14	4973	-128364,2844
H_2	-1	0,14	0	0
$C_{18}H_{36}O_2$	1	0,14	5241	135281,9656
ΔH_{25}				263646,25

Komponen	kgmol	T	ΔT	C_p (kcal/kmol°C)	H(kcal)
$C_{18}H_{34}O_2$	0,00014	190	-165	130,860	-557,33537
H_2	0,00014	190	-165	0,0065	-0,02768
ΔH_R					-557,36305

Komponen	kgmol	T	ΔT	C_p (kcal/kmol°C)	H(kcal)
$C_{18}H_{36}O_2$	0,00014	190	165	144,7704	616,580
ΔH_p					616,580

Entalpy reaksi total untuk asam – linoleat :

$$\begin{aligned}
 (\Delta H_2) &= \Delta H_{25} + \Delta H_R + \Delta H_p \\
 &= 263646,25 + (-557,36305) + 616,580 \\
 &= 263705,467 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H \text{ Total panas reaksi pada FFA} &= \Delta H_1 + \Delta H_2 \\ &= 709989,609 + 263705,467 \\ &= 973695,076 \text{ kcal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H \text{ Total} &= \Delta H \text{ panas reaksi pada TGS} + \Delta H \text{ panas reaksi pada FFA} \\ &= 403722045,639 + 973695,076 \\ &= 404695740,715 \text{ kcal}\end{aligned}$$

Suhu keluar tangki 190°C

$$\Delta t = (190 - 25) = 165^\circ\text{C}$$

Enthalpy bahan keluar dengan $\Delta t = 165^\circ\text{C}$

Komponen	Massa (kg)	cp (kcal/kg $^\circ\text{C}$)	Δt ($^\circ\text{C}$)	H = m. cp. Δt (kcal)
Palmitat	1443,636282	0,5153	165	122753,923
Stearat	12415,60002	0,5158	165	1056642,292
FFA	0,015116929	0,498	165	1,242
Impurities	43,43945013	0,347	165	2487,126
Moisture		0,9987	165	0,000
H ₂ O	75,76692986	0,9987	165	12485,291
Nikel	2,773641994	0,109	165	49,884
H ₂	5,512397972	0,013	165	11,824
Total				1194431,583

Steam jenuh yang digunakan = 250°C dan tekanan 34 bar

$$\begin{aligned}H \text{ steam} &= m_s \times H_v \\ &= m_s \times 669,575 \\ &= 669,575 \text{ ms kcal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H \text{ kondensat} &= m_s \times H_i \\ &= m_s \times 259,407 \\ &= 259,407 \text{ ms kcal}\end{aligned}$$

Panas masuk system :

$$\begin{aligned}- H \text{ bahan masuk} &= 1133840,982 \text{ kcal} \\ - H \text{ steam} &= 669,575 \text{ ms}\end{aligned}$$



Panas keluar system :

- H bahan keluar = 1194431,583 kcal
- H kondensat = 259,407 ms
- Q loss = 5% x Q yang disupply

Neraca panas :

H bahan masuk + H steam = H bahan keluar + H kondensat + H reaksi + Q loss

$$Q \text{ yang disupply} = \frac{(H \text{ bahan keluar} + H \text{ reaksi}) - H \text{ bahan masuk}}{0,95}$$

$$= \frac{(1194431,583 + 404695740,715) - 1133840,982}{0,95}$$

$$= 426059296 \text{ kcal}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ loss} &= 5\% \times Q \text{ yang disupply} \\ &= 5\% \times 426059296 \\ &= 21302964,81 \text{ kcal} \end{aligned}$$

$$H \text{ steam} = m \times C_p \times \Delta t + (m \times \lambda)$$

$$H \text{ kondensat} = m \times C_p \times \Delta t$$

$$\begin{aligned} Q \text{ yang disupply} &= H \text{ steam} - H \text{ kondensat} \\ &= (m \times C_p \times \Delta t) + (m \times \lambda) - (m \times C_p \times \Delta t) \\ &= m \times \lambda \end{aligned}$$

$$\text{Massa steam (ms)} = \frac{Q \text{ yang disupply}}{\lambda} = \frac{Q \text{ yang disupply}}{H_v - H_I}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{426059296}{669,575 - 259,407} \\ &= 1038743,383 \text{ kg} \end{aligned}$$

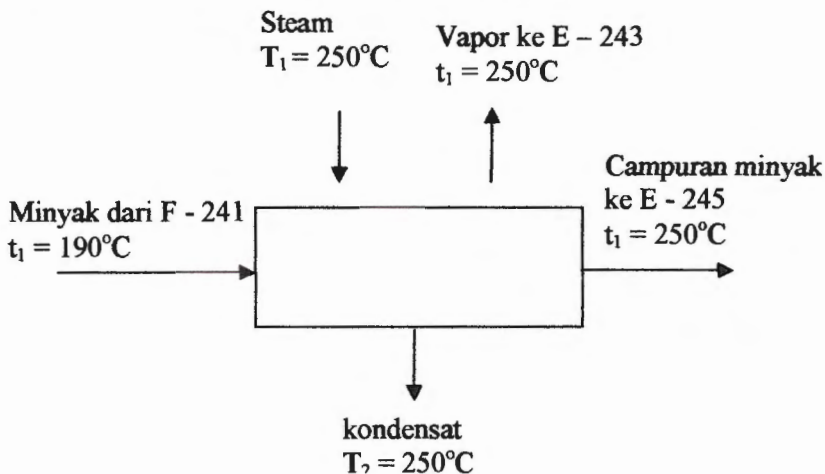
$$\begin{aligned} H \text{ steam} &= 669,575 \text{ ms} = 669,575 \times 1038743,383 \\ &= 695516601 \text{ kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ kondensat} &= 259,407 \text{ ms} &= 259,407 \times 1038743,383 \\ & &= 269457304,9 \text{ kcal} \end{aligned}$$

Neraca panas pada Tangki Hidrogenasi (R - 230)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H minyak kapok	1133840,982	H minyak kapok	1194431,583
Q supply oleh steam		Q loss	21302964,81
	426059296	H reaksi	404695740,71
Total	427193137,10	Total	427193137,10

5. TANGKI DEODORISASI (D - 240)



Suhu masuk tangki 190°C

$$\Delta t = (190 - 25) = 165^\circ\text{C}$$

Enthalpy bahan masuk dengan $\Delta t = 165^\circ\text{C}$

Komponen	Massa (kg)	cp (kcal/kg°C)	Δt (°C)	H = m. cp. Δt (kcal)
Palmitat	1439,305373	0,5153	165	122385,662
Stearat	12378,35322	0,5158	165	1053472,365
FFA	0,015071578	0,4980	165	1,238
Impurities	43,30913178	0,3470	165	2479,664
H ₂ O	75,53962907	0,9987	165	12447,836
Total				1190786,765

Suhu keluar tangki 250°C

$$\Delta t = (250 - 25) = 225^\circ\text{C}$$

Enthalpy bahan keluar dengan $\Delta t = 225^\circ\text{C}$

Komponen	Massa (kg)	cp (kcal/kg°C)	Δt (°C)	H = m. cp. Δt (kcal)
Palmitat	1432,108847	0,5153	225	166055,091
Stearat	12316,46145	0,5158	225	1429370,459
FFA	0,01499622	0,4980	225	1,680
H ₂ O	75,16193093	0,9987	225	16889,450
Total				1612316,679

Panas uap (dari steam table Gean Koplis, App A.2 - 9)

$$H_v \text{ pada suhu } 250^\circ\text{C} = 2801,5 \text{ kJ/kg} = 669,575 \text{ kcal/kg}$$

Enthalpy bahan baku yang terikut vapor

Komponen	Massa (kg)	Hv (kcal/kg)	H = m.Hv (kcal)
Palmitat	7,196526867	669,575	4818,614
Stearat	61,89176608	669,575	41441,179
FFA	7,53579E-05	669,575	0,050
Impurities	43,30913178	669,575	28998,712
H ₂ O	0,377698145	669,575	252,897
Steam	1389,321329	669,575	930254,829
Total			1005766,282

Steam jenuh yang digunakan = 250°C dan tekanan 34 bar

$$\begin{aligned} H \text{ steam} &= m_s \times H_v \\ &= m_s \times 669,575 \\ &= 669,575 \text{ ms kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ kondensat} &= m_s \times H_I \\ &= m_s \times 259,407 \\ &= 259,407 \text{ ms kcal} \end{aligned}$$

Panas masuk system :

$$\begin{aligned} - H \text{ bahan masuk} &= 1190786,765 \text{ kcal} \\ - H \text{ steam} &= 669,575 \text{ ms} \end{aligned}$$

Panas keluar system :

$$\begin{aligned} - H \text{ bahan keluar} &= 1612316,679 \text{ kcal} \\ - H \text{ kondensat} &= 259,407 \text{ ms} \\ - H \text{ vapor} &= 1005766,282 \text{ kcal} \\ - Q \text{ loss} &= 5\% \times Q \text{ yang disupply} \end{aligned}$$

Neraca panas :

$$H \text{ bahan masuk} + H \text{ steam} = H \text{ bahan keluar} + H \text{ kondensat} + Q \text{ loss}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ yang disupply} &= \frac{(H \text{ bahan keluar} + H \text{ reaksi}) - H \text{ bahan masuk}}{0,95} \\ &= \frac{(1612316,679 + 1005766,282) - 1190786,765}{0,95} \\ &= 1502417,049 \text{ kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ loss} &= 5\% \times Q \text{ yang disupply} \\ &= 5\% \times 1502417,049 \\ &= 75120,852 \text{ kcal} \end{aligned}$$

$$H \text{ steam} = m \times C_p \times \Delta t + (m \times \lambda)$$

$$H \text{ kondensat} = m \times C_p \times \Delta t$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ yang disupply} &= H \text{ steam} - H \text{ kondensat} \\
 &= (m \times C_p \times \Delta t) + (m \times \lambda) - (m \times C_p \times \Delta t) \\
 &= m \times \lambda
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa steam (ms)} &= \frac{Q \text{ yang disupply}}{\lambda} = \frac{Q \text{ yang disupply}}{H_v - H_l} \\
 &= \frac{1502417,049}{669,575 - 259,407} \\
 &= 3662,931 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

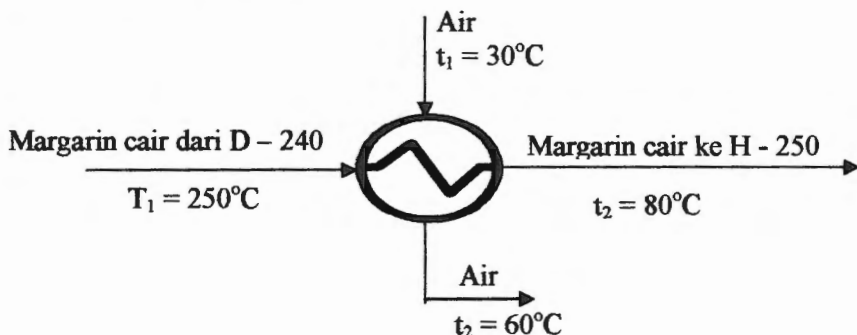
$$\begin{aligned}
 H \text{ steam} &= 669,575 \text{ ms} = 669,575 \times 3662,931 \\
 &= 2452606,970 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ kondensat} &= 259,407 \text{ ms} = 259,407 \times 3662,931 \\
 &= 950189,921 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

Neraca panas pada Tangki Deodorisasi (D - 240)

Masuk (kcal)		Keluar (kcal)	
H minyak kapok	1190786,765	H minyak kapok	1612316,679
Q supply oleh steam	1502417,049	Q loss	75120,852
		H vapor	1005766,282
Total	2693203,814	Total	2693203,814

6. COOLER (E - 245)



Suhu masuk cooler 250°C

$$\Delta t = (250 - 25) = 225^\circ\text{C}$$

Enthalpy bahan masuk dengan $\Delta t = 165^\circ\text{C}$

Komponen	Massa (kg)	cp (kcal/kg°C)	Δt (°C)	H = m. cp. Δt (kcal)
palmitat	1432,108847	0,5153	225	166055,091
Stearat	12316,46145	0,5158	225	1429370,459
FFA	0,01499622	0,4980	225	1,680
H ₂ O	75,16193093	0,9987	225	16889,450
Total				1612316,679

Suhu keluar cooler 80°C

$$\Delta t = (80 - 25) = 55^\circ\text{C}$$

Enthalpy bahan keluar dengan $\Delta t = 55^\circ\text{C}$

Komponen	Massa (kg)	cp (kcal/kg°C)	Δt (°C)	H = m. cp. Δt (kcal)
Palmitat	1432,108847	0,5153	55	40591,244
Stearat	12316,46145	0,5158	55	349401,668
FFA	0,01499622	0,4980	55	0,411
H ₂ O	75,16193093	0,9987	55	4128,532
Total				394121,855

Air yang digunakan :

$$\begin{aligned} H \text{ air masuk} &= m_a \times c_p \times \Delta t \\ &= m_a \times 0,9987 \times (30 - 25) \\ &= 4,993 m_a \text{ (kcal)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ air keluar} &= m_a \times c_p \times \Delta t \\ &= m_a \times 0,9987 \times (60 - 25) \\ &= 34,9545 m_a \text{ (kcal)} \end{aligned}$$

Perhitungan massa air yang digunakan

Enthalpy masuk system

$$- H \text{ bahan masuk} = 1612316,679 \text{ kcal}$$

$$- H \text{ air} = 4,993 m_a \text{ kcal}$$

Enthalpy keluar system

$$- H \text{ bahan keluar} = 394121,855 \text{ kcal}$$

$$- H \text{ air} = 34,9545 m_a \text{ kcal}$$

Neraca panas :

H bahan masuk + H air = H bahan keluar + H air

1612316,679 + 4,993 ma = 394121,855 + 34,9545 ma

ma = 40659,351 kg

maka

H air masuk = 4,993 x 40659,351 = 203032,4708 kcal

H air keluar = 34,9545 x 40659,351 = 1421227,295 kcal

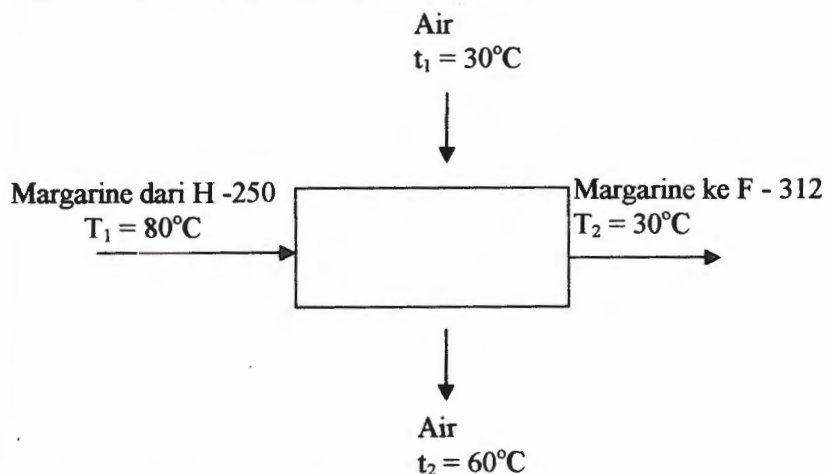
Q yang diserap pendingin = 1421227,295 - 203032,4708

= 1218194,825 kcal

Neraca panas pada cooler (E - 245)

Masuk (kcal)		Keluar(kcal)	
H margarine cair	1612316,679	H margarine cair	394121,855
		Q diserap air	1218194,825
Total	1612316,679	Total	1612316,679

7. TANGKI VOTATOR (H - 310)



Suhu masuk tangki 80°C

$\Delta t = (80 - 25) = 55^\circ\text{C}$

Enthalpy bahan masuk dengan $\Delta t = 55^\circ\text{C}$

Komponen	Massa (kg)	cp (kcal/kg°C)	Δt (°C)	$H = m \cdot cp \cdot \Delta t$ (kcal)
palmitat	1432,108847	0,5153	55	40591,244
Stearat	12316,46145	0,5158	55	349401,668
FFA	0,01499622	0,4980	55	0,411
H ₂ O	75,16193093	0,9987	55	4128,532
Total				394121,855

Suhu keluar tangki 30°C

$$\Delta t = (30 - 25) = 5^\circ\text{C}$$

Enthalpy bahan keluar dengan $\Delta t = 55^\circ\text{C}$

Komponen	Massa (kg)	cp (kcal/kg°C)	Δt (°C)	$H = m \cdot cp \cdot \Delta t$ (kcal)
Palmitat	1432,108847	0,5153	5	3690,113
Stearat	12316,46145	0,5158	5	31763,788
FFA	0,01499622	0,498	5	0,037
H ₂ O	75,16193093	0,9987	5	375,321
Total				35829,260

Air yang digunakan :

$$\begin{aligned} H \text{ air masuk} &= m_a \times cp \times \Delta t \\ &= m_a \times 0,9987 \times (30 - 25) \\ &= 4,993 m_a \text{ (kcal)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ air keluar} &= m_a \times cp \times \Delta t \\ &= m_a \times 0,9987 \times (60 - 25) \\ &= 34,955 m_a \text{ (kcal)} \end{aligned}$$

Perhitungan massa air yang digunakan

Enthalpy masuk system

$$- H \text{ bahan masuk} = 394121,855 \text{ kcal}$$

$$- H \text{ air} = 4,993 m_a \text{ kcal}$$

Enthalpy keluar system

$$- H \text{ bahan keluar} = 35829,260 \text{ kcal}$$

$$- H \text{ air} = 34,955 m_a \text{ kcal}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{bahan masuk}} + H_{\text{air}} &= H_{\text{bahan keluar}} + H_{\text{air}} \\
 394121,855 + 4,993 \text{ ma} &= 35829,260 + 34,955 \text{ ma} \\
 \text{ma} &= 11958,633 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

maka

$$\begin{aligned}
 H_{\text{air masuk}} &= 4,993 \times 11958,633 = 59715,433 \text{ kcal} \\
 H_{\text{air keluar}} &= 19,974 \times 11958,633 = 418008,028 \text{ kcal} \\
 Q_{\text{yang diserap}} &= 418008,028 - 59715,433 \\
 &= 358292,595 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

Neraca panas pada Tangki Votator (H - 310)

Masuk (kcal)		Keluar(kcal)	
H margarine cair	394121,855	H margarine	35829,260
		Q diserap air	358292,595
Total	394121,855	Total	394121,855

APPENDIKS C SPESIFIKASI ALAT

1. Tangki Penampung Minyak (F-231)

Fungsi : Menampung minyak hasil filter press (H-224)

Minyak dari filter press H-226



Tipe	: Vertikal
Dasar pemilihan	: - Fabrikasi mudah - Lahan pabrik tidak terlalu luas
Kondisi operasi	: 1 atm
Kapasitas	: 13868,21 kg/jam
ρ minyak	: 57,4356 lb/ft ³
Kecepatan volumetrik	: $13868,21/57,4356 = 241,4567$ lt/jam
Ditetapkan	: Waktu tinggal ditangki = 2 jam
Kapasitas liquid	: $241,4567 \times 2 = 482,9134$ lt = 17,05383 ft ³
Digunakan 2 buah tangki penyimpanan, dan tangki berisi penuh.	
Kapasitas 1 tangki	= $17,05383 / 2 = 8,526916$ ft ³

A. Menentukan Ukuran Tangki

$$\text{Volume silinder} \times 1/8,527 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4} ;$$

dimana : H = tinggi silinder = Diameter

$$\text{Asumsi : } \frac{H}{D} = 1$$

$$8,527 \times 1/8,527 = \frac{\pi D^3}{4}$$

Didapatkan : $D = 2.2 \text{ ft} = 0,6706 \text{ m} = 26,4 \text{ in}$

$R = 1.1 \text{ ft} = 0,335 \text{ m} = 13,189 \text{ in}$

$H = 2.2 \text{ ft} = 0,6706 \text{ m} = 26,4 \text{ in}$

Lebar plate standar minimum yang tersedia adalah 5 ft, sedangkan tinggi silinder 2,2 ft, maka dengan standar 5 ft dipotong 2, sehingga lebar plate untuk masing masing silinder adalah 2,5 ft sebanyak 1 buah.

Dengan standarisasi tinggi silinder maka dengan perbandingan $H/D = 1$ maka besar diameter $2,5 \text{ ft} = 30 \text{ in}$.

$$\text{Perhitungan volume silinder} = \frac{\pi D^2 H}{4} = \frac{\pi (2,5)^2 \cdot 2,5}{4} = 12,27 \text{ ft}^3$$

Pengecekan diameter dan tinggi silinder, untuk pengelasan double welded butt joint dengan syarat : $D \cdot H \geq 1720$

$$2,5 \times 2,5 = 6,25$$

Karena harga $D \cdot H \leq 1720$, maka tangki ini merupakan tangki bervolume kecil sehingga perhitungan tebal silinder semua sama.

B. Menentukan Tebal Tangki

$$ts = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0.6P} + C$$

dimana : ts = tebal tangki (in)

P = tekanan desain (psi)

R = jari-jari tangki (in)

C = faktor korosi

E = efisiensi sambungan

S = tegangan maksimum yang diijinkan

Digunakan jenis pengelasan double welded butt joint dari tabel 13.2 :

$$E = 0,8$$

$$C = 0,125$$

Bahan konstruksi adalah carbon steel, SA-212, grade A

Dari tabel 13.1 Brownell&Young diperoleh : $S = 16250 \text{ psi}$



$$P_{\text{hidro}} = \frac{\rho \times H_{\text{liq}}}{144} = \frac{57,44 \times 2,5}{144} = 0,997 \text{ psi}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{hidrostatik}} = 0,997 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,05 \times P_{\text{op}} \\ = 1,05 \times 0,997 = 1,047 \text{ psi}$$

$$t_s = \frac{1,047 \times 13,189}{16250 \times 0,8 - 0,6 \times 1,047} + 0,125 = 0,135 \text{ in}$$

$$\text{jadi tebal tangki } t_s = 0,135 \text{ in} = \frac{3}{16} \text{ in (Brownell \& Young tabel 5.8 hlm. 93)}$$

$$OD = 30 + 2 \left(\frac{3}{16} \right) = 30,375 \text{ in}$$

$$ID = 30 - 2 \left(\frac{3}{16} \right) = 29,625 \text{ in}$$

C. Menentukan Tebal Tutup Atas dan Tutup Bawah

Digunakan tutup atas dish head dan alas datar.

mencari tebal tutup atas:

$$t_{\text{head}} = \frac{0,885 \cdot P \cdot rc}{f \cdot E - 0,1 P} + C$$

$$t_{\text{head}} = \frac{0,885 \times 1,047 \times 29,625}{(16250 \times 0,8) - (0,1 \times 1,047)} + 0,125 = 0,146 \text{ in}$$

jadi digunakan standart tebal $\frac{3}{16}$ in.

mencari tinggi dished head

$$rc = \text{radius crown} = ID = 30 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young tabel 5.6 p 88, tinggi flange (sf) :

$$sf = 1,5 - 2 \text{ in untuk tebal head } \frac{3}{16} \text{ in, diambil } sf = 2 \text{ in}$$

$$icr = 1 \frac{7}{8}$$

$$a = \frac{1}{2} ID = 30/2 = 15 \text{ in}$$

$$AB = \frac{1}{2} ID - icr = 15 - 1 \frac{7}{8} = 13,125 \text{ in}$$

$$BC = rc - icr = 30 - 1 \frac{7}{8} \text{ in} = 28,125 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = \sqrt{28,125^2 - 13,125^2} = 24,87 \text{ in}$$

$$b = rc - \sqrt{BC^2 - AB^2} = 30 - 24,87 = 5,13 \text{ in}$$

$$OA = t + b + s_f = 0,146 + 5,13 + 2 = 7,276 \text{ in}$$

Tinggi total tangki = $30 + 7,276 = 37,276$ in

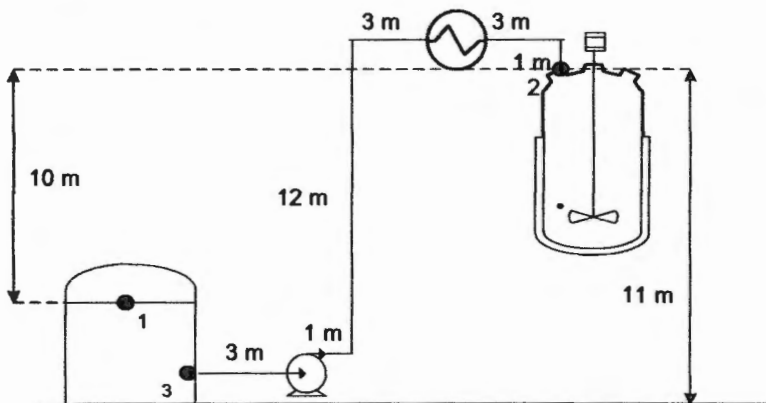
Karena tangki mempunyai volume yang kecil, maka bagian bawah datar (menempel lantai), sehingga tebal tutup bawah langsung diambil $\frac{3}{16}$ in. (Brownell&Young tabel 5.8 hlm. 93).

Spesifikasi Alat

Kapasitas	: 17,054 ft ³
Bentuk	: Tangki silinder dengan tutup atas dished head dan tutup bawah datar
Diameter	: 2,5 ft
Tinggi tangki	: 2,5 ft
Tebal tangki	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal tutup atas	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal tutup bawah	: $\frac{3}{16}$ in
Macam las	: Double welded butt joint
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-212 grade A
Jumlah	: 2 buah

2. POMPA (L-232)

Fungsi : untuk mentransportasikan fluida dari tangki penampung ke heater





ρ minyak biji kapok = 0,92 kg/l = 57,436 lb/ft³ (Bailey, vol 2)

μ minyak biji kapok = 11,338 Cp = 0,0076 lb/ft.s (ullmans, vol 3)

komponen	Massa (kg)	Massa (lb)	Densitas (lb/ft ³)	Volume (ft ³)	μ (cp)	μ (lb/ft.s)
Minyak	13792,4	30406,6	57,436	529,4	11,338	0,0076
Air	75,7669	167,035	60,245	2,77	0,2165	0,0002
Total	13868,2	30573,7	117,68	532,18		

$$\rho_{campuran} = \frac{\text{massa campuran}}{\text{volume campuran}} = \frac{30573,65}{532,18} = 57,45 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \mu_{campuran} &= \frac{\mu_1 m_1 + \mu_2 m_2}{m_1 + m_2} \\ &= \frac{(11,338 \times 30406,6) + (0,2165 \times 167,035)}{30406,6 + 167,035} = 11,3388 \text{ Cp} \end{aligned}$$

Massa minyak yang ditransportasikan ke heater

= 13868,2 kg/hari

= 30573,65 lb

Volume campuran minyak :

$$V = m/\rho = \frac{30573,65}{57,45} = 532,18 \text{ ft}^3$$

Waktu 15 menit = 900 s

Rate volumetrik pompa : $Q = v/t = 532,18 \text{ ft}^3 / (900 \times 24)$

$$= 0,024638 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$= 1,478268 \text{ ft}^3/\text{mnt}$$

$$= 11,05892 \text{ gal/menit}$$

- Diasumsikan aliran fluida adalah laminar

Untuk menghitung diameter pipa optimal menggunakan persamaan :

$$ID_{opt} = 3 \times Q_f^{0.36} \times \mu^{0.18}$$

Dimana : ID_{opt} = Diameter pipa dalam, inc

Q_f = rate volumetrik, ft³/s

μ = viskositas larutan, cp

Dari persamaan diatas diperoleh IDopt

$$= 3 \times 0,0246^{0,36} \times 11,3388^{0,18} = 1,2237 \text{ inc}$$

Ditetapkan memakai pipa berdiameter 1¼ inch sch 80
(Geankoplis, appendix A-5)

$$\text{ID pipa} = 1,278 \text{ in} = 0,1065 \text{ ft} = 0,03246 \text{ m}$$

$$A \text{ pipa} = \frac{1}{4} \pi \text{ID}^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,1065^2 = 0,00891 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan linier : } v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0246}{0,00891} = 2,7609 \text{ ft/s}$$

$$\text{Nre} = \frac{\rho \times D \times v}{\mu} = \frac{57,45 \times 0,03246 \times 2,7609}{0,00762} = 675,669$$

Karena Nre > 2100, maka alirannya turbulen sehingga asumsi ID benar, dipilih pipa commercial steel.

Perhitungan Jumlah Energi yang Hilang

Menghitung total frictional losses (ΣF), yang meliputi :

1. Sudden contraction

$$K_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right)$$

Karena $A_2 \ll A_1$ sehingga A_2/A_1 dianggap 0, dimana $a = 1$ untuk aliran laminar sehingga :

$$K_c = 0,55 \times (1 - 0) = 0,55$$

α aliran laminar = 0,5

$$h_c = K_c \cdot \frac{V^2}{2 \times \alpha \times g} = 0,55 \times \frac{(2,7609)^2}{2 \times 0,5 \times 32,174} = 0,13 \text{ ft.lbf/lbm}$$

2. Friksi pada Pipa Lurus

Panjang pipa dari :

- Tangki Penampung ke pompa = 3 m = 9,8424 ft
- Pompa ke Elbow I = 1 m = 3,2808 ft
- Elbow I ke Elbow II = 12 m = 39,3696 ft

- Elbow II ke Heater = 3 m = 9,8424 ft
- Heater ke Elbow II = 3 m = 9,8424 ft
- Elbow III ke Reaktor Netralisasi = 1 m = 3,2808 ft

Panjang Pipa Lurus

$$(\Delta L) = (9,8424 + 3,2808 + 39,3696 + 9,8424 + 9,8424 + 3,2808) \text{ ft}$$

$$= 75,4584 \text{ ft.}$$

untuk NRe dengan aliran laminar didapat $f = \frac{16}{NRe}$

maka didapatkan $f = 0,0236$

Friction loss :

$$F_f = 4f \cdot \frac{\Delta L \times v^2}{2 \times D \times gc}$$

$$= 4(0,0236) \frac{75,4584 \times (2,7609)^2}{2 \times 0,03246 \times 32,174} = 25,995 \text{ lbf/lbm}$$

3. Friksi pada elbow dan valves

Menggunakan 3 buah elbow 90° dan 1 buah globe valve.

Harga Kf diambil dari tabel 2.10-2 Geankoplis, 3rd edition, hal 94, diperoleh :

- 1 buah globe valve, $K_f = 12,16$

$$h_f = K_f \cdot \frac{V^2}{2 \times gc} = 12,16 \times \frac{(2,7609)^2}{2 \times 32,174} = 1,44 \text{ ft.lbf/lbm}$$

- 3 buah elbow standard 90°, $K_f = 1,039$

$$h_f = 3K_f \cdot \frac{V^2}{2 \times gc}$$

$$= 3(1,039) \times \frac{(2,7609)^2}{2 \times 32,174} = 0,369 \text{ ft.lbf/lbm}$$

4. Sudden ekspansion

$K_{ek} = (1 - A_2/A_3^2)$ karena $A_3 > A_2$ maka $A_2/A_3 = 0$

$$h_{ex} = K_{ex} \times V^2 / 2\alpha g_c = \frac{1 \times 2,7609^2}{2 \times 0,5 \times 32,174} = 0,2369 \text{ ft.lbf/lbm}$$

5. Friksi pada Heater

ΔP pada heater = 1,23 psi ;

$$\text{sehingga } h_b = \frac{\Delta P}{144} = \frac{1,23}{144} = 0,0085 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Total Friksi

$$\begin{aligned} (\Sigma F) &= h_c + F_f + (h_f \text{ globe valve} + h_f \text{ elbow}) + h_b \\ &= 0,13 + 25,995 + 1,44 + 0,369 + 0,2369 + 0,0085 \\ &= 28,179 \text{ ft.lbf / lbm.} \end{aligned}$$

Hukum Bernoulli :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_2^2 - v_1^2) + g(Z_2 - Z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0$$

Dimana : $P_1 = 1 \text{ atm}$ (Tekanan pada titik 1)

$P_2 = 1 \text{ atm}$ (Tekanan pada titik 2)

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 1 - 1 = 0 \text{ atm sehingga } \frac{\Delta P}{\rho} = 0$$

$$\Delta Z = 10 \text{ m} = 32,8083 \text{ ft}$$

$$g_c = 32,174 \text{ ft/s}^2$$

$$\Delta V^2 = V_2^2 - V_1^2 = (2,7609)^2 - 0 = 7,6 \text{ ft/s}$$

$$\alpha = 0,5 \text{ untuk aliran laminar}$$

$$\Sigma F = 28,179 \text{ ft.lbm/lbf}$$

$$-W_s = \frac{1}{2 \times 0,5} (7,6) + 32,174 (32,8083) + 0 + 28,179$$

- $W_s = 1091,35 \text{ ft.lbf/lbm}$ (Dari peter&timmerhause fig. 13.37 diperoleh η pompa = 10 %)

Maka : $W_s = -\eta \times W_p$

$$- 1091,35 = - 0,10 \times W_p$$

$$W_p = 10913,5 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\begin{aligned}\text{Aliran massa (m)} &= Q \times \rho \\ &= 0,0246 \times 57,45 \\ &= 1,4157 \text{ lb/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Brake hp} &= \frac{m \times W_p}{550} \quad (\text{Pers. 3.3-2 Geankoplis, ed-3, hal.: 134}) \\ &= \frac{1,4157 \times 10913,5}{550} \\ &= 28,09 \quad (\text{Dari peter\&timmerhause fig. 13.38 diperoleh} \\ &\quad \eta \text{ motor} = 89\%) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi power actual} &= \text{BHP} / \eta \text{ motor} \\ &= 28,09 / 0,89 \\ &= 31,56 \text{ hp}\end{aligned}$$

Dipakai power pompa sebesar = 32 hp

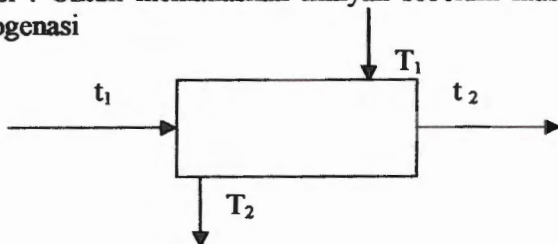
SPESIFIKASI :

Nama alat : : Pompa centrifugal
Fungsi : Untuk mengalirkan minyak dari tangki penampung (F-231) ke Heater (E-233).

Bahan : Conventional
Kapasitas : 11,059 gpm
Power motor : 32 hp
Perpipaan : inlet = outlet dengan nominal size 1¹/₄ inch ID sch 80
Jumlah : 1 buah
Bahan Konstruksi : Commercial Steel

3. HEATER (E-233)

Fungsi : Untuk memanaskan minyak sebelum masuk ke tangki Hidrogenasi



Kapok seed oil, $t_1 = 110\text{ }^{\circ}\text{C} = 230\text{ }^{\circ}\text{F}$

$t_2 = 190\text{ }^{\circ}\text{C} = 374\text{ }^{\circ}\text{F}$

Steam, $T_1 = 250\text{ }^{\circ}\text{C} = 482\text{ }^{\circ}\text{F}$

$T_2 = 250\text{ }^{\circ}\text{C} = 482\text{ }^{\circ}\text{F}$

Untuk HE dipilih :

- Shell side, ID : 12 in
- Baffle space : half circles
- Passes : 1
- Tube side, number and length : 76, 16' 10"
- OD, BWG, Pitch : $\frac{3}{4}$ in, 16 BWG, 1 in square
- Passes : 2
- Densitas campuran :

$$\rho = \frac{\text{massacampuran}}{\text{volumecampuran}} = \frac{30573,65}{532,18} = 57,45 \text{ lb/ft}^3$$

- Viskositas campuran :

$$\mu = \frac{\mu_1.m_1 + \mu_2.m_2}{m_1 + m_2}$$

$$= 11,3388 \text{ cp}$$

$$= 0,007619 \text{ lb/ft.s}$$

1. Heat Balance :

Minyak, $W_s = 13868.21 \text{ kg} = 30573.65 \text{ lb.}$

Steam, $W_t = 669.575 \text{ kg} = 1476.145 \text{ lb.}$

$$Q \text{ yang disuplay steam} = H \text{ steam} - H \text{ kondensat}$$

$$= 944644.9 - 365974.7$$

$$= 578670.2 \text{ kcal}$$

2. ΔT

	Hot fluid	Cold fluid	differences
Higher temp.	482	374	108
Lower temp.	482	230	252
Differences	0	144	144

$$R = 0$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2,3 \log \Delta t_2 / \Delta t_1}$$

$$= \frac{203}{2,3 \log \frac{252}{203}} = 939,9^{\circ}\text{F}$$

$$t_{av} = \frac{374 + 230}{2} = 302^{\circ}\text{F}$$

$$T_{av} = \frac{482 + 482}{2} = 482^{\circ}\text{F}$$

Hot fluid : tube side, steam

1. Luas Aliran (a_t) :

$$a_t' = 0,302 \text{ in}^2 \text{ (Kern, tabel 10)}$$

$$a_t = \frac{N_t \times a_t'}{144 \times 2} = \frac{76 \times 0,302}{144 \times 2} = 0,0797 \text{ ft}^2$$

Dimana : N_t = Banyak tube

n = Banyak tube passes

a_t' = Luas aliran per tube, In^2

2. Massa Velocity

$$G_t = \frac{W_t}{a_t} = \frac{1476,145}{0,0797} = 18522,559 \text{ lb/ft}^2$$

3. Bilangan Reynold

Pada $T_{av} = 482^{\circ}\text{F}$, μ steam = 0,018 cp (Kern, Fig. 15)

$$\mu = 0,018 \times 2,42 = 0,0436 \text{ lb/ft.hari}$$

$$ID = 0,62/12 = 0,0517 \text{ ft} \quad (\text{Kern, tabel. 10})$$

$$\begin{aligned} Re_t &= \frac{ID \times G_t}{\mu} \\ &= \frac{0,0517 \times 18522,559}{0,0436} = 23262,005 \end{aligned}$$

4. Koefisien perpindahan panas

$$J_H = 180 \text{ (Kern, fig. 24)}$$

Pada $T_{av} = 482^{\circ}\text{F}$

$$cp = 0,2 \text{ Btu/lb. }^{\circ}\text{F} \text{ (Kern, fig. 2)}$$

$$k = 0,398 \text{ Btu/(hr)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F/ft)} \text{ (Kern, tabel. 4)}$$

$$\left(\frac{cp \times \mu}{k} \right)^{1/3} = \left(\frac{0,2 \times 0,0436}{0,398} \right)^{1/3} = 0,2834$$

$$\begin{aligned} \frac{ho}{\theta t} &= JH \cdot \frac{k}{ID} \cdot \left(\frac{cp \times \mu}{k} \right)^{1/3} \\ &= 180 \times \frac{0,398}{0,0517} \times 0,2834 = 392,7036 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{hr.}^\circ\text{F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{hio}{\theta t} &= \frac{ho}{\theta t} \times \frac{ID}{OD} \\ &= 392,7036 \times \frac{0,0517}{0,0625} = 324,8444 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{hr.}^\circ\text{F} \end{aligned}$$

5. Temperatur dinding tube

$$\begin{aligned} t_w &= t_{av} + \frac{\frac{ho}{\theta t}}{\frac{hio}{\theta t} + \frac{ho}{\theta t}} \times (T_{av} - t_{av}) \\ &= 302 + \frac{392,7036}{324,8444 + 392,7036} \times (482 - 302) \\ &= 400,5114^\circ\text{F} \end{aligned}$$

Cold fluid : Shell side, Minyak biji kapok

$$\begin{aligned} 1. a_s &= (\text{area shell}) - (\text{area tubes}) \\ &= 144 (\pi ID^2/4) - 76 (\pi OD^2/4) \\ &= 0,0687 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

2. Massa Velocity

$$G_s = \frac{W_s}{a_s} = \frac{30573,63}{0,0687} = 443096.444 \text{ lb/ft}^2$$

3. Bilangan Reynold

$$\text{Pada } t_{av} = 302^\circ\text{F}, \mu = 0,014 \text{ cp (Kern, Fig.15)}$$

$$\mu = 0,014 \times 2,42 = 0,0339 \text{ lb/ft.hari}$$

$$ID = 1/12 = 0,0833 \text{ ft}$$

$$Re_s = \frac{ID \times G_s}{\mu}$$

$$= \frac{0,0833 \times 443096,444}{0,0339} = 1115006,741$$

5. Koefisien perpindahan panas

$$J_H = 1000 \text{ (Kern, fig. 24)}$$

$$\text{Pada } t_{av} = 302^\circ\text{F}$$

$$c = 1,1 \text{ Btu/lb. }^\circ\text{F (Kern, fig. 1)}$$

$$k = 0,033 \text{ Btu/(hr)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F/ft) (Kern, tabel. 4)}$$

$$\left(\frac{cp \times \mu}{k} \right)^{1/3} = \left(\frac{1,1 \times 0,0339}{0,033} \right)^{1/3} = 1,0412$$

$$\frac{ho}{\theta s} = J_H \cdot \frac{k}{ID} \cdot \left(\frac{cp \times \mu}{k} \right)^{1/3}$$

$$= 1000 \times \frac{0,033}{0,0833} \times 1,0412 = 412,4802 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{hr. }^\circ\text{F}$$

6. Koefisien perpindahan panas terkoreksi

$$\text{Pada } t_w = 302^\circ\text{F, } \mu_w = 0,1 \text{ cp}$$

$$= 0,1 \times 2,42 = 0,242 \text{ lb/ft.hr}$$

$$\Phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} = \left(\frac{0,0339}{0,242} \right)^{0,14} = 0,7594$$

$$\frac{ho}{\theta s} = 412,4802 \text{ maka } ho = \Phi_s \times 412,4802$$

$$= 0,7594 \times 412,4802$$

$$= 313,2375 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{hr. }^\circ\text{F}$$

7. Koefisien clean overall

$$U_c = \frac{ho \times hio}{ho + hio}$$

$$= \frac{313,2375 \times 324,8444}{313,2375 + 324,8444} = 159,4677 \text{ Btu/hr.ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

8. Koefisien design overall

$$OD = \frac{3}{4} \text{ didapatkan } a'' = 0,1963 \text{ ft}^2 \text{ lin ft}$$

$$A = a'' \times Nt \times L = 0,1963 \times 76 \times 10 = 149,1880 \text{ ft}^2$$

$$U_d = \frac{Q}{A \times LMTD}$$

$$= \frac{95618,888}{149,1880 \times 170,143} = 3.767 \text{ Btu/hr.ft}^2\text{F}$$

9. Dirt factor

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d}$$

$$= \frac{5,151 - 3,767}{5,151 \times 3,767} = 0.071 \text{ ft}^2 \cdot \text{hr.}^\circ\text{F/Btu}$$

PRESSURE DROP

Hot Fluid : Tube side, steam

1. Spesific Volume of steam

$$T_{Av} = 482^\circ\text{F}$$

$$V = 0,8028 \text{ ft}^3/\text{lb} \text{ (Kern. tabel 7)}$$

$$S = \frac{1 / 0,8028}{6,25} = 0,1993$$

$$Re_t = 23262.005 \quad f = 0,0002 \text{ (Kern Fig. 26)}$$

$$2. \Delta P_t = \frac{f \cdot G^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \times 10^{10} D \cdot S \cdot \Phi_t}$$

$$= \frac{0,0002 \times 18522,559^2 \times 16 \times 2}{5,22 \times 10^{10} \times 0,0517 \times 0,1993 \times 1}$$

$$= 0.0026 \text{ psi}$$

Cold Fluid : Shell Side, Minyak biji kapok

1. $t_{Av} = 302^\circ\text{F}$

$$V = 1,7470 \text{ ft}^3/\text{lb} \text{ (Kern. tabel 7)}$$

$$S = \frac{1 / 1,7470}{6,25} = 0,0916$$

$$Re_s = 1115006,74 \quad f = 0,01 \text{ (Kern Fig. 26)}$$

$$\begin{aligned} 2. \Delta P_s &= \frac{f \cdot G^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5,22 \times 10^{10} \cdot De \cdot S \cdot \Phi_s} \\ &= \frac{0,01 \times 443096,444^2 \times 0,0833 \times (4+1)}{5,22 \times 10^{10} \times 0,0833 \times 0,0916 \times 0,7594} \\ &= 3,3175 \text{ psi} \end{aligned}$$

Karena ΔP steam tidak lebih dari 2 psi dan ΔP Minyak biji kapok tidak lebih besar dari 10 psi dan R_d hitung = R_d ketentuan maka HE ini baik untuk digunakan.

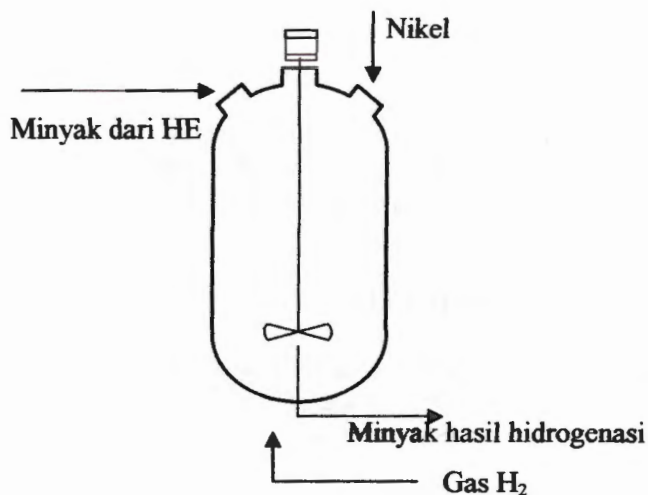
SPESIFIKASI HEATER (E-233):

- Nama Alat : Heater
- Fungsi : Untuk menaikkan suhu liquid sebelum masuk ke dalam tangki hidrogenator.
- Type : Shell and Tube Heat Exchanger
- Ukuran :
- Shell side , ID = 12 in
 - Baffle space = half circle
 - Passes = 1
 - Tube side, number and length = 76,16'10"
 - OD , BWG, Pitch = 3/4 in, 16 BWG, 1in square
 - Passes = 2

4. TANGKI HIDROGENASI

Fungsi : Untuk menjenuhkan ikatan tak jenuh dari asam lemak

Tipe : Tangki silinder tegak dengan tutup atas dished head dan tutup bawah dished dilengkapi pengaduk dan jacket.



Komposisi	Massa (kg)	Massa (lb)	Densitas (lb/ft ³)	Volume (ft ³)
Kapokseed Oil	13748,917	30310,663	57,436	527,733
H ₂ O	75,767	167,035	60,245	2,773
H ₂	115,760	255,203	0,972	262,555
Nikel	2,774	6,115	556,181	0,011
Total	13943,218	30739,016		793,071

$$S = \frac{1 / 1,7470}{6,25} = 0,0916$$

$$Re_s = 1115006,74 \quad f = 0,01 \text{ (Kern Fig. 26)}$$

$$\begin{aligned} 2. \Delta P_s &= \frac{f \cdot G^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5,22 \times 10^{10} \cdot De \cdot S \cdot \Phi_s} \\ &= \frac{0,01 \times 443096,444^2 \times 0,0833 \times (4+1)}{5,22 \times 10^{10} \times 0,0833 \times 0,0916 \times 0,7594} \\ &= 3,3175 \text{ psi} \end{aligned}$$

Karena ΔP steam tidak lebih dari 2 psi dan ΔP Minyak biji kapok tidak lebih besar dari 10 psi dan R_d hitung = R_d ketentuan maka HE ini baik untuk digunakan.

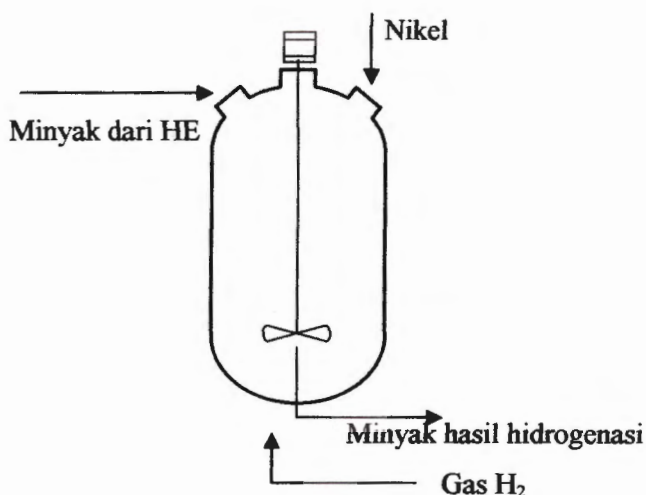
SPESIFIKASI HEATER (E-233):

Nama Alat	: Heater
Fungsi	: Untuk menaikkan suhu liquid sebelum masuk ke dalam tangki hidrogenator.
Type	: Shell and Tube Heat Exchanger
Ukuran	:
- Shell side , ID	= 12 in
- Baffle space	= half circle
- Passes	= 1
- Tube side, number and length	= 76,16'10"
- OD , BWG, Pitch	= 3/4 in, 16 BWG, 1 in square
- Passes	= 2

4. TANGKI HIDROGENASI

Fungsi : Untuk menjenuhkan ikatan tak jenuh dari asam lemak

Tipe : Tangki silinder tegak dengan tutup atas dished head dan tutup bawah dished dilengkapi pengaduk dan jacket.



Komposisi	Massa (kg)	Massa (lb)	Densitas (lb/ft ³)	Volume (ft ³)
Kapokseed Oil	13748,917	30310,663	57,436	527,733
H ₂ O	75,767	167,035	60,245	2,773
H ₂	115,760	255,203	0,972	262,555
Nikel	2,774	6,115	556,181	0,011
Total	13943,218	30739,016		793,071

Proses : batch
Waktu : 4 jam
T operasi : $190^{\circ}\text{C} = 374^{\circ}\text{F}$
P operasi : 1 atm = 14,696 psia



- Densitas campuran :

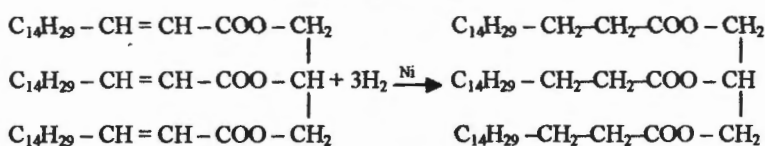
$$\rho = \frac{\text{massa campuran}}{\text{volume campuran}} = \frac{30477,698}{530,506} = 57,450 \text{ lb/ft}^3$$

- Massa liquid = 13824,684 kg/hari = 30477,698 lb/hari
- Rate volumetrik =

$$Q = \frac{\text{massa liquid}}{\text{densitas campuran}} \\ = \frac{30477,698 \text{ lb/hari}}{57,450 \text{ lb/ft}^3} \times \frac{1}{24} \times 4 \text{ jam} = 88,418 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

- Reaksi yang terjadi pada reaktor :

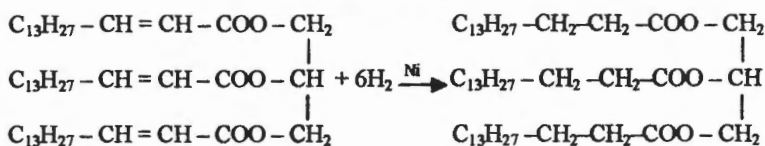
1. Reaksi trigleserida sebagai asam oleat



Trigliserida tak jenuh

Trigliserida Jenuh

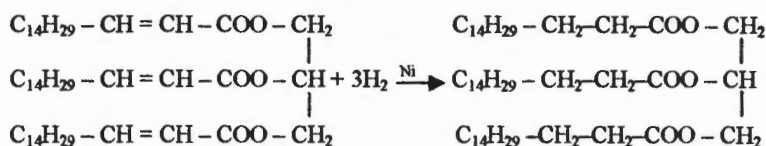
2. Reaksi trigliserida sebagai asam linoleat



Triglicerida tak jenuh

Triglicerida Jenuh

- Menghitung kecepatan reaksi :



Triglicerida tak jenuh

Triglicerida Jenuh

Triglicerida + hidrogen $\rightarrow$ Triglicerida jenuh

A

B

C

Persamaan kecepatan reaksi : $-r_A = k \cdot C_A^\alpha \cdot C_B^\beta$

$-r_A = k \cdot C_A^\alpha$ dengan notasi α menyatakan orde reaksi (n)

$$\frac{\Delta C_A}{\Delta T} = k x C_A^\alpha \rightarrow \ln \frac{\Delta C_A}{\Delta T} = \ln k + n \ln C_A \Leftrightarrow y = b + ax$$

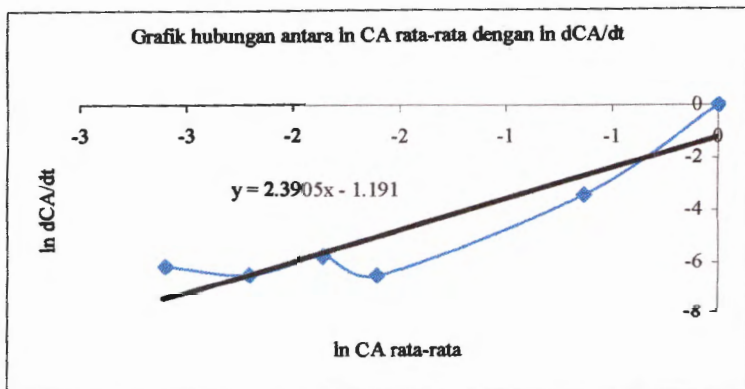
$$y = \ln \frac{\Delta C_A}{\Delta T}; b = \ln k; a = n; x = \ln C_A \quad \Delta C_A$$

Data kinetika reaksi hidrogenasi untuk kapokseed oil :

t (menit)	C_A	Δt	C_A Rata- rata	ΔC_A	$\Delta C_A / \Delta t$	$\ln -\Delta C_A / \Delta t$	$\ln C_A$ rata- rata
0	0,845	0	0	0	0	0	0
20	0,215	20	0,530	-0,630	-0,032	-3,458	-0,635
40	0,186	20	0,201	-0,029	-0,001	-6,536	-1,607
60	0,125	20	0,156	-0,061	-0,003	-5,793	-1,861
80	0,095	20	0,110	-0,030	-0,002	-6,502	-2,207
100	0,053	20	0,074	-0,042	-0,002	-6,166	-2,604



Dari data diatas diperoleh grafik seperti dibawah ini :



Dari grafik diatas diperoleh persamaan linier :

$$y = 2,3905x - 1,191$$

sehingga $\ln k = -1,191$; $k = 0,304$ dan $n = 2,391$

Jadi persamaan laju reaksinya $= r_A = 0,304 \times C_A^{2,391}$

- Menghitung Volume reaktor :

Reaktor yang digunakan adalah reaktor batch dengan volume tetap.

$$t = N_{Ao} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(-r_A) x V} \rightarrow t = \frac{N_{Ao}}{V} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{k x C_A^n} \rightarrow t = \frac{N_{Ao}}{k x V} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{[C_{Ao}^n x (1-X_A)^n]}$$

$$t = \frac{N_{Ao}}{k x V x C_{Ao}^n} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)^n} \rightarrow V = \frac{N_{Ao}}{k x t x C_{Ao}^n} \left[\frac{1}{(n-1)(1-X_A)^{(n-1)}} \right]_0^{X_A}$$

$$N_{Ao} = \text{mol Triglicerida} = 13,474 \text{ kmol}$$

$$t = 90 \text{ menit}$$

$$\frac{100-90}{100-80} = \frac{0,053 - C_A}{0,053 - 0,095} \rightarrow C_{A(t=90 \text{ menit})} = 0,074$$

$$\begin{aligned} X_{A(t=90 \text{ menit})} &= 1 - \frac{C_A}{C_{A0}} \\ &= 1 - \frac{0,074}{0,845} = 0,912 = 91,2\% \end{aligned}$$

Integral diselesaikan dengan metode simpson :

$$\int_0^{0,912} \frac{dX_A}{(1-X_A)^n} \rightarrow \int_b^a y dx = \frac{h}{3} (Y_0 + 4Y_1 + 2Y_2 + 4Y_3 + Y_4)$$

$$h = \frac{0,912}{4} = 0,228$$

$$X_0 = 0 \quad Y_0 = 1/(1-X_A) = 1/(1-0)^{2,391} = 1$$

$$X_1 = 0,228 \quad Y_1 = 1,857$$

$$X_2 = 0,457 \quad Y_2 = 4,306$$

$$X_3 = 0,685 \quad Y_3 = 15,832$$

$$X_4 = 0,913 \quad Y_4 = 343,249$$

$$\begin{aligned} \int_b^a y dx &= \frac{0,228}{3} (1 + (4 \times 1,857) + (2 \times 4,306) + (4 \times 15,832) + 343,249) \\ &= 32,20 \end{aligned}$$

$$N_{A0} = \text{mol TGS sebelum bereaksi} = 13,474 \text{ kmol}$$

$$V = \frac{N_{Ao}}{k \cdot t \cdot C_{Ao}^n} \left[\frac{1}{(n-1)(1-X_A)^{n-1}} \right]_0^{X_A}$$

$$= \frac{13,474}{0,304 \times 90 \times 0,845^{2,391}} \left[\frac{1}{(2,391-1)(1-0,912)^{2,391-1}} \right]_0^{0,912}$$

$$= 20,41$$

$$V = 20,41 \times 32,20 = 657.202 \text{ lt} = 0,657 \text{ m}^3 = 23,2 \text{ ft}^3$$

• Menentukan ketinggian Vessel

Direncanakan $H = 1,5 D_s$

Karena tangki bervolume kecil dimana $D \times H < 1720$

Volume flange dan Dished head = $0,000049 D_s^3$

$$\text{Volume Shell} = \frac{\pi D^2 H}{4}$$

$$\text{Volume Tangki} = V_{\text{shell}} + (V_{\text{flanged}} + V_{\text{dished head}})$$

$$V = \frac{\pi D^2 H}{4} + (2 \times 0,000049 D_s^3)$$

$$17,825 = \frac{3,14 \times 1,5 D_s^3}{4} + (0,000098 D_s^3)$$

$$23,2 = 1,178 D_s^3$$

$$D_s^3 = 15,131 \text{ ft}$$

$$D_s = 2,7 \text{ ft} = 32,4 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 1,5 \times (2,7) = 4,05 \text{ ft} = 48,6 \text{ in}$$

• Menentukan ketinggian Liquid

Volume Liquid menempati bejana = 80% dari Volume Tangki

$$V_{\text{liquid}} = \frac{80}{100} \times 23,2 = 18,56 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{liquid}} = V_{\text{shell}} + (V_{\text{flanged}} + V_{\text{dished head}})$$

$$18,56 = \frac{3,14 \times (2,7)^2 \times H}{4} + 2 \times 0,000049 \times (2,7)^3$$

$$H = 3,243 \text{ ft}$$

• Menentukan Tekanan (P) desain

$$P_{\text{operasi}} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

$$\rho_{\text{campuran}} = 57,450 \text{ lb/ft}^3$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho \times H_L}{144}$$

$$= \frac{57,450 \times 2,970}{144} = 1,185 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,05 \times (P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}})$$

$$= 1,05 \times (14,696 + 1,185)$$

$$= 16,675 \text{ psi} = 1,135 \text{ atm}$$

• Menentukan tebal Shell

Untuk menghitung tebal silinder dibutuhkan data-data sebagai berikut :

Bahan yang digunakan adalah Carbon Steel SA-212 Grade B dengan maximum allowable Stress (f) : 17500 Psi (*Brownel & young*)

Pengelasan = Double welded Butt Joint

Factor pengelasan (ε) = 0,85

Faktor korosi (C) = 0,125



T_s = tebal Shell (in)

r_i = Inside radius pada shell (in)

$$= ID / 2 = 2,7 / 2 = 1,35 \text{ ft} = 16,2 \text{ in}$$

$$t_s = \frac{P_D \times r_i}{fE - 0,6.P_D} + C$$

$$= \frac{16,675 \times 16,2}{(17500 \times 0,85) - (0,6 \times 16,675)} + 0,125$$

$$= 0,143 \text{ in} \approx 3/16$$

$$OD = ID + 2(t_s \text{ standart})$$

$$= 32,4 + 2(3/16)$$

$$= 32,78 \text{ in} \rightarrow \text{distandarisasi } 34 \text{ in}$$

Dari brownell & young "Proccess Equipment Design" Tab 5.7

Page 89 didapat :

$$\text{Outside diameter (ODstandart)} = 34 \text{ in}$$

$$\text{Inside Corner Radius (icr)} = 21/8 \text{ in}$$

$$\text{Tebal Shell (ts min)} = 3/16 \text{ in}$$

$$\text{Radius pada dish (r)} = 34 \text{ in}$$

$$\text{Straight Flanged (sf)} = 2$$

Jadi :

$$ID = OD - 2(t_s)$$

$$= 34 - 2(3/16)$$

$$= 33,625 \text{ in}$$

Menentukan Tebal "Flanged dan Dished head"

$$\text{Tebal head (th)} = \frac{P_D \times rc \times W}{2fE - 0,2.P_D} + C$$

$$\text{Radius crown (rc)} = \text{ID} = 33,625 \text{ in}$$

$$\text{Inside radius pada shell (ri)} = 6\% \times rc$$

$$= 0,06 \times 33,625 = 2,0175 \text{ in}$$

Stress intencification factor for torispherical dish head (W)

$$W = \frac{1}{4} (3 + (rc/ri)^{0,5})$$

$$= \frac{1}{4} (3 + (33,625/2,0175)^{0,5})$$

$$= 1,76 \text{ in}$$

$$th = \frac{P_D \times rc \times W}{2fE - 0,2 \times P_D} + C$$

$$= \frac{16,071 \times 33,625 \times 1,76}{(2 \times 17500 \times 0,85) - (0,2 \times 16,675)} + 0,125$$

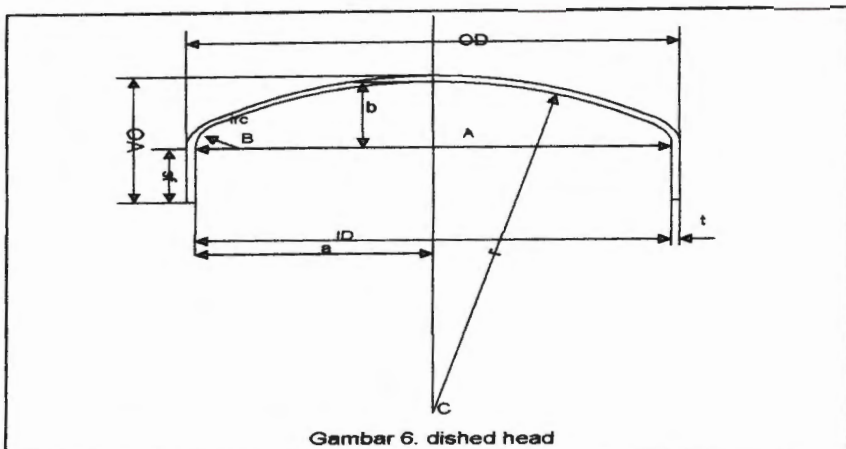
$$= 0,16 \text{ in}$$

$$\text{OD} = \text{ID} + 2th$$

$$= 33,625 + 2(0,133)$$

$$= 33,945 \text{ in}$$

Menentukan desain Tutup



Gambar 6. dished head

Dari brownell & Young hal 87 didapat :

$$a = ID / 2 = 33,625 / 2 = 16,81 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 34 - 2 \frac{1}{8} = 31,9 \text{ in}$$

$$AB = ID/2 - icr = 16,81 - 2 \frac{1}{8} = 14,685 \text{ in}$$

$$AC = [(BC)^2 - (AB)^2]^{0,5} = (31,9^2 - 14,685^2)^{0,5}$$

$$= 28,31 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 34 - 28,31 = 5,7 \text{ in}$$

$$OA = ts + b + sf = 3/16 + 5,7 + 2 = 7,9 \text{ in}$$

Menghitung Power pengaduk

Karena Viskositas larutan $\mu_{\text{larutan}} = 7,957 \text{ Cp} = 0,005 \text{ lb/ft.s}$

direncanakan menggunakan pengaduk jenis impeler karena range viskositasnya $< 3 \text{ Pa.s}$ (3000Cp)

Diperoleh data :

Digunakan impeler "Flat six Blade turbine"

$$Da = \frac{1}{3} Dt$$

$$\frac{J}{Dt} = \frac{1}{10}$$

$$\frac{C}{Dt} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$$

Dimana :

Da = Diameter pengaduk

Dt = Diameter tangki

C = jarak pengaduk ke dasar tangki

W = Lebar pengaduk

J = Lebar baffle

L = Panjang pengaduk

$$Da = \frac{1}{3} \times Dt = \frac{1}{3} \times 32,4 = 10,8 \text{ in} = 0,9 \text{ ft}$$

$$C = Da = 10,8 \text{ in} = 0,9 \text{ ft}$$

$$W = \frac{1}{5} \times Da = \frac{1}{5} \times 10,8 = 2,16 \text{ in} = 0,18 \text{ ft}$$

$$J = \frac{1}{10} \times Dt = \frac{1}{10} \times 32,4 = 3,24 \text{ in} = 0,27 \text{ ft}$$

$$L = \frac{1}{4} \times Da = \frac{1}{4} \times 10,8 = 2,7 \text{ in} = 0,225 \text{ ft}$$

Dimana jumlah putaran ditentukan = 300 rpm = 5 rps

Densitas Campuran = 57,450 lb/ft³

Viskositas = 0,005 lb/ft.s

$$N_{re} = \frac{\rho \times N \times Da}{\mu} = \frac{57,450 \times 5 \times 0,9}{0,005} = 51705$$

Diperoleh $N_p = 4$

$$\begin{aligned} P &= (N_p \cdot N^5 \cdot Da^3) \\ &= (4 \times 57,450 \times 5^5 \times 0,9^3) \\ &= 523513,125 \text{ ft.lbf/s} \\ &= 951,843 \text{ hp} \\ &= 709,8 \text{ Kw} \end{aligned}$$

$$\text{Losses} = 10\% \times P = 0,1 \times 951,843 = 95,18$$

$$\text{Power} = P + \text{Losses} = 951,843 + 95,18 = 1047 \text{ hp}$$

Menghitung Tebal jaket

Jarak shell dengan jaket ditentukan = 2 in

$$\begin{aligned} OD &= ID + (2 \cdot ts) + \text{jarak shell dengan jaket} \\ &= 33,625 + (2 \times 3/16) + 2 \\ &= 36 \text{ in} = 3 \text{ ft} \end{aligned}$$

Tebal Jaket :

$$\begin{aligned} T &= \frac{\rho \times D}{2 \times f \times E} + C \\ &= \frac{16,675 \times 32,4}{2 \times 17500 \times 0,85} + 0,125 \\ &= 0,143 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in} \end{aligned}$$

Jadi tebal jaket = 3/16 in

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
BHP	Brake Horse Power	hp
Cp	Kapasitas panas	J/g.°C
D	Diameter	m
H	Enthalpi	J/g
v	Kecepatan alir	m/s ²
L	Panjang pipa	ft
m	Massa	kg
M	Molaritas	mol
Mr	Massa relatif	Kg/kmol
P	Tekanan	atm
Q	Energi panas	J/s
Q	Rate Volumetrik	ft ³ /s
T	Temperatur	°C
t	Waktu	s
V	Volume	ft ³
Wp	Power Pompa	J/Kg
X	Moisture content	g air/g solid
ρ	Densitas	gr/cm ³
η	Efisiensi	%
λ	Panas latent	J/g
μ	Viskositas	Cp

DAFTAR PUSTAKA

1. Bailey's, Alton E., "Industrial Oil and Fat Product", 4th edition, Interscience Publisher, New York, 1951.
2. Brownell L. E and Young E.H., "Process Equipment Design", Wiley Eastern Limited.
3. F.G. Winarno, "Kimia Pangan dan Gizi", P.T Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991
4. Geankoplis, C.J., "Transport Processes and Unit Operation", 3th edition, Prentice Hall, India.
5. George T. Austin, "Shreve's Chemical Process Industries", 2nd edition, Allyn and Bacon Inc., 1983.
6. Himmelblau, D.M., "Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering", 5th edition, Prentice - Hall International Inc, New Jersey, 1962.
7. Hougen, O.A., "Chemical Process Principles", 2th edition, Part I, John Wiley and Son Inc, New York, 1954.
8. Kern, D.G., "Process Heat Transfer", International edition, Mc. Graw Hill International Book Company, New York, 1988.
9. Ketaren, S., "Minyak dan Lemak Pangan", International Student edition, McGraw Hill Kogakusha Ltd., Tokyo, 1950.
10. Kirk, R.E & Othmer D.P., "Encyclopedia of Chemical Technology", volume 9, Interscience Publisher, New York, 1971.
11. Ludwig. E. Ernest, "Design For Chemical and Petrochemical Plants", Gull Publishing Houston - Texas, 1947.
12. Maron, S.H., "Fundamental of Physical Chemistry", Macmillan Publishing Co. Inc, New York, 1974.
13. McCabe, W.L., "Unit Operations of Chemical Engineering", 4th edition, Mc.Graw - Hill Book Company, New York, 1986.

14. Perry, R.H. "Perry's Chemical Engineering Hand Book", 6th edition, McGraw – Hill International edition, New York, 1984.
15. Peters, M.S and Timmerhaus, K.D., "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 3th edition, McGraw – Hill Kogakusha Ltd, Tokyo, 1981.
16. Smith J.M. Van Ness H.C., "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic", 4th edition, McGraw Hill Book Company, Singapura, 1987.
17. Ulrich G.D., "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic", John Willey and Sons, Canada, 1984.
18. Woollen, Anthony, B.Sc., "Food Industries Manual", 20th edition, Chemical Publishing Co.Inc, New York, 1970.