

# **PRA RENCANA PABRIK**

**TMP ESTER ( Base Oil )DARI MINYAK BIJI JARAK  
DENGAN PROSES ESTERIFIKASI  
KAPASITAS PRODUKSI 40000TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
REAKTOR ESTERIFIKASI**

## **SKRIPSI**

Disusun oleh :

**ANIS BUDI SETYO**

**09. 14. 904**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2011**

8011

GENERAL INFORMATION CONCERNING THE  
NATIVE TERRITORY OF THE  
TERRITORY OF THE NORTH

THE END OF THE

88' 45' 00"

GENERAL MAP :

ORIGIN

NEWTON COLLEGE  
TERRITORY OF THE NORTH

GENERAL INFORMATION CONCERNING THE  
NATIVE TERRITORY OF THE  
TERRITORY OF THE NORTH

THE END OF THE

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PRA RENCANA PABRIK**

**TMP ESTER ( Base Oil )DARI MINYAK BIJI JARAK  
DENGAN PROSES ESTERIFIKASI  
KAPASITAS PRODUKSI 40000TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
REAKTOR ESTERIFIKASI**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Syarat Menempuh Wisuda  
Sarjana Pada Jenjang Strata Satu (S-1)  
Di Institut Teknologi Nasional Malang**

**Disusun oleh:**

**ANIS BUDI SETYO**

**09.14.904**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia**



**Ir. Muvassaroh.MT  
NIP. Y. 103.93700.306**

**Menyetujui,  
Dosen Pembimbing**



**Ir. Muvassaroh.MT  
NIP. Y. 103.93700.306**

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : ANIS BUDI SETYO  
NIM : 09.14.904  
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA / (S-1) TEKNIK KIMIA  
Judul Skripsi : PRA RENCANA PABRIK *TMP ESTER* ( Base Oil )  
DARI MINYAK BIJI JARAK DENGAN PROSES  
HIDROLISA ESTERIFIKASI

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S – 1) pada :

Hari : Selasa  
Tanggal : 23 Agustus 2011  
Nilai : B+


Panitia Ujian Skripsi

Ketua



Ir. Muyassaroh, MT.  
NIP. Y. 103.93700.306


Sekretaris



M. Istnaeny Hudha, ST. MT.  
NIP. P. 103. 0400. 400


Anggota Penguji

Penguji Pertama,



Ir. Harimbi Setyawati, MT  
NIP. 196303071992032002

Penguji Kedua,



Rini Kartika D., ST. MT.  
NIP.P.103.0100.370

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ANIS BUDI SETYO  
NIM : 09.14.904  
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

### **PRA-RENCANA PABRIK**

**TMP ESTER ( Base Oil )DARI MINYAK BIJI JARAK  
DENGAN PROSES ESTERIFIKASI  
KAPASITAS PRODUKSI 40000TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
REAKTOR ESTERIFIKASI**

Adalah Skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi orang lain serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, kecuali yang tidak disebutkan dari sumber aslinya

Malang, Februari 2012  
Yang membuat pernyataan

ANIS BUDI SETYO

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, maka penyusunan skripsi dengan judul **“Pra Rencana Pabrik *TMP ESTER ( Base Oil )* dari Minyak Biji Jark dengan Proses Esterifikasi**” dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai syarat guna menempuh ujian sarjana pada jenjang Strata I (S-1) dan diajukan guna memenuhi tugas akhir mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang, sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana (Strata-1) Teknik Kimia. Pada kesempatan ini kami tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada:

1. Bapak Ir. SoeparnoDjiwo, MT. selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Jimmy,ST. MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia
4. Bapak M. Istnaeny Hudha, ST. MT. selaku Sekretaris Tim Penguji dan Sekretaris Jurusan Teknik Kimia , Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Ibu Ir.Muyassaroh, MT. selaku Dosen Pembimbing.
6. Ibu Ir.Harimbi Setyawati,MT dan Ibu Rini Karti ST,MT. selaku Dosen Penguji .
7. Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan masukan kepada penyusun.
8. Teman-teman Alih Jenjang angkatan 2009 serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.

kami menyadari bahwa Laporan Skripsi ini masih jauh dari sempurna, karena itu kritik serta saran yang bersifat membangun tetap diharapkan untuk penyempurnaan Laporan Skripsi ini. Semoga Laporan Skripsi ini dapat berguna bagi semua pihak serta rekan-rekan mahasiswa khususnya Jurusan Teknik Kimia.

Malang, Februari 2012

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN ISI TUGAS AKHIR .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
ABSTRAKSI .....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	I - 1
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES.....	II - 1
BAB III NERACA MASSA .....	III - 1
BAB IV NERACA PANAS.....	IV - 1
BAB V SPESIFIKASI ALAT .....	V - 1
BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA.....	VI - 1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA .....	VII - 1
BAB VIII UTILITAS .....	VIII - 1
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	IX - 1
BAB X STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN .....	X - 1
BAB XI ANALISA EKONOMI.....	XI - 1
BAB XII KESIMPULAN.....	XII - 1
DAFTAR PUSTAKA .....	
APPENDIKS A.....	APP.A - 1
APPENDIKS B.....	APP.B - 1
APPENDIKS C.....	APP.C - 1
APPENDIKS D.....	APP.D - 1
APPENDIKS E.....	APP.E - 1

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Blok diagram proses pembuatan minyak pelumas.....	II - 1
Gambar 2.2. Blok diagram proses pembuatan minyak biji jarak.....	II - 2
Gambar 9.1. Peta Lokasi Pabrik <i>TMP ESTER</i> .....	IX - 7
Gambar 9.2. Tata Letak Bangunan Pabrik <i>TMP ESTER</i> .....	IX - 9
Gambar 9.3. Tata Letak Peralatan Proses Pabrik <i>TMP ESTER</i> .....	IX - 13
Gambar 10.1. Bagan Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik <i>TMP ESTER</i> .....	X - 13





## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Komposisi biji jarak.....	I – 5
Tabel 1.2. Komposisi asam lemak minyak biji jarak.....	I - 5
Tabel 1. 3. Data statistic pertumbuhan kosusmsi pelumas di Indonesia...	I - 9
Tabel 1.4. Data statistic pertumbuhan ekspor pelumas di Indonesi.....	I – 9
Tabel 1.5. Data statistic pertumbuhan impor pelumas di Indonesia.....	I – 9
Tabel 2.1. Perbandingan proses hidrolisa continos counter currency sistem dan twichel proses.....	II - 5
Tabel 7.1. Alat – alat keselamatan kerja di Pabrik TMP ESTER.....	VII - 5
Tabel 9.1. Pemilihan lokasi dengan nilai tertinggi.....	IX - 4
Tabel 9.2. Pembagian area perluasan pabrik.....	IX - 6
Tabel 10.1. Daftar Karyawan perusahaan .....	X – 7

## ABSTRAKSI

TMP Ester adalah bahan dasar minyak pelumas yang terbentuk dari reaksi antara asam lemak dan senyawa alcohol ( Trimethylolpropane ). TMP Ester banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan minyak pelumas yang berjenis polyester. Pabrik TMP Ester dari Minyak Biji Jarak ini direncanakan akan didirikan di Kawasan industri PIER Pasuruan, Jawa Timur pada tahun 2013 dengan kapasitas 40000 ton/tahun dengan waktu operasi 330 hari/tahun, dengan kemurnian produk 92,27 %. Utilitas yang digunakan meliputi air, steam, listrik dan bahan bakar. Bentuk perusahaan adalah ini adalah perseroan terbatas ( PT ) dengan struktur organisasi garis dan staf. Dari perhitungan analisa ekonomi diperoleh TCI = Rp.109.738.387.876; ROI<sub>BT</sub> = 77,46% ;ROI<sub>AT</sub> 50,34% ;POT = 1,57 ≈ 2 Tahun; BEP = 43,88% dan IRR = 36,3%. Berdasarkan hasil analisa ekonomi di atas maka dapat disimpulkan bahwa parik TMP ESTER dari minyak jarak layak untuk didirikan.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Teknologi di dunia semakin berkembang dengan pesat. Hal ini menyebabkan banyaknya industri-industri baru yang bermunculan. Di lain pihak, mesin-mesin dari industri tersebut membutuhkan perawatan agar dapat bertahan lama. Selain untuk mesin – mesin industri pelumas juga sangat diperlukan dalam industri otomotif. Industri otomotif terus berkembang, penjualan mobil di Indonesia diperkirakan melebihi 450.000 unit per tahun, sedangkan motor mencapai 5 juta unit. Hal ini membuka celah bisnis yang berhubungan dengan mesin – mesin industri dan otomotif. Salah satu diantaranya minyak pelumas.

Produsen selalu berupaya menggunakan teknologi terkini dalam proses pembuatan minyak pelumas agar didapatkan produk berkualitas. Pemakaian teknologi baru, masa pakai yang panjang dari minyak pelumas, bertambahnya efisiensi kerja mesin, mencapai efisiensi tertinggi badan pelumas dunia, sampai dengan ramah lingkungan menjadi propaganda para produsen. Sebanyak 650 juta liter pelumas pertahun diperlukan pasar. Beberapa tahun lalu pabrik mobil hanya merekomendasi penggunaan pelumas hingga 2.500 kilometer. Namun saat ini mobil - mobil generasi terbaru merekomendasi pemakaian pelumas hingga 15 ribu kilometer. Hal ini karena pelumas dibuat dari campuran base oil (bahan dasar pelumas) dan aditif.

Oleh karena itu, diperkirakan pertumbuhan permintaan minyak pelumas semakin besar sejalan dengan pertumbuhan industri. Selama ini bahan baku membuat minyak pelumas didominasi oleh minyak bumi yang merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Dalam beberapa tahun ke depan, minyak bumi akan tergantikan oleh sumber daya alam yang dapat diperbarui, misalnya lemak hewan dan minyak nabati. Base oil biasanya berasal dari minyak bumi (mineral oil), tapi ada juga yang berasal bukan dari minyak bumi. Pelumas

Berdasarkan bahan bakunya dibedakan atas dua macam, mineral dan sintesis. Pelumas mineral berbahan dasar minyak bumi. Setelah diolah, minyak bumi ditambah bahan- bahan aditif agar mutu pelumas lebih baik. Pada pelumas modern biasanya bahan aditifnya cukup lengkap, sehingga beberapa merek tidak menganjurkan penambahan aditif atau oil treatment. Sedangkan jenis sintesis adalah pelumas berbahan dasar campuran berbagai macam bahan kimia yang membuat di laborantorium. Umumnya, pelumas sintesis mempunyai tingkat mutu yang lebih tinggi daripada pelumas mineral, namun harganya lebih mahal

Minyak nabati menjadi alternatif karena sifatnya yang lebih mudah diuraikan oleh alam. Sifat lainnya adalah tidak beracun dan sumbernya yang melimpah karena dapat diperbaharui. Hal ini juga mendukung upaya pelestarian lingkungan, mendorong berkembangnya sektor pertanian, dan mengurangi kerusakan di bumi. Salah satu sumber minyak nabati yang dikembangkan sebagai bahan baku minyak pelumas berasal dari minyak jarak ( Base Oil TMP ester). Minyak jarak yang dihasilkan dari biji tanaman jarak pagar (*ricinus communist*) yang banyak tumbuh di daerah tropis dan subtropis. Tanaman jarak dapat tumbuh di berbagai tempat di Indonesia dengan hasil per hektarnya cukup memadai (1,4 ton/ha), dan kualitasnya dapat bersaing dengan tanaman sejenis yang tumbuh di negeri lain.

1. Kelebihan utama minyak jarak digunakan sebagai pelumas adalah kemampuannya yang bagus untuk melekat pada permukaan logam dalam lapisan film yang sangat tipis. Hal ini disebabkan karena aktivitas permukaan minyak cukup besar akibat adanya sejumlah kecil asam lemak bebas pada minyak-minyak tersebut. Asam lemak bebas bersifat polar secara alami dan cenderung teradsorpsi sebagai lapisan-lapisan berskala ukuran molekul pada perbatasan antara logam dan minyak. Terbentuknya lapisan ini secara efektif juga menghindari terjadinya kerusakan logam pada kondisi operasi bertekanan sangat tinggi pada gigi-gigi mesin. (Manurung, et.al). Karakteristik minyak jarak yang hampir sama dengan minyak pelumas komersial M-SAE 10, membuat minyak jarak lebih unggul sebagai bahan baku minyak pelumas. Kelebihan utama minyak

jarak digunakan sebagai pelumas adalah kemampuannya yang bagus untuk melekat pada permukaan logam dalam lapisan film yang sangat tipis.

Mengurangi gesekan

Dengan pengurangan gesekan, energi juga akan berkurang dan pemanasan secara lokal juga dapat dikurangi.

## 2. Menambah *wear*

Untuk menjaga peralatan agar awet, tetap bisa beroperasi untuk periode yang lama dan dapat bekerja secara efisien.

## 3. Sebagai pendingin

Di dalam mesin, pelumas juga berfungsi sebagai zat penukar panas akibat pembakaran dan sistem pelepas panas. Pada sistem yang lain, pelumas juga berfungsi sebagai pelepas panas dari hasil gesekan atau kerja mekanik lainnya.

## 4. Anti korosi

Dalam mesin, bisa terjadi uap air yang dapat menyebabkan korosi. Pelumas mempunyai fungsi untuk mencegah terjadinya korosi tersebut.

## 5. Sebagai pembersih

Dari hasil pembakaran atau proses mekanis lainnya, bisa menimbulkan serpihan – serpihan atau endapan, seperti karbon padat. Hal ini dapat menyebabkan piston tidak dapat bergerak, aliran minyak tersumbat, dan dapat mengganggu operasi alat. Pelumas dapat berfungsi untuk mencegah hal ini.

## 6. Sebagai *seal*

Minyak pelumas juga harus menjadi *seal* antara piston dengan silinder yang dapat mengurangi gesekan, mengurangi panas, dan membuat alat bekerja optimal. (Anton L. Wartawan, 1983)

### **I.2 Manfaat Didirikannya Pabrik Lube Base Oil dari Minyak Biji Jarak**

Manfaat didirikannya Pabrik Lube Base Oil dari Minyak Biji Jarak adalah untuk mengurangi nilai impor dan meningkatkan nilai ekspor di bidang minyak pelumas . Minyak pelumas ini juga sebagai pelumas nabati yang lebih ramah lingkungan dan menjadi sumber energi yang tergantikan. Minyak biji jarak juga

pelumas . Minyak pelumas ini juga sebagai pelumas nabati yang lebih ramah lingkungan dan menjadi sumber energi yang tergantikan. Minyak biji jarak juga bisa dijadikan sebagai bahan baku industri kosmetik, surfaktan dan pelumas sehingga sangat membantu dalam penyediaan bahan baku bagi industri – industri tersebut . Dengan demikian dengan adanya base oil dari biji jarak ini juga untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri – industri lain sehingga dapat menurunkan nilai import bahan baku minyak jarak. Dengan didirikannya pabrik ini juga diharapkan meningkatkan sektor – sektor ekonomi yang lain seperti pertanian , transportasi dan perindustrian. Untuk mendirikan suatu pabrik diperlukan suatu perkiraan kapasitas produksi agar produksi yang dihasilkan dapat sesuai dengan permintaan dan dapat memenuhi kebutuhan industri dalam negeri akan minyak biji jarak dan dapat meningkatkan devisa negara, maka harus ditentukan kapasitas produksi terhadap konsumsi setiap tahun dengan melihat perkembangan konsumsi pada jangka empat tahun mendatang .Juga untuk menyerap tenaga kerja setempat serta menggerakkan perekonomian lainnya yang terkait seperti : perdagangan sarana produksi , transportasi ,dan lain – lain.

### **I.3 Aspek Ekonomi**

Pada saat ini kebutuhan dunia akan minyak pelumas syntetis meningkat setiap tahunnya, minyak biji jarak banyak digunakan sebagai bahan baku industri kosmetik, makanan ,disinfektan,pelumas l . Untuk memenuhi kebutuhan akan minyak jarak di Indonesia dengan cara impor dari negara- negara penghasil . Sehingga dengan didirikannya pabrik ini, maka kebutuhan akan minyak jarak dan minyak pelumas di Indonesia dapat terpenuhi dan diharapkan bisa mengekspor ke negara – negara lain.

### **I.4 Sifat Fisik dan Kimia Bahan**

#### **1.4.1 Bahan Baku**

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan base oil minyak pelumas adalah minyak biji jarak. Biji jarak umumnya terdiri dari 75% buah dan 25% kulit. Dua pertiga dari berat buah tersebut mengandung minyak, karbohidrat, dan protein. (Kirk Othmern , 1964)

## 1. Biji Jarak

### a. Sifat Fisika

- Terdiri dari 75% dan 25 % daging
- Bentuk bulat dan berkulit

### b. Sifat Kimia

Terdiri dari :

- Air : 5,5 %
- Minyak : 48,6
- Protein : 17,9 %
- Karbohidrat : 13 %
- Serat : 12,5 %
- Abu : 2,5 %

(Kirk Othmer, 1964)

## 2. Minyak Biji Jarak

### a. Sifat Fisika

- Viskositas (*gardner-hold*), : 25°C u-v (6.3-8.8 st)
- Bobot Jenis 20/20o C : 0.957 – 0.963
- Bilangan Asam : 0.4 – 4.0
- Bilangan Penyabunan : 176 – 181
- Bilangan tak Tersabun : 0.7
- Bilangan Iod (*Wijs*) : 82-88
- Warna (*appearance*) : Bening
- Indeks Bias : 1,477 – 1,478
- Bilangan asetil : 145 – 154
- Titik Nyala (*cleveland open cup*) : 285°C
- Titik Api : 322°C
- Koefisien Muai per °C : 0,00066
- *Pour Point* : -33°C
- Tegangan Permukaan pada 20 °C: 39,9 dyne/cm
- Total Base Number, mg KOH/gr : 0,09
- Ash Content, % wt : 0,007

## b. Sifat kimia:

- Pada tekanan dan temperatur yang tinggi ,bila bereaksi dengan  $H_2O$  menghasikan asam lemak dan gliserol
- Jika minyak jarak ini dihidrogenasi secara keseluruhan, produk hasil hidrogenasinya memiliki titik leleh yang tinggi (86–88 °C).
- Nilai titer minyak jarak lebih rendah daripada minyak-minyak yang telah dikenal lainnya.
- Minyak jarak larut di dalam etil alkohol berkonsentrasi 95 % pada suhu 25 °C. Minyak jarak juga larut dalam pelarut organik polar dan kurang larut dalam senyawa hidrokarbon alipatik dan pelarut-pelarut non polar organik lainnya.

(Ketaren 1986)

Tabel 1.1. Komposisi Asam Lemak Minyak Biji Jarak

Asam Lemak	Rumus Kimia	% berat
Palmatic	$C_{16}H_{32}O_2$	0,8 – 1,0
Stearic	$C_{18}H_{36}O_2$	0,7 – 1,0
Eicosenoic	$C_{20}H_{40}O_2$	0,3 – 0,8
Oleic	$C_{18}H_{34}O_2$	2,0 – 3,3
Linoleic	$C_{18}H_{32}O_2$	4,1 – 4,7
Linolenic	$C_{18}H_{30}O_2$	0,5 – 0,7
Ricinoleic	$C_{18}H_{34}O_3$	87,7 – 90,4
Dihydroxy stearic	$C_{18}H_{36}O_4$	0,6 – 1,1

(*Engine Oil Effects on Vehicle Fuel Economy, 1981*).

## I.4.2 Bahan Penunjang

### 1. Asam Phosphat ( $H_3PO_4$ )

$H_3PO_4$  bertujuan untuk menggumpalkan dan mengendapkan zat-zat seperti protein, fosfatida, gum dan resin yang terdapat dalam minyak jarak



a. Sifat Fisika

- Rumus Molekul :  $H_3PO_4$
- Berat molekul : 98
- Bentuk : Cair
- Warna : Tidak berwarna
- Specific gravity : 1,834
- Titik didih, °C : 213

b. Sifat Kimia

- Korosif terhadap logam
- Larut dalam air dan alkohol

2. Zinc Chloride

a. Sifat Fisika

- |                           |                |
|---------------------------|----------------|
| ➤ Bentuk                  | Padat, serbuk  |
| ➤ Warna                   | Tidak berwarna |
| ➤ Berat molekul           | 136.29         |
| ➤ <i>specific gravity</i> | 2.91           |
| ➤ Titik didih, °C         | 732            |
| ➤ Titik leleh, °C         | 283            |

b. Sifat Kimia

- Larut dalam air
- Rumus Molekul ( $ZnCl_2$ )

( Perry, ed.7)

3. Trimethylolpropane (TMP)

a. Sifat Fisika

- |                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| ➤ Rumus Molekul           | ( $C_6H_{14}O_3$ ) |
| ➤ Bentuk                  | Cair, pekat        |
| ➤ Warna                   | Tidak berwarna     |
| ➤ Berat molekul           | 134.20             |
| ➤ Densitas uap relatif    | 1.176              |
| ➤ <i>Flash point</i> , °C | 172 (liquid)       |
| ➤ Titik didih, °C         | 285                |

b. Sifat kimia

- Larut dalam air, etanol, eter dan mudah terbakar

### I.4.3 Sifat Fisika dan Kimia Produk

#### 1. TMP Ester

##### a. Sifat Fisika

➤ Spec. Gravity 60/60 °F	0.85 – 0.9
➤ Viscosity at 100°C. cSt	30.5-33.5
➤ Viscosity index (min)	95
➤ Flash Point PMCC. °C (min)	267
➤ Pour Point, °C (max)	-9
➤ Total Acidity, mg KOH/g (max)	0.05
➤ Ash Content, % wt (max)	0.01
➤ Color ASTM (max)	0.4
➤ Cloud Test	No Cloud
➤ Appearance	Clear & blight

##### b. Sifat Kimia

- Mempunyai sifat viskositas yang relatif konstan terhadap suhu.
- Memiliki volatilitas yang rendah.
- Mempunyai stabilitas terhadap lingkungan suhu yang tinggi.
- Tidak korosif terhadap logam
- Stabil terhadap terjadinya hidrolisa dan relatif tidak beracun.

### I.5. Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik minyak pelumas dari biji jarak ditentukan berdasarkan ketersediaan bahan baku, produksi, serta nilai ekspor dan impor. Ketersediaan biji jarak di Indonesia sangat besar, mengingat Indonesia adalah negara tropis dan tanaman jarak dapat tumbuh di daerah tropis maupun subtropis yang memiliki curah hujan rendah dan temperatur ambien yang cukup tinggi.

tabel 1.3. Data statistik Pertumbuhan Konsumsi pelumas di Indonesia

Tahun	Total Konsumsi (Ton/th)	Pertumbuhan (%)
2005	310,686	0
2006	300,570	-0.033
2007	304,036	0.012
2008	330,667	0.088
2009	386,064	0.0168
<b>Rata - rata</b>		<b>0.059</b>

(Data dari Indocommercial dan Badan Pusat Statistik)

Tabel 1.4. Data statistik Pertumbuhan ekspor minyak pelumas di Indonesia

Tahun	Total Konsumsi (Ton/th)	Pertumbuhan (%)
2005	618,525	0
2006	535,551	-0.134
2007	461,350	-0.139
2008	418,216	-0.093
2009	535,224	0.28
<b>Rata - rata</b>		<b>-0.022</b>

(Data dari Indocommercial dan Badan Pusat Statistik)

Tabel 1.5. Data statistik pertumbuhan impor minyak pelumas di Indonesia

Tahun	Total Konsumsi (Ton/th)	Pertumbuhan (%)
2005	36,331	0
2006	26,378	-0.274
2007	103,237	2.914
2008	112,657	0.091
2009	76606.76	-0.32
<b>Rata - rata</b>		<b>0.602</b>

(Data dari Indocommercial dan Badan Pusat Statistik)

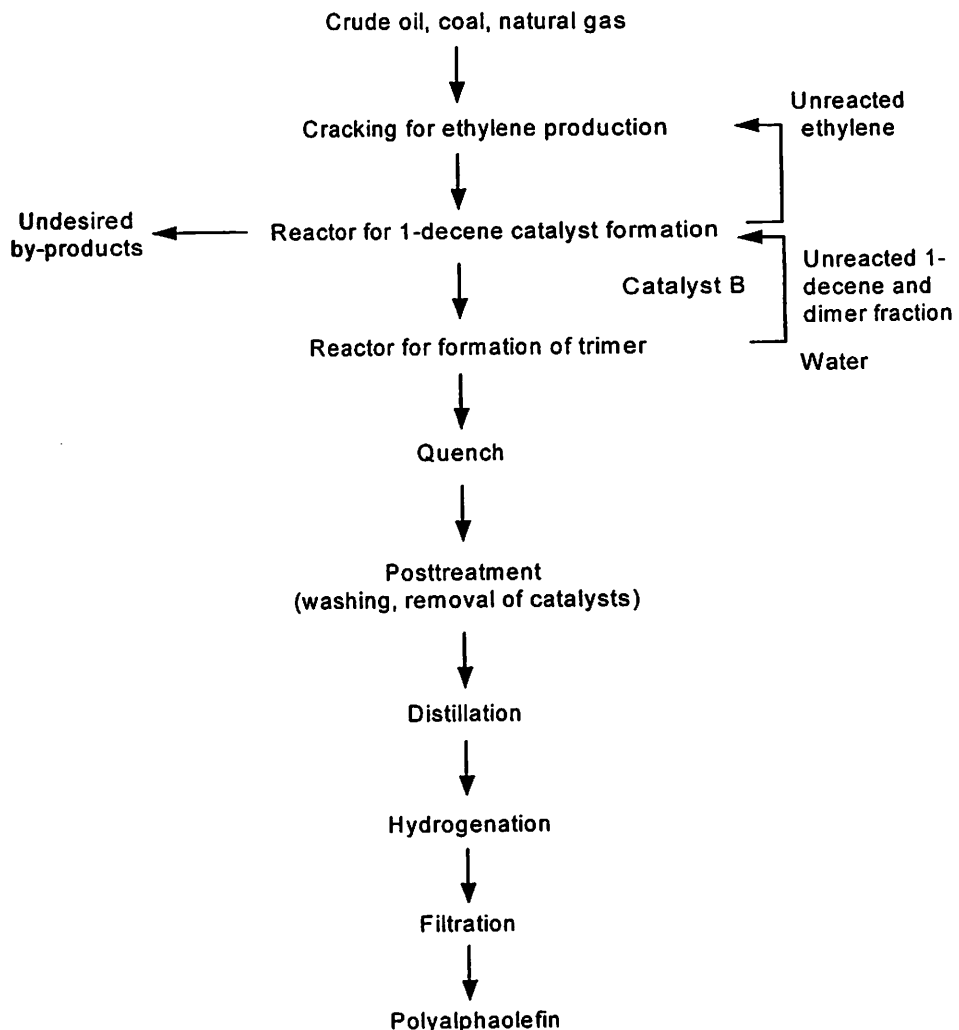
## BAB II

### URAIAN DAN SELEKSI PROSES

#### II.1 Macam macam proses

Saat ini pembuatan minyak pelumas di dunia digolongkan menjadi dua macam berdasarkan bahan baku utamanya, yaitu pelumas yang berbahan baku dari petroleum/minyak bumi dan dari minyak nabati

a) Proses pembuatan minyak pelumas dari minyak bumi.



Gambar 2.1 Proses Pembuatan Minyak Pelumas (polyalphaolefins) (Kirk Ohtmer, hal 438)

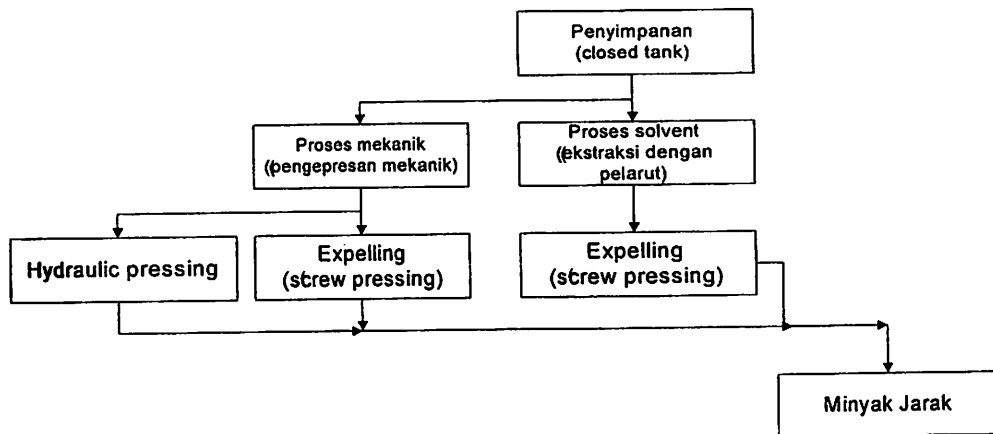
Berdasarkan uraian diatas, maka proses pembuatan pelumas pelumas dari minyak bumi terdiri dari beberapa tahap yaitu

1. Cracking
2. Reaktor for 1- decane catalisis FORMATION
3. Reaktor for formation of timmer
4. Quench
5. Posstreatmment
6. Distillation
7. Hidrogenasi
8. Filtration

b) Proses pembuatan minyak pelumas dari minyak nabati terdiri beberapa tahap:

### 1 Proses Pengepresan

Proses ini bertujuan untuk memperoleh minyak dari bijinya. Terdapat dua macam cara yaitu secara mekanik dan ekstraksi dengan pelarut.



Gambar 2.1 Proses pembuatan minyak jarak dari biji jarak

Kadar minyak atau lemak yang dihasilkan dalam proses ini adalah berkisar sekitar 55% dan sisanya adalah cake. Pada cara ini, bahan dipres dengan gerakan ulir sehingga minyak akan terdesak dan terdorong untuk keluar. Kadar minyak yang terikat dalam cake (bungkil) sekitar 3-5%, sedangkan solid yang terikat dalam minyak sebesar 2%.

## 2. Proses Pemurnian.

Proses degumming adalah proses menghilangkan zat-zat yang terlarut atau zat-zat yang bersifat koloidal seperti protein dan fosfatida dalam minyak mentah. Pada prinsipnya proses degumming ini adalah proses pembentukan flok-flok dari zat-zat yang bersifat koloidal dalam minyak mentah.

Beberapa cara yang digunakan dalam proses degumming, antara lain :

### ➤ Degumming dengan menggunakan asam

Proses degumming yang paling banyak digunakan adalah proses degumming dengan menggunakan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) 80% sebanyak 0,05 % sampai 0,2% dari gliserida yang masuk. proses ini digunakan untuk jenis fosfatida yang dapat tidak larut dalam air atau *nonhydratable phosphatide (NHP)*.

Pengaruh yang ditimbulkan oleh  $H_3PO_4$  adalah mengumpalkan dan mengendapkan zat-zat seperti protein, fosfatida, dan gum yang terdapat dalam minyak mentah.

### ➤ Degumming dengan kostil alkali

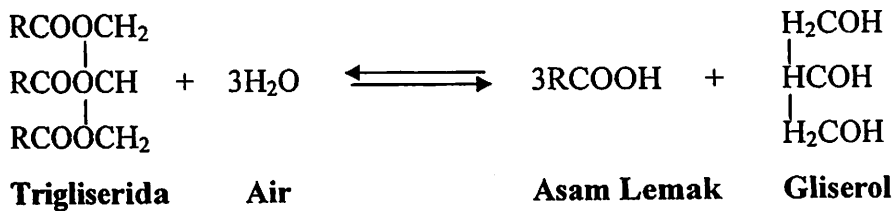
Pada proses degumming kostil alkali, partikel-partikel sabun yang terbentuk akan menyerap zat-zat lendir dan sebagian pigmen, tetapi proses ini mempunyai kelemahan yaitu adanya kecenderungan untuk membentuk emulsi dari sabun yang terjadi sehingga makin banyak minyak yang akan hilang.

### ➤ Degumming dengan hidrasi

Proses degumming dengan hidrasi yaitu penambahan air pada fosfatida dengan tujuan untuk melarutkan fosfatida dalam air, sehingga dapat terpisah dengan minyak, proses ini digunakan untuk jenis fosfatida yang dapat larut dalam air atau *hydratable phosphatide*.

## 3. Proses Hidrolisa

Proses hidrolisa adalah reaksi yang terjadi antara trigliserida yang terkandung dalam minyak nabati dengan air ( $H_2O$ ). Hasil dari reaksi hidrolisa berupa asam lemak dan gliserol. Reaksi yang terjadi adalah :



Terdapat dua proses hidrolisa yang umum digunakan yaitu :

➤ *Continous countercurrent system*

Pada proses hidrolisa ini berlangsung pada suhu dan tekanan yang tinggi yaitu suhu 252 °C dan tekanan 700 psig. Proses ini berlangsung secara countercurrent, trigliserida masuk pada bagian bawah hidrolisa tower dan air masuk pada bagian atas hidrolisa tower sebanyak 40 - 50 % dari jumlah trigliserida. Sebanyak 98 % glyserida terhidrolisis menjadi asam lemak. Asam lemak terpisah pada bagian atas dan gliserol pada bagian bawah. Hidrolisa tower terbuat dari bahan stainless steel, ketinggian sekitar 60 - 80 ft dan diameter 3 ft.

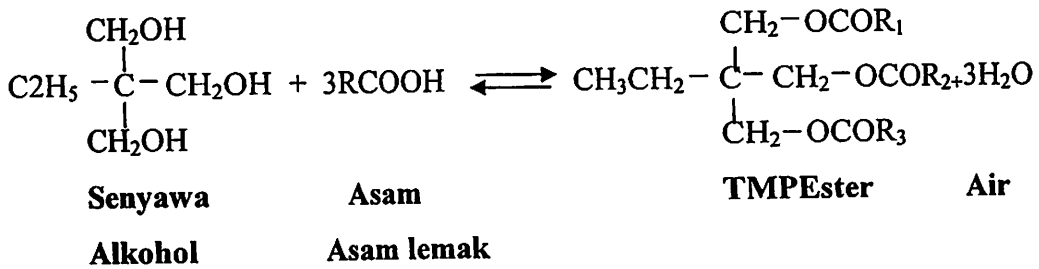
➤ *Twitchell process*

Hidrolisa minyak nabati juga dapat dilakukan pada suhu rendah atau tekanan rendah yaitu suhu 100 – 150 °C dan tekanan 1 atm, tetapi reaksinya berlangsung lambat, sehingga diperlukan katalisator, katalis yang biasa digunakan adalah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Pada proses hidrolisa ini dipilih *continous contercurrent system*. Ini disebabkan pada proses *continous contercurrent system* diperoleh konversi pembentukan asam lemak sebesar 98 % dan yield gliserol sebesar 15 %.

#### 4. Proses Esterifikasi

Proses esterifikasi adalah reaksi yang terjadi antara senyawa alkohol (Trimethylol propane / TMP ) dan asam karboksilat (asam lemak), pada pembuatan minyak pelumas dari minyak biji jarak, senyawa *fatty acid* (asam lemak) akan direaksikan dengan Trimethylolpropane (senyawa alcohol). Reaksi yang terjadi adalah :



Hasil dari reaksi esterifikasi adalah TMP ester yang digunakan sebagai minyak pelumas jenis polyolesters. Proses esterifikasi dapat berlangsung pada suhu 220 °C dan tekanan 5-6 mmHg. Dalam proses esterifikasi ini ditambahkan katalis ZnCl<sub>2</sub> sebanyak 2% dari asam lemak yang masuk yang berfungsi untuk mencegah reaksi polimerisasi dan menjaga kondisi operasi selama reaksi berlangsung.

**II.2 Seleksi Proses**

Dari kriteria dan uraian proses pembuatan pelumas baik dari minyak bumi maupun minyak nabati dapat dilihat kelebihan dan kekurangan dari kedua proses tersebut.

Tabel 2.1 perbandingan antara proses pembuatan pelumas dari Nabati dengan proses hidrolisa Continous counter current system dan Twitchell proses

Kriteria	Continous counter current system	Twitchell proses
Kondisis Operasi	252 °C dan tekanan 700 psig	100 - 150 °C dan tekanan 1 atm
Konversi reaksi	Konversi 98 %,	Rendah
Katalis	Tidak memerlukan katalis	Katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .
Reaksi	Berjalan Cepat	Berjalan Lambat

Untuk bahan baku minyak nabati selain biji jarak, kita juga bisa menggunakan kelapa sawit untuk bahan baku pembuatan pelumas. Tetapi selama ini kelapa sawit tidak dipakai sebagai bahan baku pembuatan pelumas karena



penggunaan kelapa sawit sendiri yang cukup besar sebagai bahan baku minyak goreng.

Pada proses hidrolisa ini dipilih *continous countercurrent system*. Ini disebabkan pada proses *continous countercurrent system* diperoleh konversi pembentukan asam lemak sebesar 98 % dan yield gliserol sebesar 15 %. Selain itu dengan adanya reaksi hidrolisa yang berjalan cepat diperoleh produk yang lebih baik.

Berdasarkan uraian perbedaan di atas maka secara keseluruhan dalam pembuatan base oli ini adalah proses hidrolisa Counter current system dari bahan minyak biji jarak, dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Bahan baku murah dan melimpah
2. Kandungan Minyak lebih banyak
3. Konversi reaksi lebih tinggi
4. Biaya operasi lebih murah

## II.3 Uraian Proses

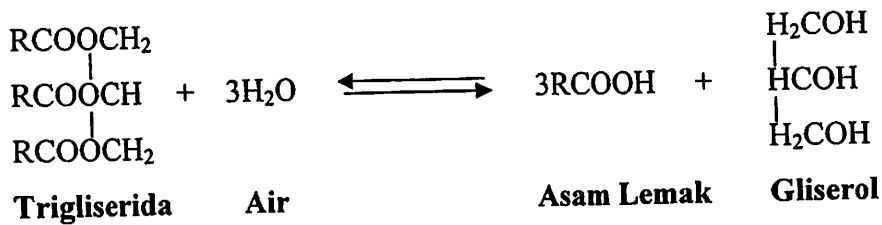
### II.3.1. Proses Persiapan Bahan Baku

Biji jarak masuk melalui hopper dan dialirkan oleh conveyor dan bucket elevator menuju screw press untuk memisahkan minyak dan bungkil/cangkangnya. Kemudian, minyak di transfer ke ke centrifuge untuk memisahkan minyak dan cakenya, kemudian minyak akan ditampung di tangki penampung. Setelah melalui screw press, sisa minyak yang terikut dalam ampas (bungkil) 3 – 5% dan ampas (bungkil) yang terikut dalam minyak sebesar 2%. Dalam centrifuge, ampas (bungkil) yang terikut dalam minyak sebesar 1%. Minyak jarak yang disimpan dalam tangki penampung dialirkan menuju heater untuk dipanaskan sampai suhu 70 °C sebelum menuju tangki degumming. Pada tangki degumming pertama ditambahkan Air dan  $H_3PO_4$  untuk menggumpalkan gum Non Hydratable phospatid dan gum Hydratable phospatide, dikondisikan suhu dalam tangki antara 60 – 70 °C selama kurang lebih 20 menit. Minyak biji jarak ini kemudian dialirkan menuju centrifuge untuk dipisahkan gum Non

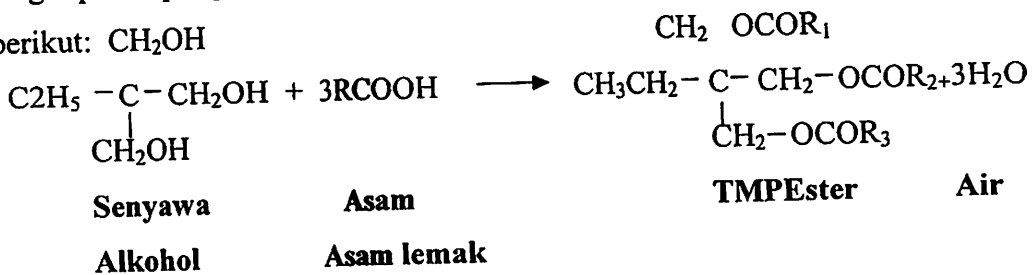
Hydratable phospatid dan gum Hydratable phospatide dengan minyaknya. Hasil dari proses ini kemudian ditampung di tangki penampung.

### II.3.2. Tahap Reaksi.

Minyak hasil dari proses deguming yang sebagian besar mengandung trigliserida ditampung dalam tangki penampung, setelah itu dipompa masuk ke reaktor hidrolisa melalui bagian bawah reaktor hidrolisa. Dengan menggunakan *counter current system*, trigliserida direaksikan dengan air yang masuk dari bagian atas reaktor hidrolisa pada suhu 70 °C. Adapun reaksinya sebagai berikut :



Selanjutnya steam jenuh diperbesar tekanannya melalui ekspander menjadi tekanan 800 psi yang kemudian dimasukkan ke reaktor hidrolisa melalui bagian tengah reaktor. Kondisi operasi dalam reaktor hidrolisa ini adalah 252 °C dan 700 psi selama 2 – 4 jam, dengan konversi asam lemak yang dihasilkan sebesar 98 %. Asam lemak keluar melalui bagian atas reaktor dan gliserol melalui bagian bawah reaktor. Asam lemak yang keluar dari reaktor hidrolisa mengalir menuju tangki penampung. Asam lemak dari tangki penampung dipompa menuju reaktor esterifikasi untuk kemudian direaksikan dengan TMP (Trimethylolpropane) dari tangki penampung TMP. Di dalam reaktor esterifikasi akan terjadi reaksi sebagai berikut:



Adapun proses ini dibantu katalis  $\text{ZnCl}_2$ . Reaksi berlangsung pada suhu 220 °C dan tekanan 5 – 6 mmHg.

### II.3.3 Tahap Pemurnian

Hasil dari bagian atas reaktor esterifikasi yaitu air dalam bentuk fase uap, akan diembunkan dalam barometrik kondensor. Pada bagian bawah reaktor esterifikasi akan menghasilkan TMP ester dan sebagian kecil katalis  $ZnCl_2$  yang terikut yang selanjutnya akan didinginkan oleh cooler, suhu keluar reactor esterifikasi  $220\text{ }^{\circ}C$  menjadi  $70\text{ }^{\circ}C$  dan selajutnya katalis  $ZnCl_2$  yang terikut akan dipisahkan dengan TMP ester (produk utama) melalui centrifuge. TMP ester sebagai minyak pelumas menuju tangki penyimpanan yang selanjutnya akan dijadikan sebagai produk utama.



### BAB III

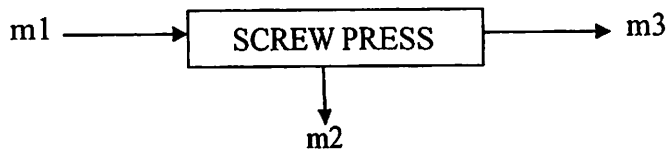
#### NERACA MASSA

kapasitas produksi = 40000 ton/th = 5050.5050 kg/jam  
 waktu operasi = 330 hari/tahun  
 basis waktu = 1 jam  
 Basis Perhitungan = 6408.8 kg/jam

Berikut adalah perhitungan neraca massa :

#### 1. SCREW PRESS (J-110)

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak dari biji jarak



Neraca massa total :  $m1 = m2 + m3$

Dimana  $m1$  = Bahan masuk 1 screw press dengan komposisi biji jarak

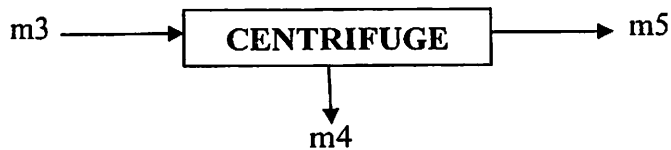
$m2$  = Bahan keluar 1 screw press dengan komposisi ampas

$m3$  = Bahan keluar 2 screw press dengan komposisi minyak

Masuk	(kg/jam)	Keluar	(kg/jam)
Biji jarak ( m1 )		minyak biji jarak ( m3 )	
Minyak	4806,600	Bungkil	96,477
Bungkil (Padatan)	1602,200	Trigliserida	4459,905
	<b>6408,800</b>	FFA	9,489
		H2O	26,095
		Monogliserida	161,316
		Nonhydratable Pospatid	- 8,777
		hydratable Pospatid	78,997
			<b>4841,056</b>
		Ampas ( m2 )	
		Minyak	79,249
		Bungkil (Padatan)	1488,495
			<b>1567,744</b>
<b>Total</b>	<b>6408,800</b>	<b>Total</b>	<b>6408,800</b>

**2. CENTRIFUGE (H-114)**

Fungsi : Untuk memisahkan minyak dan padatan didalamnya.



Neraca Massa total =  $m_3 = m_4 + m_5$

Dimana  $m_3$  = Bahan masuk 1 Centrifuge dengan komposisi Minyak biji jarak

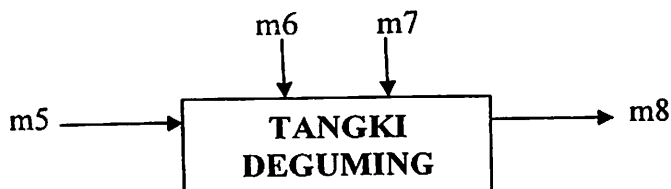
$m_4$  = Bahan keluar 1 Centrifuge dengan komposisi padatan/bungkil

$m_5$  = Bahan keluar 2 Centrifuge dengan komposisi minyak jarak

Masuk	(kg/jam)	Keluar	(kg/jam)
Minyak biji jarak ( $m_3$ )		Minyak jarak ( $m_5$ )	
Solid	96,477	solid terikut	0,964765591
Trigliserida	4459,905	Trigliserida	4459,905
FFA	9,489	FFA	9,489
H <sub>2</sub> O	26,095	H <sub>2</sub> O	26,095
Monogliserida	161,316	Monogliserida	161,316
Nonhydratable Pospatid	8,777	Nonhydratable Pospatid	8,777
hydratable Pospatid	78,997	hydratable Pospatid	78,997
			<b>4745,544</b>
		Padatan ( $m_4$ )	
		Solid	95,512
<b>Total</b>	<b>4841,056</b>	<b>Total</b>	<b>4841,056</b>

**3. TANGKI DEGUMMING (R-210)**

Fungsi : Untuk menggumpalkan gum non-hydratable phosphat (NHP) dengan ditambahkan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan Hydratable Phospat dengan H<sub>2</sub>O



Neraca Massa total =  $m_5 + m_6 + m_7 = m_8$

Dimana  $m_5$  = Bahan masuk I tangki degumming I dengan komposisi Minyak jarak

$m_6$  = Bahan masuk 2 tangki degumming I dengan komposisi  $H_3PO_4$

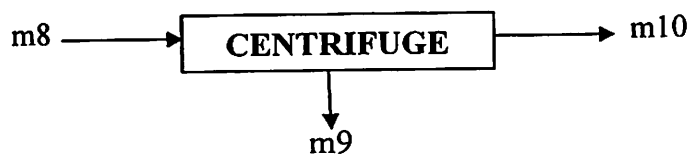
$m_7$  = Bahan masuk 2 tangki degumming I dengan komposisi  $H_2O$

$m_8$  = Bahan keluar tangki degumming I dengan komposisi minyak jarak dan GUM

Masuk	(kg/jam)	Keluar	(kg/jam)
<b>Minyak jarak ( <math>m_5</math> )</b>		minyak dan Gum ( $m_8$ )	
Trigliserida	4459,905	Trigliserida	4459,905
FFA	9,489	FFA	9,489
H <sub>2</sub> O	26,807	H <sub>2</sub> O	26,807
Monogliserida	161,316	Monogliserida	161,316
hydratable Pospatid	78,997	Nonhydratable Pospatid	15,203
Nonhydratable Pospatid	15,203	hydratable Pospatid	174,032
<b><math>m_6</math></b>			
H <sub>2</sub> O	95,034		
<b><math>m_7</math></b>			
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	4.033		
<b>Total</b>	<b>4846,751</b>	<b>Total</b>	<b>4846,751</b>

#### 4. CENTRIFUGE (H-223)

Fungsi : Untuk memisahkan gum NHP dan HP dalam minyak.



$$\text{Neraca Massa total} = m_8 = m_9 + m_{10}$$

Dimana  $m_8$  = Bahan masuk I Centrifuge dengan komposisi Minyak jarak dan GUM

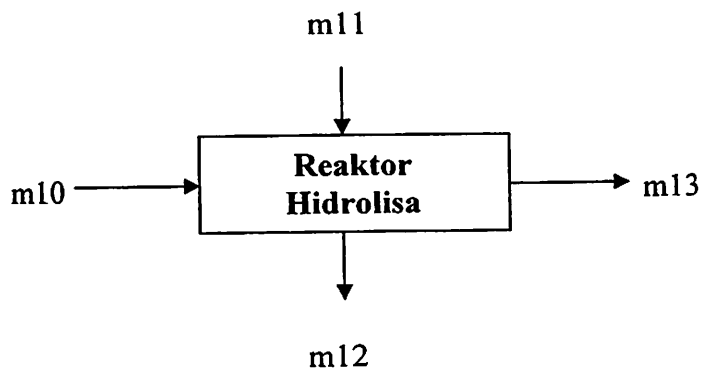
$m_9$  = Bahan keluar 1 Centrifuge dengan komposisi GUM

$m_{10}$  = Bahan keluar 2 Centrifuge dengan komposisi minyak jarak

Masuk	(kg/jam)	Keluar	(kg/jam)
<b>Minyak + GUM ( m8 )</b>		<b>Minyak jarak ( m10 )</b>	
Trigliserida	4459,905	Trigliserida	4458,093
H <sub>2</sub> O	26,807	H <sub>2</sub> O	26,796
FFA	9,489	FFA	9,485
Monogliserida	161,316	Monogliserida	161,250
		<b>4655,624</b>	
		<b>GUM ( m9 )</b>	
Nonhydratable Pospatid	15,203	Nonhydratable Pospatid	15,203
hydratable Pospatid	174,032	hydratable Pospatid	174,032
		Minyak	1,892
		<b>191,127</b>	
<b>Total</b>	<b>4846,751</b>	<b>Total</b>	<b>4846,751</b>

### 5. REAKTOR HIDROLISA (R-310)

Fungsi : Untuk mereaksikan trigliserida dengan air sehingga diperoleh asam lemak.



$$\text{Neraca massa total} = m_{10} + m_{11} = m_{12} + m_{13}$$

Dimana  $m_{10}$  = Bahan masuk 1 Reaktor Hidrolisa dengan komposisi : Trigliserida, H<sub>2</sub>O, FFA, dan monogliserida

$m_{11}$  = Bahan masuk 2 Reaktor Hidrolisa dengan komposisi : Steam dan H<sub>2</sub>O

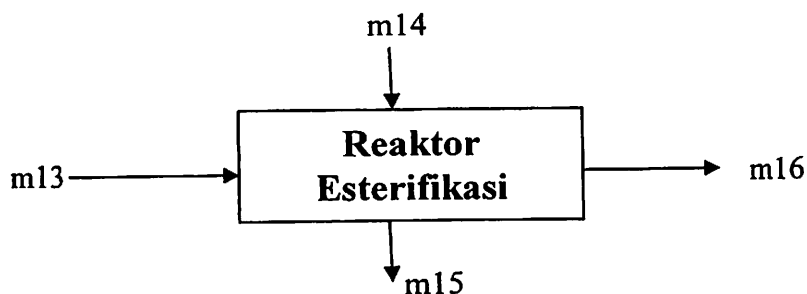
$m_{12}$  = Bahan keluar 1 Reaktor Hidrolisa dengan komposisi : kondensat dan gliserol

m13 = Bahan keluar 2 Reaktor Hidrolisa dengan komposisi :  
trigliserida, asam lemak, monogliserida ,ffa, dan H<sub>2</sub>O

Masuk	(kg/jam)	Keluar	(kg/jam)
<b>m10</b>		<b>m13</b>	
Trigliserida	4458,093	Trigliserida	89,162
H <sub>2</sub> O	26,796	H <sub>2</sub> O	5,720
FFA	9,485	Asam Lemak	4328,072
Monogliserida	161,250	Monogliserida	3,225
	<b>4655,624</b>	FFA	9,485
			<b>4435,664</b>
<b>m11</b>		<b>m12</b>	
H <sub>2</sub> O	285,995	KONDENSAT	320,998
Steam	320,998	Gliserol	510,506
	<b>606,993</b>		<b>831,504</b>
<b>Total</b>	<b>5262,617</b>	<b>Total</b>	<b>5262,617</b>

### 6. REAKTOR ESTERIFIKASI (R-410)

Fungsi : Untuk mereaksikan asam lemak dengan TMP agar diperoleh TMP ester sebagai base oil.



$$\text{Neraca massa total} = m13 + m14 = m15 + m16$$

Dimana:

m13 = Bahan masuk 1 Reaktor Esterifikasi dengan komposisi : Trigliserida, H<sub>2</sub>O ,FFA, asam lemak dan monogliserida

m14 = Bahan masuk 2 Reaktor Esterifikasi dengan komposisi TMP dan ZnCl<sub>2</sub>

m15 = Bahan keluar 1 Reaktor Esterifikasi dengan komposisi H<sub>2</sub>O

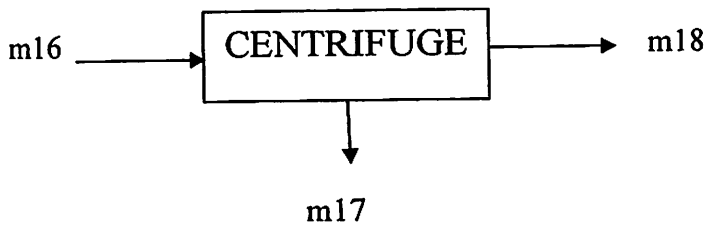
m16 = Bahan keluar 2 Reaktor Esterifikasi dengan komposisi Trigliserida, monogliserida, asam lemak, TMP ester, TMP, FFA, dan ZnCl



Masuk	(kg/jam)	Keluar	(kg/jam)
<b>m13</b>		<b>m16</b>	
Trigliserida	89,162	Trigliserida	89,162
H2O	5,720	FA	216,404
FA	4328,072	Monogliserida	3,225
Monogliserida	3,225	TMP ester	4683,637
FFA	9,485	TMP	48,685
	<b>4435,664</b>	ZnCl	8,656
<b>m14</b>		FFA	9,485
TMP	709,408		<b>5059,254</b>
ZnCl	8,656	<b>m15</b>	
	<b>718,064</b>	H2O	94,474
<b>Total</b>	<b>5153,727</b>	<b>Total</b>	<b>5153,727</b>

**7. CENTRIFUGE (H-420)**

Fungsi : Untuk memisahkan katalis ZnCl yang terikat dalam minyak



Neraca Massa total =  $m16 = m17 + m18$

Dimana :

$m16$  = Bahan masuk centrifuge dengan komposisi : Trigliserida, monogliserida, FFA, asam lemak, TMP, TMP ester, ZnCl

$m17$  = Bahan keluar 1 Centrifuge dengan komposisi ZnCL dan minyak

$m18$  = Bahan keluar 2 centrifuge dengan komposisi Trigliserida, monogliserida, asam lemak, TMP, TMP ester, FFA,

<b>Masuk</b>	<b>(kg/jam)</b>	<b>Keluar</b>	<b>(kg/jam)</b>
<b>m16</b>		<b>m18</b>	
Trigliserida	89,162	Trigliserida	89,160
FA	216,404	FA	216,400
Monogliserida	3,225	Monogliserida	3,225
TMP Ester	4683,637	TMP Ester	4683,557
TMP	48,685	TMP	48,684
ZnCl	8,656	FFA	9,485
FFA	9,485		<b>5050,511</b>
		<b>m17</b>	
		Katalis ZnCl	8,656
		minyak	0,087
			<b>8,743</b>
<b>Total</b>	<b>5059,254</b>	<b>Total</b>	<b>5059,254</b>

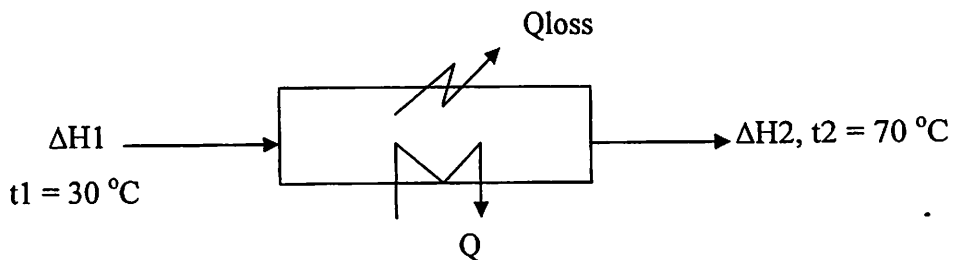
## BAB IV

### NERACA PANAS

kapasitas produksi = 40000 ton/th = 5050.5050 kg/jam  
 waktu operasi = 330 hari/tahun  
 basis waktu = 1 hari  
 Basis perhitungan = 6408.8 kg/jam  
 suhu reference = 25 °C

#### 1. HEATER DEGUMMING (E-212)

Fungsi : memanaskan minyak jarak dari 30 °C menjadi 70 °C sebelum masuk ke tangki degumming.



Neraca panas total =  $\Delta H1 + Q = \Delta H2 + Q_{loss}$

Dimana :  $\Delta H1$  = Panas yang terkandung dalam bahan masuk

$\Delta H2$  = Panas yang terkandung dalam bahan keluar

$Q$  = Panas yang disupply

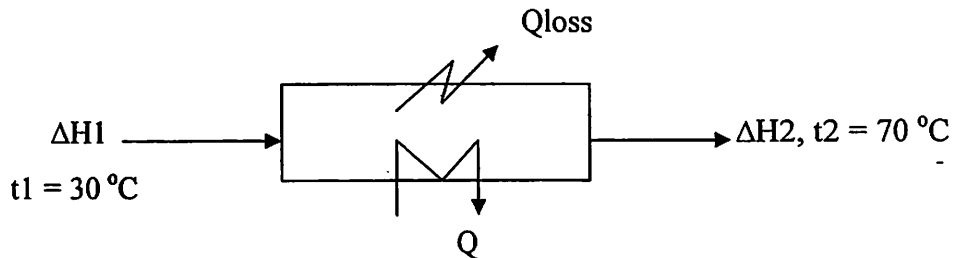
$Q_{loss}$  = Panas yang hilang

Neraca Panas pada Heater Degumming (E-212)

Masuk	(Kkal)	Keluar	(Kkal)
$\Delta H1$		$\Delta H2$	
Trigliserida	10822,885	Trigliserida	97405,967
Monogliserida	399,463	Monogliserida	3595,164
solid terikut	4,151	solid terikut	37,362
H2O	130,306	H2O	1172,757
Phospolipid	197,493	Phospolipid	1777,438
FFA	24,102	FFA	216,922
Q yg disupply	93206,128	Q loss	578,920
Total	104784,529	Total	104784,529

## 2. HEATER AIR (E-313)

Fungsi : memanaskan air dari 30 °C menjadi 70 °C sebelum masuk ke reaktor hidrolisa.



Neraca panas total =  $\Delta H1 + Q = \Delta H2 + Q_{loss}$

Dimana :  $\Delta H1$  = Panas yang terkandung dalam bahan masuk

$\Delta H2$  = Panas yang terkandung dalam bahan keluar

$Q$  = Panas yang disupply

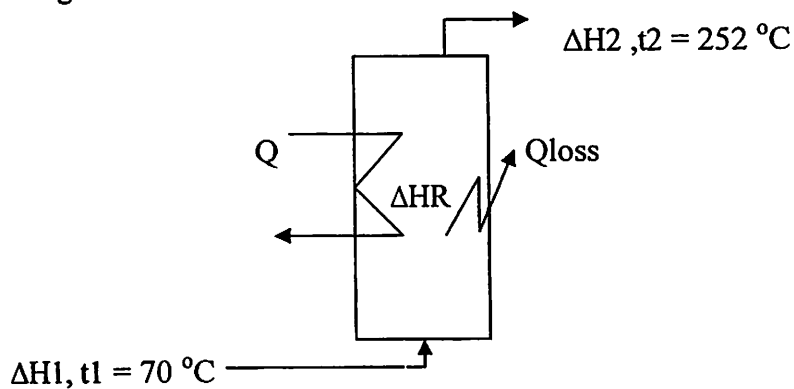
$Q_{loss}$  = Panas yang hilang

Neraca Panas Heater Air (E - 313) :

Masuk	(Kkal)	Keluar	(Kkal)
$\Delta H1$		$\Delta H2$	
H2O	1418,008	H2O	12762,071
Q yg disupply	11414,963	Q loss	70,900
Total	12832,971	Total	12832,971

## 3. REAKTOR HIDROLISA (R-310)

Fungsi : mereaksikan trigliserida dengan air sehingga diperoleh asam lemak dan gliserol.



Neraca Panas Total =  $\Delta H1 + \Delta HR + Q = \Delta H2 + Q_{loss}$

Dimana :  $\Delta H1$  = Panas yang terkandung dalam bahan masuk

$\Delta H2$  = Panas yang terkandung dalam bahan keluar

$\Delta HR$  = Panas Reaksi yang terjadi di dalam Reaktor

$Q$  = Panas yang disuplay

$Q_{loss}$  = Panas yang hilang

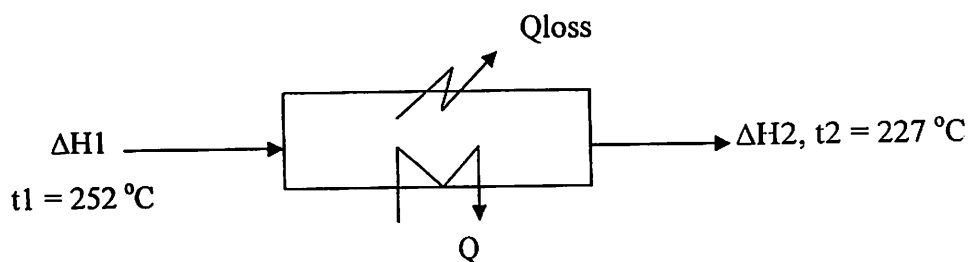
Neraca panas pada Reaktor Hidrolisa (R-310) :

Masuk	(Kkal)	Keluar	(Kkal)
$\Delta H1$		$\Delta H2$	
Trigliserida	97366,391	Trigliserida	10411,307
Monogliserida	3593,703	Monogliserida	362,565
FFA	216,720	FA	526308,100
H2O	1204,252	H2O	1328,033
		FFA	1093,232
H2O	12762,071	Gliserol	63947,338
	<b>115143,136</b>		<b>603450,576</b>
<b>Q yg disupply</b>	660201,019	<b>Q loss</b>	5757,156779
<b>H reaksi</b>	- 166136,422		
<b>Total</b>	<b>609207,732</b>	<b>Total</b>	<b>609207,732</b>

#### 4. Cooler

Fungsi Mendinginkan minyak dari temperature  $252^{\circ}\text{C}$  menjadi  $227^{\circ}\text{C}$

Neraca Panas Pada Cooler



$$\text{Neraca panas total} = \Delta H1 = \Delta H2 + Q_{loss} + Q$$

Dimana :  $\Delta H1$  = Panas yang terkandung dalam bahan masuk

$\Delta H2$  = Panas yang terkandung dalam bahan keluar

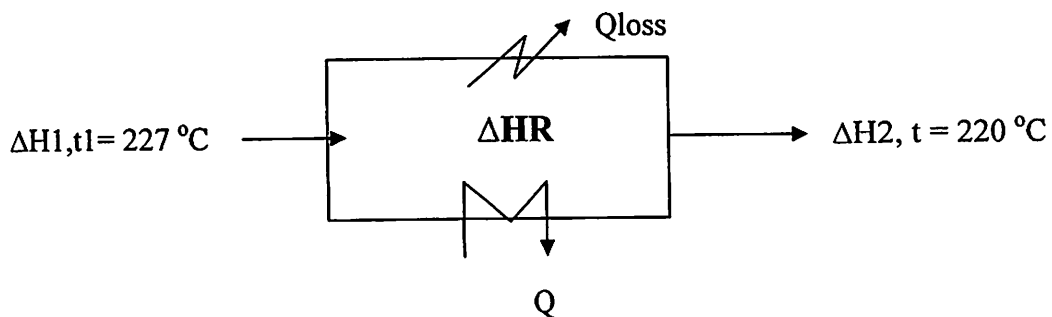
$Q$  = Panas yang diserap oleh pendingin

$Q_{\text{loss}}$  = Panas yang hilang

Masuk	(Kkal)	Keluar	(Kkal)
Trigliserida	29469,5259	Trigliserida	26223,9834
Monogliserida	1087,692776	Monogliserida	967,9028223
H <sub>2</sub> O	229191,7794	H <sub>2</sub> O	203950,394
Fatty Acid	1496498,888	Fatty Acid	1331686,235
FFA	3279,692958	FFA	2918,493293
		Qyang diserap	105804,1914
		Q loss	87976,37894
Total	1759527,579	Total	1759527,579

### 5. REAKTOR ESTERIFIKASI (R-410)

Fungsi : Untuk mereaksikan asam lemak dengan TMP agar diperoleh TMP ester sebagai base oil.



$$\text{Neraca Panas Total} = \Delta H1 + Q = \Delta H2 + Q_{\text{loss}} + \Delta HR$$

Dimana :  $\Delta H1$  = Panas yang terkandung dalam bahan masuk

$\Delta H2$  = Panas yang terkandung dalam bahan keluar

$\Delta HR$  = Panas Reaksi yang terjadi di dalam Reaktor

$Q$  = Panas yang disuplay

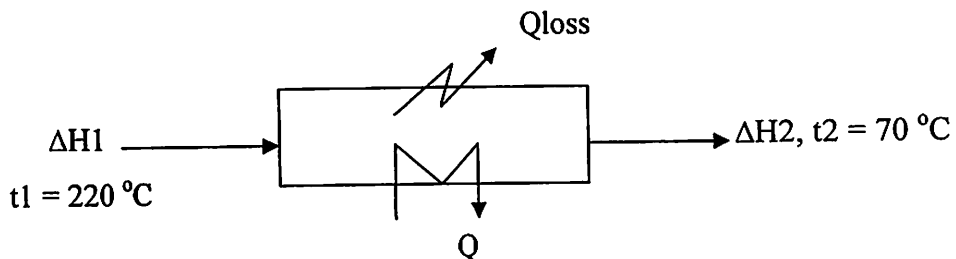
$Q_{\text{loss}}$  = Panas yang hilang

Neraca panas Reaktor Esterifikasi (R-410) :

Masuk	(Kkal)	Keluar	(Kkal)
$\Delta H1$		$\Delta H2$	
Trigliserida	8735,187	Trigliserida	8432,482
Monogliserida	322,635	FA	21425,670
FA	443895,938	Monogliserida	311,454
TMP	390,174	TMP ester	638951,119
Katalis	290,673	TMP	1044,290
H2O	1153,918	ZnCl	11336,258
FFA	972,832	FFA	939,120
	<b>455761,357</b>	H2O	18398,424
			<b>700838,818</b>
<b>Q yg disupply</b>	1580498,489	$\Delta HR$	1312632,961
		Q loss	22788,068
<b>Total</b>	<b>2036259,847</b>	<b>Total</b>	<b>2036259,847</b>

### 6. Cooler (E-419)

Fungsi : mendinginkan base oil dari 220 °C menjadi 70 °C.



$$\text{Neraca panas total} = \Delta H1 = \Delta H2 + Q_{\text{loss}} + Q$$

Dimana :  $\Delta H1$  = Panas yang terkandung dalam bahan masuk

$\Delta H2$  = Panas yang terkandung dalam bahan keluar

$Q$  = Panas yang diserap oleh pendingin

$Q_{\text{loss}}$  = Panas yang hilang

## Neraca panas Cooler (E-419) :

<b>Masuk</b>	<b>Kcal</b>	<b>Keluar</b>	<b>Kcal</b>
<b><math>\Delta H1</math></b>		<b><math>\Delta H2</math></b>	
Trigliserida	25296,98252	Trigliserida	5837,765197
Fatty Acid	64275,83297	Fatty Acid	14832,88453
Monogliserida	934,3456215	Monogliserida	215,6182203
TMP ester	1916818,232	TMP ester	442342,6689
TMP	3132,811796	TMP	722,9565683
FFA	37265,74569	FFA	8599,787467
			<b>472551,6809</b>
		Qloss	34128,77299
		Qyang diserap	490832,130
<b>Total</b>	<b>682575,460</b>	<b>Total</b>	<b>682575,460</b>



## BAB V

### SPESIFIKASI PERALATAN

Spesifikasi alat-alat yang digunakan dalam pabrik TMP Ester dari minyak biji jarak adalah sebagai berikut:

#### 1. Gudang biji jarak

Kode	: F -111
Fungsi	: Menampung biji jarak yang akan masuk ke belt conveyor
Type	: Gudang dengan atap dan tiang – tiang penyangga
Kapasitas	: 1.043.614.55 lb/hari
Bahan	
➤ Tiang	: Besi baja
➤ Atap	: Asbes bergelombang dengan ukuran 2 x1 m
➤ Dinding	: Asbes
➤ Dasar	: Beton
Jumlah	: 2 ( dua )

#### 2. BELT CONVEYOR

Spesifikasi	Belt Conveyor 1	Belt Conveyor 2
Kode	J – 112	J – 413
Fungsi	Mengangkut biji jarak menuju screw press	Mengangkut rate katalis ZnCl ke reactor
Kapasitas	14930.336 kg/ja	
Kecepatan max	300 ft/menit	300 ft/menit
Lebar belt	14 in	14 in
Panjang belt	10 m	10 m
Power motor	4 kw	4 kw
Jumlah	1	1

### 3. BUCKET ELEVATOR

Kode	: J – 113
Fungsi	: Mengakut biji jarak menuju screw press
Type bucket	: Centrifugal discharge buckets on belt
Kecepatan bucket	: 79,20 m/menit
Ukuran bucket	: 8 in x 5 in x 5,5 in = 0,152 m x 0,102 m x 0,108 m
	: P = 8 in
	: L = 5 in
	: T = 5,5 in
Jarak antar bucket	: 14 in
Kapasitas maksimum	: 30 ton/jam
Power	: 2 Hp
Jumlah	: 1

### 4. SCREW PRESS

Kode	: J – 110
Fungsi	: Untuk mendapatkan minyak dari biji jarak
Kecepatan maksimum	: 30 ton/jam
Kecepatan	: 55 rpm
Diameter Feed section	: 12 in
Power Maksimum	: 14,3 Hp
Kecepatan putaran screw	: 16.400 in.lb

## 5. CENTRIFUGE

Spesifikasi	Centrifuge 1	Centrifuge 2
Kode	: H - 114	: H - 223
Fungsi	: Untuk memisahkan minyak	: Untuk memisahkan minyak
Type	dari padatannya	dari padatan di dalamnya
Kapasitas	: Helical Conveyor	: Helical Convey
Diameter bowl	: 378,947 lb/ft <sup>3</sup>	: 447,016 lb/ft <sup>3</sup>
Inside Diameter	: 14 in	: 10 in
Kecepatan putar	: 14 in	: 10 in
Power motor	: 4000 rpm	: 1000 rpm
Jumlah	: 20 Hp	: 20 Hp
	:1	: 1

## 6. TANGKI PENAMPUNG

Kode	: F115
Fungsi	: Menampung minyak hasil pengepresan
Bentuk	: Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk Standart dish head
Bahan	: Hight Alloy Stell SA 167 Type 304
Kapasitas	: 850,52 ft <sup>3</sup>
Ukuran Bejana	
> Out Side Diameter	: 108 in
> Tebal	: 3/16 in
> Tinggi	: 198 in
Ukuran Tutup atas	
> Jenis	: Standart dished head
> Tebal	: 3/16 in
> Tinggi	: 18,2 in
Tekanan Design	: 24,818 ps

**7. Pompa L – 211**

Kode	: L – 211
Fungsi	: Memompa minyak dari tangki tangki penampung ke tangki degumming 1
Type	: Centrifugal pump
Kapasitas	: 637,47 ft <sup>3</sup> /jam
Bahan	: Cast iron
Jenis fluida	: Minyak jarak
Viskositas	: 2,207 cp
Head	: 32,31 lbf.ft/lbm
Power	: 1 Hp
Ukuran pipa	: 3" sch 40
Jumlah	: 2 buah

**8. TANGKI PENYIMPAN LARUTAN H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (F-213)**

Kode	: F – 213
Fungsi	: Untuk menyimpan bahan kimia H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
Bentuk	: Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standart dish head
Bahan	: Hight Alloy Stell SA 167 Type 304
Kapasitas	: 28,53 ft <sup>3</sup>
Ukuran bejana	
- Diameter	: 33,197 in
- Tebal	: 3/16 in
- Tinggi	: 5,59 ft
Ukuran tutup atas	
- Jenis	: Standart dished head
- Tebal	: 3/16 in
- Tinggi	: 7,32 in
- Jenis las	: Double welded butt joint

**Ukuran tutup bawah**

- Jenis : Standart dished head
- Tebal : 3/16 in
- Tinggi : 7,31 in
- Jenis las : Double welded butt joint

Tekanan design : 23,03psi

Jumlah : 1

**9. Heat Exscanger**

- Kode : E – 212
- Fungsi : Memanaskan minyak jarak dari suhu 30<sup>0</sup>C sampai 70<sup>0</sup>C sebelum masuk tangki degumming
- Bahan : Carbon steel SA 212 Grade A
- Type : 1-2 Shell and tube
- Kapasitas shell : 25930,571 lb/jam
- Kapasitas tube : 156 lb/jam
- Ukuran shell : IDs = 17 ¼
- Ukuran tube : 0,75 in OD 16 BWG  
1 in tri angular pitch
- Jarak baffle : 12

**10. TANGKI DEGUMMING (F-210)**

- Kode : F – 310
- Fungsi : Untuk menggumpalkan gum Non hydratable phosfat ( NHP ) dengan penambahan air
- Bentuk : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk Standart dish head
- Bahan : Hight Alloy Stell SA 167 Type 304
- Kapasitas : 669,96 ft<sup>3</sup>

**Kondisi Operasi**

- Suhu : 70 °C
- Tekanan : 14,743 psi

**Ukuran Bejana**

- Diameter : 95,06 in
- Tebal : 1/4 in
- Tinggi : 14,13 ft

**Ukuran Tutup Atas**

- Jenis : Standart dish head
- Tebal : 3/16 in
- Tinggi : 18,16 in
- Jenis Las : Double welded butt joint

**Ukuran Tutup Bawah**

- Jenis : Standart dish head
- Tebal : 1/4 in
- Tinggi : 1,51 ft
- Jenis Las : Double welded butt joint

**Pengaduk**

- Jenis : 6 blade disk turbin
- Jumlah Blade : 6
- Jumlah pengaduk : 2
- Diameter pengaduk : 2,413 ft
- Power motor : 120 rpm

**11. Pompa Tangki Deguming II L – 222**

- Kode : L – 222
- Fungsi : Memompa minyak dari tangki degumming 2 ke centrifuge
- Type : Centrifugal pump
- Kapasitas : 480,42 ft<sup>3</sup>/jam

Bahan	: Cast iron
Jenis fluida	: Minyak jarak
Viskositas	: 2,21 cp
Head	: 14,2 lbf.ft/lbm
Power	: 1 Hp
Ukuran pipa	: 3" sch 40
Jumlah	: 2 buah

### 12. Centrifuge H - 223

Kode	: H - 223
Fungsi	: Untuk memisahkan minyak dari padatan didalamnya
Type	: Helical Convey
Kapasitas	: 480,42 lb/ft <sup>3</sup>
Diameter bowl	: 14 in
Inside Diameter	: 14 in
Kecepatan putar	: 1000 rpm
Power motor	: 20 Hp
Jumlah	: 1

### 13. Pompa L – 224

Kode	: L - 224
Fungsi	: Memompa minyak dari centrifuge ke tangki F – 225
Type	: Centrifugal pump
Kapasitas	: 461,80 ft <sup>3</sup> /jam
Bahan	: Cast iron
Jenis fluida	: Minyak jarak
Viskositas	: 2,21 cp
Head	: 25,758 lbf.ft/lbm

Power	: 1 Hp
Ukuran pipa	: 3" sch 40
Jumlah	: 2 buah

#### 14. Tangki Penampung F – 225

Kode	: F – 225
Fungsi	: Untuk menampung minyak hasil degumming 2
Bentuk	: Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standart dish head
Bahan	: High Alloy Stell SA 167 Type 304
Kapasitas	: 1111,46 ft <sup>3</sup>
Ukuran bejana	
- Diameter	: 112,53 in
- Tebal	: ¼ in
- Tinggi	: 198,144 in
Ukuran tutup atas	
- Jenis	: Standart dished head
- Tebal	: 5/16 in
- Tinggi	: 21,52 in
- Jenis las	: Double welded butt joint
Ukuran tutup bawah	
- - Jenis	: Standart dished head
- Tebal	: 5/16 in
- Tinggi	: 21,31 in
- Jenis las	: Double welded butt joint
Tekanan design	: 22,49 psi
Jumlah	: 1 buah



**15. Pompa L – 311**

Kode	: L -311
Fungsi	: Memompa minyak dari tangki F-225 Ke reactor hidrolisa
Type	: Centrifugal pump
Kapasitas	: 462,42 ft <sup>3</sup> /jam
Bahan	: Cast iron
Jenis fluida	: Minyak jarak
Viskositas	: 2,21 cp
Head	: 26,69 lbf.ft/lbm
Power	: 1 Hp
Ukuran pipa	: 3" sch 40
Jumlah	: 2

**16. Heat Exscanger E – 313**

Kode	: E – 313
Fungsi	: Memanaskan air dari suhu 30 <sup>0</sup> C sampai 70 <sup>0</sup> C sebelum masuk reaktor Hidrolisa
Bahan	: Carbon steel SA 212 Grade A
Type	: Shell and tube Heat Exscanger
Kapasitas shell	: 5668,735 lb/jam
Kapasitas tube	: 258,540 lb/jam
Ukuran shell	: IDs = 12
Ukuran tube	: 0,75 in OD 10 BWG : 1 in square pitch
Jarak baffle	: 5

### 17. Reaktor Hidrolisa R – 310

Kode	: R – 310
Fungsi	: Untuk mereaksikan trigliserida dengan air sehingga diperoleh asam lemak
Bentuk	: Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standart dish head
Bahan	: Hight Alloy Stell SA 167 Type 304
Kapasitas	: 15193,203 kg/jam = 33425,05 lb/jam
Kondisi Operasi	
- Suhu	: 250 °C
- Tekanan	: 206,8 psi
Ukuran bejana	
- Diameter	: 139,07 in
- Tebal	: 1/4 in
- Tinggi	: 187,512 in
Ukuran tutup atas	
- Jenis	: Standart dish head
- Tebal	: 3/16 in
- Tinggi	: 24,458 in
- Jenis las	: Double welded butt joint
Ukuran tutup bawah	
- Jenis	: Standart dish head
- Tebal	: 5/16 in
- Tinggi	: 24,27 in
- Jenis las	: Double welded butt joint
Pengaduk	
- Jenis	: 6 blade disk turbin
- Jumlah blade	: 6
- Jumlah Pengaduk	: 2
- D Pengaduk	: 3,53 ft

- rpm	: 90 rpm
- Power Motor	: 6,56 Hp
Tekanan Design	: 19,26 psia
Jumlah	: 2

## 18. Tangki Penampung Produk Atas

Kode	: F – 317
Fungsi	: Menampung Produk Atas Reaktor Hidrolisa
Bentuk	: Silinder Tegak Dengan tutup atas dan bawah berentuk Standart dishead
Bahan	: Carbon steel SA 201 ,Grade 13
Kapasitas	: 545,52 ft <sup>3</sup>
Ukuran bejana	
- Diameter	: 88,77 in
- Tebal	: ¼ in
- Tinggi	: 14,314 ft
Ukuran tutup atas	
- Jenis	: Standart dishead
- Tebal	: ¼ in
- Tinggi	: 17,8 in
- Jenis las	: Double welded
Ukuran tutup bawah	
- - Jenis	: Standart Dishead
- Tebal	: 5/16
- Tinggi	: 1,486 ft
- Jenis las	: Double welded
Tekanan design	: 20,86 psi
Jumlah	: 1

## 19. Pompa Gliserol

Kode	: L - 441
Fungsi	: Memompa gliserol dari ekspander gliserol ke tangki penampung gliserol
Type	: Centrifugal pump
Kapasitas	: 3451,98 lb/jam
Bahan	: Cast iron
Jenis fluida	: Minyak jarak
Viskositas	: 2,217 cp
Head	: 16,46 lbf.ft/lbm
Power	: 0.5 Hp
Ukuran pipa	: 3" sch 40
Jumlah	: 1

## 20. Tangki Penampung Produk Bawah

Kode	: F - 319
Fungsi	: Menampung Produk Atas Reaktor Hidrolisa
Bentuk	: Silinder Tegak Dengan tutup atas konis flat pada pondasi
Bahan	: Carbon steel SA 201 ,Grade 13
Kapasitas	: 118,74 ft <sup>3</sup>
Ukuran bejana	
- Diameter	: 55,7 in
- Tebal	: ¼ in
- Tinggi	: 101,67 in
Ukuran tutup atas	
- Jenis	: Conis
- Tebal	: 0,75in
- Tinggi	: 15,4 in

- Jenis las	: Double welded
Ukuran tutup bawah	
- - Jenis	; Flat
- Tebal	: 0,75 in
- Jenis las	: Double welded
Tekanan design	: 20,86 psi
Jumlah	: 1

## 21. Pompa Reaktor Esterifikasi

Kode	: L - 441
Fungsi	: Memompa minyak ( asam lemak ) dari tangki : penampung produk atas ke reactor esterifikasi
Type	: Centrifugal pump
Kapasitas	: 36979,5 lb/jam
Bahan	: Cast iron
Jenis fluida	: Minyak jarak ( Asam Lemak )
Viskositas	: 2,217 cp
Head	: 15.079 lbf.ft/lbm
Power	: 0.5 Hp
Ukuran pipa	: 3" sch 40
Jumlah	: 2

## 22. Reaktor Esterifikasi

Kode	: R – 410
Fungsi	: Mereaksikan asam lemak (FFA) dengan TMP
Bentuk	: Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah Berbentuk standart dished head
Bahan	: Carbon steel SA-212 Grade A
Kapasitas	: 9160,862 lb/jam
Kondisi Operasi	:
- Suhu	: 200 <sup>0</sup> C
- Tekanan	: 14,7 psi
Ukuran bejana	
- Diameter	: 201,687 in in
- Tebal	: 5/16 in
- Tinggi	: 302,53 in
Ukuran tutup atas	
- Jenis	: Standart dished head
- Tebal	: 12/16 in
- Tinggi	: 36,03 in
- Jenis las	: Double welded butt joint
Ukuran tutup bawah	
- Jenis	: Standart dished head
- Tebal	: ½ in
- Tinggi	: 34,44 in
- Jenis las	: Double welded butt joint
Pengaduk	
- Jenis	: 6 blade dish turbin
- Jumlah blade	: 6 buah
- Jumlah Pengaduk	: 2 buah
- D Pengaduk	: 5,57 ft

- rpm	: 90 rpm
- Power Motor	: 5,61 Hp
Tekanan Design	: 26,08 psia
Jumlah Coil pemanas	: 2
L	: 401,9 ft <sup>2</sup>
Nc	: 85,33
Lc	: 16,4 ft

### 23. Cooler

Kode	: E - 419
Fungsi	: Mendinginkan base oil dari 220 <sup>0</sup> C menjadi 70 <sup>0</sup> C
Bahan	: Carbon steel SA 212 Grade A
Type	: 1-2 Shell and tube
Kapasitas shell	: 26661,8 lb/jam
Kapasitas tube	: 24970 lb/jam
Ukuran shell	: IDs = 37
Ukuran tube	: 1 in OD 10 BWG : 1 9/16 in square pitch

### 24. CENTRIFUGE

Kode	: H - 420
Fungsi	: Untuk memisahkan TMP ester dengan katalis ZnCl <sub>2</sub>
Type	: Nozzle Discharge
Kapasitas	: 377,63 lb/ft <sup>3</sup>
Diameter bowl	: 14 in
Inside Diameter	: 14 in
Kecepatan putar	: 10000 rpm
Power motor	: 20 Hp

**25. BAROMETRIK KONDENSOR**

Kode	: E- 416
Fungsi	: Menjaga kondisi vakum dan mengembunkan vapor dari reactor esterifikasi
Bahan	: Carbon steel SA 283 Grade B
Type	: Barometrik contac kondensor
Baffle	: 6 buah
Diameter	: 0,993
Tinggi	: 36, 2
Jumlah Air Pendingin	: 22,98 lb/jam
Jumlah Alat	: 1

MILIK  
PERPUSTAKAAN  
U P A I



## **BAB VI**

### **PERANCANGAN ALAT UTAMA**

#### **REAKTOR ESTERIFIKASI I (R-410)**

**Fungsi :** Tempat untuk mereaksikan Asam lemak (FA) dengan TMP agar diperoleh TMP Ester sebagai base oil

**Type :** Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standart dished head

**Kondisi :** Temperatur = 220 °C

Tekanan = -14.7 psi

**Bahan :** Carbon steel SA 201, Grade 13

f = 1500

sambungan las, dipilih tipe double welded butt joint

e = 0,8 (ASME, Tabel UW – 12)

factor korosi = 1/16

Tinggi Tangki ( Ls ) = 1,5 x Diameter Tangki

Waktu tinggal = 2 jam

**Data operasional :**

Tekanan	:	-1	atm	=	-14.7	psia
Suhu Operasional	:	220	°C			
Suhu Steam	:	148	°C			
Waktu Tinggal bahan	:	2	Jam			

Bahan Masuk	Kg/jam
TGS	267.4852
H <sub>2</sub> O	17.15968
FA	12984.2
MGS	9.674998
FFA	28.45588
TMP	2128.22
ZnCl	25.9684
<b>Total</b>	<b>15461.16</b>

$$\rho \text{ minyak} = 60,825 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\rho \text{ TMP} = 93,042 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\rho \text{ ZnCl}_2 = 21,475 \text{ ft}^3/\text{jamp}$$

$$P \text{ campuran} = 68,653 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$15461.16 \text{ kg/jam} = 34085.7 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Rate volumerik} = \text{rate bahan} / p \text{ bahan}$$

$$= 34085.7 / 68,653$$

$$= 496.492 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume bahan} = \text{laju alir reactor} \times \text{waktu tinggal}$$

$$= 496.492 \text{ ft}^3 / \text{jam} \times 2 \text{ jam}$$

$$= 992.984 \text{ ft}^3$$

Asumsi Volume ruang kosong 20% volume tangki

$$VT = \text{Volume liquid} + \text{Volume ruang kosong}$$

$$VT = 0,2 VT + 992.984 \text{ ft}^3$$

$$0,8 VT = 992.984 \text{ ft}^3$$

$$VT = 992.984 / 0,8$$

$$= 1241.23 \text{ ft}^3$$

### 1. Menentukan dimensi Tangki

Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dish head digunakan dimensi  $L_s/ID = 1,5$

$$\text{Volume silinder (Vs)} = \frac{\pi}{4} \times DI^2 \times L_s \quad \text{dimana } L_s = 1,5 DI$$

$$\text{Volume total} = V_s + 2 V \text{ dish}$$

$$1241.23 = 1,1786 DI^3 + 0,169DI^3$$

$$DI = 9.73133ft$$

$$= 116.776 in$$

**b. Perhitungan tinggi liquid dalam silinder ( Lls )**

$$\text{Volume liquid} = \frac{\eta}{4} x DI^2 x Lls$$

$$992.984ft^3 = 74.3386 x Lls$$

$$Lls = 13.3576 ft = 160.291in$$

Tekanan design

$$P1 = 0 psia = -14.7 psig$$

$$P2 = 14.7 psia = 0 psig$$

$$P \text{ teoritis} = P2 - P1 = 14.7 psig$$

**c. Tebal silinder**

Karena bejana dengan external pressure maka untuk menentukan tebal silinder dan tebal tutup di lakukan dengan trial, dimana ketentuannya adalah P allowable >

P teoritis, dimana  $\Delta P$  bernilai 10 – 20 %

$$Pallowable = \underline{B}$$

$$Do/ts.$$

$$Ts \text{ yang dicoba} = 13/16 in$$

$$Do/ts = 145.724$$

$$L/do = 1.47941$$

$$T = 450 F$$

Dengan menggunakan gambar 8.8 brunel&young

$$\text{Diperoleh Harga B} = 2400$$

$$Pallowable = 2400 / 145.724 = 16.47$$

$$\Delta P = \frac{16.47 - 14.7}{14.7} \times 100 \% = 12.03 \% \text{ ( memenuhi )}$$

$$Do \text{ baru} = 118.401 = 120 in$$

$$Di \text{ baru} = Do \text{ standart} - 2ts \\ = 118.375 in$$

$$Ls = 1.5 D = 177.563 in$$

**b. Menentukan tebal Tutup**

$$r = di - 6''$$

$$= 114$$

Ditrial tebal tutup 10/16

$$r/100_{th} = 114 / 100(10/16)$$

$$= 1.82$$

$$T = 450 \text{ F}$$

Diperoleh Harga B = 3100

$$\text{Pallowable} = 16.9956$$

$$\Delta P = 16.99 - 14.7/14.7 \times 100 \%$$

$$= 15.6\% \text{ (memenuhi)}$$

d. Tinggi Tutup

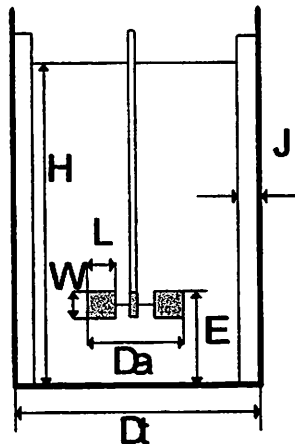
$$hb = Hb = 0.169 d$$

$$= 20.$$

e. Tinggi Tangki Total = Tinggi Tutup + Tinggi Silinder

$$= 217.573 \text{ in}$$

2. *Penentuan jumlah pengaduk*



$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{\text{tinggilinguid} \times \text{sg}}{\text{diameter tan gki}}$$

$$= \frac{12,36 \times 0,963}{9,78}$$

$$= 1,22$$

Ditetapkan menggunakan 2 buah pengaduk

Dimensi pengaduk

Dipakai jenis impeller disk turbin blade (Gean koplis hal 144) dengan

$$Da/Dt = 1/3$$

$$W/Da = 1/5$$

$$C/Dt = 1/3$$

$$J/Dt = 1/12$$

$$\text{Diameter impeller } Da = 1/3 \times 9,78 = 3,26 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar blade, } W = 1/5 \times 3,26 = 0,652 \text{ ft}$$

$$\text{Jarak impeller ke dasar tangki } C = 1/3 \times 9,78 = 3,26 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar baffle, } J = 1/12 \times 9,78 = 0,82 \text{ ft}$$

Ditetapkan kecepatan putaran 240 rpm jadi  $N = 4$  rps

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{\rho \times Da^2 \times N}{\mu} \\ &= \frac{68,632 \times 3,26^2 \times 2}{0,01} \\ &= 145.878,69 \end{aligned}$$

Dari figure 3.4-4 Geankoplis kurva 1 diperoleh  $N_p = 2$

$$\begin{aligned} P &= N^3 \times Da^5 \times N_p / gc \\ &= 2^3 \times 3,26^5 \times 2 / 32,174 \\ &= 1464,82 \text{ lbm ft/s} = 2.66 \text{ HP} \end{aligned}$$

Esisiensi motor 80%

$$\begin{aligned} P &= 2.66 \times 0,8 \\ &= 2 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Menentukan ukuran nozzle

1. Nozzle pada tutup atas :
  - Nozzle pengaduk
  - Nozzle material dari cooker
  - Nozzle larutan base oil
2. Nozzle pada silinder ( man hole )
3. Nozzle saluran produk

## Perhitungan

1. Nozzle pada tutup atas

a. Nozzle pengaduk : digunakan untuk standart = 2 in

b. Nozzle material dari reactor hidrolisa

$$p \text{ campuran} = 60.825 \text{ lb/ft}^3$$

$$M/ \text{larutan} = 34085.7 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Flow rate} = \frac{m}{p} = \frac{34085.7 \text{ lb/jam}}{60,825} = 496.492 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,138 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{DI optimum} &= 3,9 \times (\text{flow rate})^{0,45} \times (p \text{ campuran})^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,138)^{0,45} \times (60,825)^{0,13} \\ &= 2,728 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipakai pipa dengan ukuran 3" sch 40 (Gean koplis appA-5)

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in} = 0,29 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 3,068 \text{ in} = 0,256 \text{ ft}$$

$$A = \text{ft}^2$$

c. Nozzle larutan TMP

$$p \text{ tmp} = 93.642 \text{ lb/ft}^3$$

$$M/ \text{larutan} = 4690,59 \text{ lb/j}$$

$$\text{Flow rate} = \frac{m}{p} = \frac{4690.59}{93,642} = 50 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,0139 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{DI optimum} &= 3,9 \times (\text{flow rate})^{0,45} \times (p \text{ campuran})^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,0139)^{0,45} \times (93,642)^{0,13} \\ &= 1,027 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipakai pipa dengan ukuran 3" sch 40 (Gean koplis appA-5)

$$\text{OD} = 1.25 \text{ in} = 0,0087 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 1,10 \text{ in} = 0,0 \text{ ft}$$

$$A = 0,0072 \text{ ft}^2$$

d. Nozzle katalis  $\text{ZnCl}_2$

$$p \text{ tmp} = 21,475 \text{ lb/ft}^3$$

$$M/ \text{larutan} = 57.23 \text{ lb/j}$$

$$\text{Flow rate} = \frac{m}{p} = \frac{57.233}{21,475} = 2,66 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,00075 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{DI optimum} &= 3,9 \times (\text{flow rate})^{0,45} \times (\text{p campuran})^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,00075)^{0,45} \times (21,475)^{0,13} \\ &= 0,107 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipakai pipa dengan ukuran 3" sch 40 (Gean koplis appA-5)

$$\text{OD} = 0,405 \text{ in} = 0,034 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 0,269 \text{ in} = 0,0224 \text{ ft}$$

$$A = 0,0004 \text{ ft}^2$$

2. Nozzle pada man hole : digunakan ukuran standart = 2 in

3.. Nozzle saluran produk

$$P \text{ campuran} = 68.653 \text{ lb/ft}^3$$

$$M/\text{larutan} = 33983,33 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Flow rate} = \frac{m}{p} = \frac{33983,33}{68,653} = 495 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,138 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{DI optimum} &= 3,9 \times (\text{flow rate})^{0,45} \times (\text{p campuran})^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,138)^{0,45} \times (68,653)^{0,13} \\ &= 2,77 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipakai pipa dengan ukuran 3" sch 40 (Gean koplis appA-5)

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in} = 0,291 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 3,068 \text{ in} = 0,256 \text{ ft}$$

$$A = 0,051 \text{ ft}^2$$

Perhitungan system penguat

1. Nozzle untuk tutup atas

2.  $D_i = D_i$  liquid masuk

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

$$D_o = 1,9 \text{ in}$$

• Volume liquid tutup bawah =  $0.0847 D^3 = 81,23 \text{ ft}^3$

• Volume liquid dalam silinder ( $V_1$ ) = volume liquid – volume liquid bawah :

$$= 992.984 \text{ ft}^3 - 81,23$$

$$= 911.75 \text{ft}^3$$

- Hls = 13.3576 ft
  - Tinggi tutup bawah = 20 in = 1.66 ft
- Tinggi tangki total = 217.573 in = 18.13 ft

$$t_n = \frac{Don - Din}{2} = \frac{1,9 - 1,61}{2} = 0,145 \text{ in}$$

$$P \text{ desain} = 26,08 \text{ psia}$$

$$DI \text{ silinder} = 200.758 \text{ in} = 16,729$$

$$Trs = \frac{P_{desain} \cdot DI_{silinder}}{2(fe - 0,6P_{desain})} = \frac{26,08 \times 200,758}{2(18.750 \times 0,8 - 0,6 \times 26,08)} = 0,174 \text{ in}$$

$$Trm = \frac{P_{desain} \times Din}{2(fe - 0,6P_{desain})} = \frac{26,08 \times 1,61}{2(18.750 \times 0,8 - 0,6 \times 26,08)} = 0,0014 \text{ in}$$

Sebelum diberi penguat didapat  $dp = tp = 0$

$$A = Din \times trs$$

$$= 1,61 \times 0,174 = 0,28 \text{ in}^2$$

$$A1 = (ts - trs - C) \times Din$$

$$= (5/16 - 0,174 - 1/16) \times 1,61 = 0,122 \text{ in}^2$$

$$A2 = 2(tn - trm - C) \times (2,25 tn \times tp)$$

$$= 2((0,145 - 0,0014 - 1/16) - (2,25 \times 0,145 \times 0))$$

$$= 0,162 \text{ in}^2$$

$A(0,28 \text{ in}^2) < A1 + A2(0,2842 \text{ in}^2)$  jadi tidak perlu penguat

## 2. Nozzle pada silinder

Jika OD man hole = 20 in, mak untuk pipa ukuran 20 sch 40 didapat :

- OD = 20 in = 1,6667 ft
- ID = 18,814 in = 1,56 ft
- Din = 18,814 in = 1,56 ft
- Don = 20 in = 1,6667 ft

$$t_n = \frac{Don - Din}{2} = \frac{1,667 - 1,56}{2} = 0,0722 \text{ ft} = 1,186 \text{ in}$$

$$P \text{ desain} = 26,08 \text{ psia}$$

$$Di \text{ silinder} = 200.758 \text{ in} = 16,729 \text{ ft}$$



$$t_{rs} = \frac{P_{desain} \cdot D_{silinder}}{2(f_e - 0,6 \cdot P_{desain})} = \frac{26,08 \times 200,758}{2(18.750 \times 0,8 - 0,6 \times 26,08)} = 0,174 \text{ in}$$

$$t_{rn} = \frac{P_{desain} \times D_{in}}{2(f_e - 0,6 \cdot P_{desain})} = \frac{26,08 \times 1,56}{2(18.750 \times 0,8 - 0,6 \times 26,08)} = 0,0013 \text{ in}$$

Sebelum diberi penguat didapat  $d_p = t_p = 0$

$$A = D_{in} \times t_{rs}$$

$$= 2,067 \times 0,174 = 0,359 \text{ in}^2$$

$$A_1 = (t_s - t_{rs} - C) \times D_{in}$$

$$= (5/16 - 0,174 - 1/16) \times 20 = 1,52 \text{ in}^2$$

$$A_2 = 2(t_n - t_{rn} - C) \times (2,25 t_n \times t_p)$$

$$= 2((1,186 - 0,0013 - 1/16) - (2,25 \times 0,145 \times 0))$$

$$= 2,24 \text{ in}^2$$

$A (0,359 \text{ in}^2) < A_1 + A_2 (3,764 \text{ in}^2)$  jadi tidak perlu penguat

## 2. Nozzle saluran produk

Jika OD = 20 in, mak untuk pipa ukuran 20 sch 40 didapat :

- OD = 2,375 in = 0,1979 ft
- ID = 2,067 in = 0,1723 ft
- Din = 2,067 in = 0,1723 ft
- Don = 2,375 in = 0,1979 ft
- A = 3,356 in<sup>2</sup> = 0,2797 ft<sup>2</sup>

$$t_n = \frac{Don - Din}{2} = \frac{0,1979 - 0,1723}{2} = 0,0128 \text{ ft} = 0,1536 \text{ in}$$

$$P_{desain} = 26,08 \text{ psa}$$

$$D_{silinder} = 221,5 \text{ in} = 18,46 \text{ ft}$$

$$t_{rs} = \frac{P_{desain} \cdot D_{silinder}}{2(f_e - 0,6 \cdot P_{desain})} = \frac{26,08 \times 221,5}{2(18.750 \times 0,8 - 0,6 \times 26,08)} = 0,174 \text{ in}$$

$$t_{rn} = \frac{P_{desain} \times D_{in}}{2(f_e - 0,6 \cdot P_{desain})} = \frac{26,08 \times 2,067}{2(18.750 \times 0,8 - 0,6 \times 26,08)} = 0,00179 \text{ in}$$

Sebelum diberi penguat didapat  $d_p = t_p = 0$

$$A = D_{in} \times t_{rs}$$

$$= 2,067 \times 0,174 = 0,359 \text{ in}^2$$

$$A1 = (ts - trs - C) \times Din$$

$$= (5/16 - 0,174 - 1/16) \times 18,814 = 1,43 \text{ in}^2$$

$$A2 = 2 (tn - tm - C) \times (2,25 tn \times tp)$$

$$= 2 ((0,1536 - 0,00179 - 1/16) - (2,25 \times 0,145 \times 0))$$

$$= 0,178 \text{ in}^2$$

$$A (0,359 \text{ in}^2) < A1 + A2 (1,607 \text{ in}^2) \text{ jadi tidak perlu penguat}$$

$$= 0,08935 \text{ in}$$

### 5. Sistem Penyangga (Supports)

Sebagai penyangga digunakan sistem lugs, sehingga berlaku rumus:

$$P = \frac{4 \cdot Pw \cdot (H - L)}{\pi \cdot Dbc} - \frac{\sum W}{n} \quad (\text{pers. 10.76, hal197, Brownell and Young})$$

Dimana:

$Pw$  = Total beban permukaan karena angin

$H$  = tinggi vessel dari pondasi

$L$  = Jarak antara level dengan dasar pondasi

$Dbc$  = Diameter

$n$  = jumlah support

$\sum W$  = Total berat reaktor dengan aksesorisnya

$P$  = Beban kompresi maksimum untuk tiap lugs

Dalam perencanaan ini pengaruh angin dapat diabaikan karena vessel terletak didalam ruangan, sehingga rumus diatas menjadi:

$$P = \frac{\sum W}{n}$$

Dimana:

$n$  = jumlah lugs, dipakai 4 buah

Beban yang terdapat dalam tangki yang harus ada terdiri dari :

1. beban bejana kosong ( silinder)
2. beban berat dalam tangki
3. berat tutup atas
4. berat tutup bawah
5. berat aksesoris

1. Perhitungan untuk bejana kosong ( $W_s$ )

$$DI \text{ standart} = 118.375 \text{ in} = 9.864 \text{ ft}$$

$$L_s = 177.563 \text{ in} = 14.79 \text{ ft}$$

$$P \text{ larutan} = 68.653 \text{ lb/ft}^3$$

$$W_s = \pi/4 (DO^2 - DI^2) \cdot \rho \cdot H_s$$

$$= \pi/4 (10^2 - 9.864^2) \times 68,653 \times 14.79 = 2153.29 \text{ lb}$$

2. berat beban dalam tangki ( $W_i$ )

$$W_i = m \times \Phi$$

$$= 15461.16 \times 2 \text{ jam} = 30922.3 \text{ lb}$$

3. Berat tutup atas ( $W_{da}$ )

$$W_{da} = A \times t_h \times \rho$$

$$= \text{luas tutup atas} \times$$

$$= 6,28 \times 1 \times h$$

$$= 6,28 \times 102 \times 32,1478 = 20.592,59$$

$$W_{da} = 20.592,59 \times 12/16 \times 68,653 = 1060307,3 \text{ lb}$$

4. Berat tutup bawah ( $W_{db}$ )

$$W_{db} = A \times t_h \times \rho$$

$$= 20.592,59 \times \frac{1}{2} \times 68,653 = 706871,54 \text{ lb}$$

5. Berat aksesoris

$$W_s = 18\% \times W_s$$

$$= 18\% \times 4578,59 = 824,146 \text{ lb}$$

$$\text{sehingga berat total ( } W_c \text{ )} = 1.768.002,986$$

untuk factor keamanan diambil 10% lebih

$$W_t = W_c + (10\% \times W_c)$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.768.002,986 + (10\% \times 1.768.002,986) \\
 &= 1.768.002,986 + 176.800,299 \\
 &= 1.944.803,285 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Jadi:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{W_{\max}}{n} \\
 &= \frac{1.944.803,285}{4} = 486,200.8 \text{ lb} = 1069641.8 \text{ Kg.}
 \end{aligned}$$

### 7. Perancangan Kolom Penyangga

Beban tiap kolom adalah 63721,76637 lb, maka direncanakan jarak kolom dengan lantai ( I ) = 5ft

#### a. Menentukan tinggi kolom ( L )

Panjang kolom penyangga :

$$L = 0,5 H + I$$

Dimana :

$$H = \text{tinggi Reaktor} = 7,33 \text{ ft} = 88 \text{ in}$$

$$L = 0,5 ( 7,33 \text{ ft} ) + 5$$

$$= 8,665 \text{ ft}$$

$$= 103,98 \text{ in}$$

#### b. Trial ukuran I beam

Ukuran I beam dicoba 5 in ukuran berat 5 × 3 in dengan beban beba 35 lb/ft.

Dari Brownell & Young, App. G, hal 355, didapatkan :

$$b = 3,284 \text{ in}$$

$$h = 5 \text{ in}$$

$$A_y = 4,29 \text{ in}^2$$

$$r_{1-1} = 1,87 \text{ in}$$

Maka :

$$\frac{L}{r_{1-1}} = \frac{103,98}{1,87}$$

$$= 55,6042$$

$$F_c = 17000 - 0,485 (L / r_{1-1})^2$$

$$= 17000 - 0,485 (55,6042)^2$$

$$= 15500,464 \text{ lb/in}^2$$

$$\text{Luas ( A ) yang dibutuhkan} = \frac{63721,76637}{15500,464}$$

$$= 4,0109 \text{ in}^2$$

Karena A yang dibutuhkan < A yang tersedia, maka I beam dengan ukuran 5 in ,5 × 3 in beban 35 lb/ft telah memenuhi.

## 8. Perencanaan Base Plate.

### a. Menentukan luas base plate

Perancangan :

Dibuat base palate dengan toleransi panjang adalah 5% dan toleransi

lebar 20% ( Hesse,hal 16 )

Digunakan besi cor sebagai bahan kontrusi dari plate

Dasar perhitungan :

$$A_{bp} = \frac{P}{f_{bp}}$$

Dimana:

$Abp$  = luas base plate,  $in^2$ .

$P$  = beban tiap base plate = 63721,76637 lb

$fbp$  = stress yang diterima oleh pondasi yang terbuat dari beton.

= 600 lb/ $in^2$ . (Hesse, tabel 7.7, hal. 162)

Sehingga,

$$Abp = \frac{63721,76637 \text{ lb}}{600 \text{ lb}/in^2}$$

$$= 106,2029 \text{ in}^2.$$

**b. Panjang dan lebar base plate**

Rumus:

$$Abp = p \times l$$

Dimana:

$$Abp = \text{luas base plate} = 106,2029 \text{ in}^2$$

$$p = \text{panjang base plate, in} = 2 \text{ m} + 0,95 \text{ h.}$$

$$l = \text{lebar base plate, in} = 2 \text{ n} + 0,8 \text{ b.}$$

diasumsikan  $m = n$  (Hesse, hal 163)

Dengan I beam 18 x 6 diperoleh:

$$h = 5 \text{ in.}$$

$$b = 3,284 \text{ in.}$$

Maka :

$$Abp = (2 \text{ m} + 0,95 \text{ h}) \times (2 \text{ n} + 0,8 \text{ b})$$

$$106,2029 = (2 \text{ m} + 0,95 (5)) \times (2 \text{ n} + 0,8 (3,284))$$

$$106,2029 = (2 \text{ m} + 4,75) (2 \text{ m} + 2,6272)$$

$$= 4 \text{ m}^2 + 14,7544 \text{ m} + 12,4792$$

$$0 = 4 m^2 + 14,7544 m - 93,7237$$

Dengan menggunakan rumus abc, maka:

$$\begin{aligned} m_{1,2} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= \frac{-(14,7544) \pm \sqrt{(14,7544)^2 - 4(4)(-93,7237)}}{2(4)} \\ &= \frac{-(14,7544) \pm 41,44}{8} \\ &= 3,3357 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Panjang base plate ( p )} &= 2m + 0,95h \\ &= 2 ( 3,3357 ) + 0,95 ( 5 ) \\ &= 11,4214 \text{ in} \approx 12 \text{ in.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar base plate} &= 2n + 0,8b \\ &= 2 ( 3,3375 ) + 0,8 ( 3,284 ) \\ &= 9,3022 \approx 10 \text{ in.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan panjang base plate 12 in dan lebar base plate 10 in, maka ditetapkan ukuran base plate yang digunakan adalah

$$12 \times 10 \text{ dengan luas ( A )} = 120 \text{ in}^2$$

Peninjauan terhadap m dan n

Panjang base plate ( P )

$$P = 2 m + 0,95 h$$

$$12 = 2 m + ( 0,95 \times 10 )$$

$$m = 1,25$$

Lebar base plate ( I )

$$I = 2n + 0,8 b$$

$$10 = 2n + ( 0,8 \times 3,284 )$$

$$n = 3,6864$$

Karena harga  $m < n$ , maka tebal base plate dihitung berdasarkan harga  $n$ .

c. Tebal base plate

$$t = \sqrt{0,00015 \cdot F \cdot n^2} \quad (\text{Hesse, pers. 7.12, hal. 163})$$

Dimana:

$t$  = tebal base plate, in.

$F$  = beban yang harus ditahan = 63721,76637 lb/ in<sup>2</sup>.

$n$  = 3,6864 in.

Sehingga,

$$\begin{aligned} t &= \sqrt{0,00015 \cdot F \cdot n^2} \\ &= \sqrt{0,00015 \cdot (63721,76637) \cdot (3,6864)^2} \\ &= 2,8601 \text{ in} \approx 3 \text{ in.} \end{aligned}$$

Jadi digunakan tebal base plate = 3 in.

d. Menentukan ukuran baut.

$p$  = Beban baut = 63721,76637 lb.

$n$  = Jumlah baut yang digunakan = 4 buah.

$P_{\text{baut}}$  = Beban tiap baut



$$\text{Beban tiap baut} = \frac{P}{n_{\text{baut}}} = \frac{63721,766637}{4} = 15930,44166 \text{ lb.}$$

Menentukan luas baut ( $A_{\text{baut}}$ ) =

$$A_{\text{baut}} = \frac{P_{\text{baut}}}{f_{\text{baut}}}$$

Dimana:

$A_{\text{baut}}$  = luas baut

$P_{\text{baut}}$  = beban tiap baut = 15930,44166 lb.

$F_{\text{baut}}$  = stress maksimal tiap baut = 12000 lb/in<sup>2</sup>

Maka,

$$\begin{aligned} A_{\text{baut}} &= \frac{15930,44166 \text{ lb.}}{12.000 \text{ psi}} \\ &= 1,32754 \text{ in}^2. \end{aligned}$$

$$A_{\text{baut}} = \frac{1}{4} \times \pi \times db^2$$

$$1,3275 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times db^2$$

$$db = 1,3 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young, tabel 10.4, hal. 188 diperoleh ukuran baut in dengan dimensi baut sebagai berikut :

- Ukuran baut =  $1 \frac{7}{8}$  in.
- Root area = 2,094 in.
- Bolt spacing min = 4 in
- Min radial distance =  $2 \frac{3}{8}$  in.

- Edge distance ( E )      =  $1 \frac{7}{8}$  in.
- Nut dimension              =  $1 \frac{15}{16}$  in.
- Max filled radius         =  $\frac{5}{8}$  in.

### 9. Menentukan dimensi lug dan Gusset

#### Perancangan lug dan Gusset :

Digunakan 2 buah plat horizontal ( untuk lug ) dan 2 buah plat vertical untuk gusset.

#### Dasar perhitungan :

##### a. Lebar Lug

$$A = \text{lebar lug} = \text{ukuran baut} + 9 \text{ in.}$$

$$= 1 \frac{7}{8} + 9 \text{ in}$$

$$= 10,875 \text{ in}$$

$$B = \text{jarak antar gusset} = \text{ukuran baut} + 8 \text{ in.}$$

$$= 1 \frac{7}{8} + 8 \text{ in}$$

$$= 9,875 \text{ in}$$

##### b. Lebar Gusset

$$L = \text{lebar gusset} = 2 ( \text{lebar kolom} - 0,5 \times \text{ukuran baut} )$$

$$= 2 ( 10 - 0,5 ( 1 \frac{7}{8} ) )$$

$$= 19,125 \text{ in.}$$

$$\text{Lebar lug atas} = a = 0,5 ( L + \text{ukuran baut} )$$

$$= 0,5 \left( 12 + 1 \frac{7}{8} \right)$$

$$= 6,4375 \text{ in.}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan tebal base plate} &= \frac{B}{L} \\ &= \frac{9,875}{19,125} = 0,5163 \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, tabel 10.6, hal. 192 diperoleh  $\gamma_1 = 0,565$

$e = 0,5 \times \text{nut dimension}$

$$= 0,5 \times 1,875 = 0,9375 \text{ in.}$$

**c. Tebal plat horizontal ( hp = Lug )**

Menentukan maksimum bending moment sepanjang sumbu radial.

Dari persamaan 10.41, hal. 192, Brownell & Young.

$$M_Y = \frac{P}{4 \cdot \pi} \left[ (1 + \mu) \times \ln \frac{2L}{2 \cdot \pi e} + (1 - \gamma_1) \right]$$

Dimana:

$M_Y$  = maksimum bending moment sepanjang sumbu radial.

$P$  = beban tiap baut = 15930,44166 lb.

$\mu$  = poisson's ratio = 0,33 ( steel ).

$L$  = panjang horizontal plate bawah = 19,125 in.

$e$  = nut dimension = 1,875 in.

$\gamma_1 = 0,565$

Jadi:

$$M_Y = \frac{15930,44166}{4 \cdot \pi} \left[ (1 + 0,33) \times \ln \frac{2(19,125)}{2 \cdot \pi (1,875)} + (1 - 0,565) \right]$$

$$= 2538,9013 \text{ lb.}$$

$M_Y$  disubstitusikan ke persamaan 10.41, hal. 193, Brownell & Young.

$$t_{hp} = \sqrt{\frac{6 \times M_y}{f}}$$

$$t_{hp} = \sqrt{\frac{6 \times 2538,9013}{12000}}$$

$$= 1,1266 \text{ in.}$$

d. Tebal plat vertical ( gusset )

Dari Brownell & Young, fig. 10.6, hal. 191 pers 10.47 hal 194

diperoleh :

$$\text{Gusset minimal} = \frac{3}{8} \times t_{hp}$$

$$= \frac{3}{8} \times 1,1266$$

$$= 0,4224 \text{ in.}$$

e. Tinggi guset = hg = A + ukuran baut

$$= 10,875 + 1\frac{7}{8} = 12,75 \text{ in}$$

f. Tinggi lug = hg + 2 thp

$$= 12,75 + 2 ( 1,1266 ) = 15,0032 \text{ in.}$$

## 10. Dimensi Pondasi

Pondasi terdiri dari beban dengan kandungan air 2 US gall per 94 lb sack semen ( dari Brownell & Young, tabel 10.1 hal 184 )

Beban total yang harus ditahan pondasi

- Berat bejana beban total
- Berat kolom penyangga
- Berat bese plate

Ditentukan :

- Masing-masing kolom penyangga diberi pondasi
- Spesifikasi pondasi didasarkan atas berat beban setiap kolom penyangga pada sistem pondasi
- Spesifikasi semua penyangga sama

Gaya yang bekerja pada pondasi dianggap sebagai gaya vertikal berat total reaktor, sedangkan dibagian kerja dianggap bujur sangkar dengan perencanaan ukuran :

Luas untuk pondasi = luas pondasi atas

$$= 40 \text{ in} \times 40 \text{ in}$$

$$= 1600 \text{ in}^2$$

Luas untuk dasar pondasi = luas pondasi bawah

$$= 60 \text{ in} \times 60 \text{ in}$$

$$= 3600 \text{ in}^2$$

Tinggi pondasi = 32 in

$$\text{Luas rata-rata ( A )} = \frac{1}{2} ( 40^2 \text{ in} + 60^2 \text{ in} )$$

$$= 2600 \text{ in}^2$$

Volume pondasi ( Vp ) = 2600 in<sup>2</sup> × 32 in

$$= 83200 \text{ in}^3$$

Densitas untuk gravel = 196 lb/ft<sup>3</sup>

(Perry's 6<sup>th</sup> tabel 3-118)

Maka :

$$\begin{aligned} W_{\text{pondasi}} &= V \times \rho \\ &= 83200 \text{ in}^3 \times 196 \text{ lb/ft}^3 \times 5,787 \cdot 10^{-4} \\ &= 9436,98 \text{ lb} \end{aligned}$$

Berat total keseluruhan :

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= 63721,76637 \text{ lb} + 9436,98 \text{ lb} \\ &= 73158,74637 \text{ lb} \end{aligned}$$

Tekanan Tanah

Pondasi didirikan diatas semen sand dan gravel dengan :

Minimum safe bearing power = 5 ton/ft<sup>3</sup>

Maksimum safe bearing power = 10 ton/ft<sup>3</sup>

(Hesse, tabel 12.2 hal, 224)

Kemampuan tanah menahan tekanan sebesar :

$$\begin{aligned} P &= 5 \text{ ton/ft}^3 \times \frac{2240 \text{ lb}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ ft}}{108 \text{ in}^2} \\ &= 103,70 \text{ lb/in}^2 \end{aligned}$$

Tekanan dari sistem pondasi terhadap tekanan luas tanah ( P )

$$\begin{aligned} P &= \frac{W_{\text{total}}}{A} \\ &= \frac{73158,74637 \text{ lb}}{2600 \text{ in}^2} \\ &= 28,1379 \text{ lb/in}^2 < 103,70 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

Kesimpulan :

Karena tekanan yang diberikan pada tanah lebih kecil dari kemampuan tanah menahan tekanan, maka pondasi dengan ( 40 × 40 )in untuk luas atas, ( 60 × 60 )in untuk luas bawah dan tinggi pondasi 32 in dapat digunakan ( aman ).

### **Kesimpulan Dimensi Reaktor :**

#### **Bagian Silinder:**

- Bahan = SA 240 Grade M Type 316
- do = 42 in.
- di = 41,624 in.
- ts =  $\frac{3}{16}$  in.

#### **Bagian Tutup :**

- Tutup = standard dished head
- th =  $\frac{3}{16}$  in.
- Tinggi tutup = 8 in

#### **Bagian pipa ( Tube ) :**

- Bahan = SA 240 Grade M Type 316
- Ukuran = 1 in Sch 240
- di = 1,270 in.
- do = 1,315 in.
- A = 1,1699 in<sup>2</sup>
- Pt = 1,6437 in.

- Nt = 924 buah.

Tinggi Reaktor = 88 in = 7,33 ft

### Sambungan head dan shell

#### A. Bagian Flange

Bahan : High – Alloy SA 240 grade M tipe 316

Tebal = 0,70285 in

OD = 43,4057 in

Type flange : Ring Hange Loss Type

#### B. Bagian Bolting

Bahan : Carbon Steel SA 193 Grade B8t

Ukuran = 1 in

Jumlah = 5 buah

Bolt circle diameter = 43,2807 in

Edge distance =  $1 \frac{1}{16}$  in

Minimum radial distance =  $1 \frac{3}{8}$  in

#### a. Bagian Gasket

Bahan : Flat metal, jacketed, asbestos filled.

Tebal =  $1 \frac{1}{16}$  in

Lebar = 0,08935 in

#### 4. Lug

- Lebar = 10,875 in.



- Tebal = 1,1266 in.
- Tinggi = 15,0032 in.

#### 5. Gusset

- Lebar = 19,125 in.
- Tebal = 0,4224 in.
- Tinggi = 12,75 in.

#### 6. Base plate

- Panjang = 12 in.
- Lebar = 10 in.
- Tebal = 3 in.

#### 7. Pondasi

- Tinggi = 32 in.
- Luas atas = 40 in × 40 in  
= 1600 in<sup>2</sup>
- Luas bawah = 60 in × 60 in  
= 3600 in<sup>2</sup>

#### **4. Menghitung tegangan dan perlengkapan**

➤ Menghitung leg

$\Sigma W$  = Berat total tangki + berat liquid + perlengkapan tangki

Asumsi :

Berat liquid = berat total tangki = perlengkapan tangki

Berat tangki = 34584,84 lb/jam

Sehingga

$$\Sigma W = 34584,84 \text{ lb} \times 2 \text{ jam} = 69169,68 \text{ lb}$$

Jumlah leg 4 buah dan bentuknya I beam

$$\begin{aligned} H &= \text{tinggi tutup atas} + \text{tinggi silinder} + \text{tinggi tutup bawah} \\ &= 34 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l &= \frac{1}{2}H + 2.55 \text{ ft} \\ &= \frac{1}{2}(34) + 2,5 \text{ ft} \\ &= 19.5 \text{ ft} = 234 \text{ in} \end{aligned}$$

Trial 1

Digunakan leg bentuk beam untuk 8" berat 23

$$A = 6,71 \text{ in}^2$$

$$\text{Axis} = 2-2$$

$$R = 0,81$$

$$\frac{L}{r} = 234/0.81 = 288,9 \text{ in}$$

$$F_c = \frac{18000}{1 + \frac{\left(\frac{l}{r}\right)^2}{18000}} = \frac{18000}{1 + \frac{(288.9)^2}{18000}} = 3193,187 \text{ psia}$$

$F_c$  memadai karena  $F_c < 15000 \text{ psia}$

$$P = \frac{\Sigma W}{n} = \frac{69169,68}{4} = 17292,42 \text{ lb}$$

$$A = \frac{P}{F_c} = 17292 / 3193,187 = 5,415 \text{ in}^2$$

Jadi :  $A_{\text{perhitungan}} = 5,415 \text{ in}^2$

$$A_{\text{tersedia}} = 6,71 \text{ in}^2$$

$A_{\text{perhitungan}} < A_{\text{tersedia}}$

$$\text{Efisiensi } A = \frac{A_{\text{tersedia}} - A_{\text{perhitungan}}}{A_{\text{tersedia}}}$$

$$\text{Efisiensi } A = \frac{6,71 - 4,78}{6,71} \times 100\% = 28,76 \%$$

Trial 2

$$A = 4,29 \text{ in}^2$$

$$r = 0,63$$

$$\frac{L}{r} = \frac{219,9}{0,63} = 349,04 \text{ in}$$

$$F_c = \frac{18000}{1 + \frac{\left(\frac{L}{r}\right)^2}{18000}} = \frac{18000}{1 + \frac{(349,04)^2}{18000}} = 2659,57 \text{ psia}$$

$F_c$  memadai karena  $F_c < 15000$  psia

$$P = \frac{\sum W}{n} = \frac{69169,68}{4} = 9160,862 \text{ lb}$$

$$A = \frac{P}{F_c} = \frac{9160,862}{2659,57} = 4,26 \text{ in}^2$$

Jadi :  $A$  perhitungan =  $4,26 \text{ in}^2$

$A$  tersedia =  $4,29 \text{ in}^2$

$A$  perhitungan  $<$   $A$  tersedia

$$\text{Efisiensi } A = \frac{A_{\text{tersedia}} - A_{\text{perhitungan}}}{A_{\text{tersedia}}}$$

$$\text{Efisiensi } A = \frac{4,29 - 4,26}{4,29} \times 100\% = 0,69\%$$

Dianjurkan  $A$  perhitungan  $<$   $A$  tersedia dengan efisiensi  $A \pm 1\%$

#### 1. Menghitung base plate

Pondasi yang digunakan adalah sandstone dengan  $f = 400$  psia dan penyangga yang digunakan berbentuk beam,  $I = 1,7$  in,  $r = 0,63$  in

$$P = 0,95 h + 2 m$$

$$L = 0,8 b + 2 n$$

Dengan :  $h = \text{dept of beam} = 5$

$$B = \text{width of flange} = 3,284$$

$$A = \frac{P}{f} = \frac{9160,862}{400} = 28,38 \text{ in}^2$$

Asumsi  $m = n$

$$\begin{aligned}
 A &= (0,95h + 2m)(0,8b + 2n) \\
 28,8 &= (0,95 \times 5 + 2m)(0,8 \times 3,284 + 2m) \\
 28,8 &= (4,75 + 2m)(2,627 + 2m) \\
 28,8 &= 12,47 + 9,5m + 5,25m + 4m^2 \\
 4m^2 + 14,75m - 16,33 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_{1,2} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-14,75 \pm \sqrt{14,75^2 - 4 \cdot 4(-16,33)}}{2 \cdot 4} \\
 &= \frac{-14,75 \pm 21,88}{8}
 \end{aligned}$$

$$m_1 = 0,89 \text{ in}$$

$$m_2 = -4,58 \text{ in}$$

$$P = (0,95h + 2m) = (0,95 \times 5 + 2 \times 0,89) = 6,53 = 7 \text{ in } (0,5833 \text{ ft})$$

$$L = (0,8b + 2m) = (0,8 \times 3,284 + 2 \times 0,89) = 4,407 \text{ in} = 5 \text{ in } (0,417 \text{ ft})$$

$$\text{Jadi : } A = P \times L$$

$$= 7 \times 5 = 35 \text{ in}^2$$

Perhitungan kembali harga m dan n

$$P = 0,95h + 2m$$

$$P = 0,8h + 2n$$

$$7 = 0,95 \times 5 + 2m$$

$$5 = 0,8 \times 5 + 2n$$

$$m = 1,125$$

$$n = 1,186$$

## 2. Perhitungan Tebal base plate

$$P = \frac{P_{tiapleg}}{A_{yangtersedia}} = \frac{9160,862}{35} = 324,37 \text{ lb/in}^2$$

$$\begin{aligned}
 T_{bp} &= \sqrt{0,00015 \times p \times n} \\
 &= \sqrt{0,00015 \times 324,37 \times 1,186} = 0,24 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$T_{bp \text{ standart}} = 0,24 \times \frac{16}{16} = \frac{3,84}{16} = \frac{1}{4}$$

## 3. Dimensi baut

Asumsi : jumlah baut 4 buah terbuat dari baja dengan harga f = 12.000 psia

$$P (\text{beban tiap baut}) = \frac{P}{nbaut} = \frac{9160.862}{4} = 2838,26 \text{ lb}$$

$$A_{baut} = \frac{P_{baut}}{f_{baut}} = \frac{2838,26}{12.000} = 0,237 \text{ in}^2$$

$$D_{baut} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,237}{3,14}} = 0,549$$

$$D_{baut} = \text{standart} = 0,529 \times \frac{16}{16} = \frac{5}{8} \text{ in}$$

Dari table brownel & young hal 188 pada  $D_b = 5/8$  in diperoleh  $A = 0,202 \text{ in}^2$

#### 4. Lug

Penyangga untuk lug bentuk dengan ukuran 5 in berat 14,7 axis 2-2 dengan  $A = 4,29 \text{ in}$ ,  $b = 3,284 \text{ in}$

Plate horizontal atas :

$$P = h + 2D_b = 4,29 + 2 \times 0,549 = 5,388 \text{ in}$$

$$L = b + 2D_b = 3,284 + 2 \times 0,549 = 4,382 \text{ in}$$

Plate horizontal bawah :

$$b = \frac{1}{2} \times p$$

$$= \frac{1}{2} \times 5,88 = 2,694 \text{ in}$$

$$l = 4,382 \text{ in}$$

Tebal horizontal plate

$$Th_p = \sqrt{\frac{6My}{f_{all}}}$$

Dengan –  $Th_p$  = tebal horizontal plate

-  $My$  = jumlah momen punter baut, in.lb

-  $f_{all}$  = allowable stress material baut, lb/in<sup>2</sup>

$$My = \frac{P}{4\pi} \left( (1 + \mu) \left( \ln \frac{2l}{e\pi} \right) + (1 - \gamma) \right) \text{ pers 10.40 B \& Y hal 192}$$

Dengan :

$P$  : beban yang dapat ditahan oleh baut, lb

$A$  : voot rate baut, 0126 in<sup>2</sup>

$M$  : position ratio, untuk baja stell, 0,33

$l$  : panjang horizontal plate bawah, 4, 172 in

$e = \frac{1}{2}$  nut dimension, table 10.4 B & Y hal 188

$\gamma$  = konstanta dari perhitungan momen ( table 10.6 B & Y hal 192)

$P = f_{all} \cdot A$

$$= 12.000 \times 0,126 = 1512$$

dari table 10.4 B&Y hal 188  $D_b = 5/8$  didapat dimension =  $1 \frac{1}{16}$  in sehingga

$$e = 5/8 \times 1 \frac{1}{16} = 0,66 \text{ in}$$

$$\frac{b}{l} = \frac{3,284}{4,317} = 0,7606 = 1 \text{ in}$$

Dari table 10.6 hal 192 pada  $\frac{b}{l} = 1$  in di dapat  $\gamma = 0,565$

Sehingga :

$$\begin{aligned} M_y &= \frac{P}{4\pi} \left( (1 + \mu) \left( \ln \frac{2l}{e\pi} \right) + (1 - \gamma) \right) \\ &= \frac{1512}{4 \times 3,14} \left[ (1 + 0,33) \left( \ln \frac{2l}{0,437 \times 3,14} \right) + (1 - 0,565) \right] \\ &= 2052,711 \text{ in.lb} \end{aligned}$$

$$Thp = \sqrt{\frac{6M_y}{f_{all}}} = \sqrt{\frac{2052,711}{12000}} = 0,4136$$

$$Thp \text{ standart} = 0,4136 \times \frac{16}{16} = 7/16 \text{ in}$$

- Tebal vertical; plate

$$Tg = 3/8 Thp = 3/8 \times 7/16 = 0,1641 \text{ in}$$

$$Tg \text{ standart} = 0,1641 \times \frac{16}{16} = 3/16 \text{ in}$$

- Tinggi lug (Z)

$$Z = \frac{5}{3} P = \frac{5}{3} \times 5,388 = 8,98 \text{ in}$$

- Panjang quest

$$\begin{aligned}Pg &= \sqrt{Z^2 - (1/2P)^2} \\ &= \sqrt{(8,98)^2 - (1/2 \times 5,23)^2} \\ &= 8,833 \text{ in}\end{aligned}$$

MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG

## **BAB VII**

### **INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA**

Dalam pengendalian proses produksi suatu industri, instrumentasi merupakan suatu bagian yang sangat penting. Pengetahuan tentang pemilihan dan penempatan alat-alat pengendalian proses sangat penting, karena disatu sisi menyangkut harga dan peralatan itu sendiri yang sangat mahal.

Instrumentasi dipasang untuk memonitor variabel-variabel yang sangat penting selama proses berlangsung. Untuk variabel-variabel proses yang kritis, instrumentasi dilengkapi dengan alarm otomatis, untuk mengingatkan operator bahwa ada keadaan bahaya. Variabel-variabel yang dikendalikan adalah tekanan, temperatur, laju alir, dan tinggi permukaan cairan.

#### **VII.1. Instrumentasi**

Pada umumnya dapat dibedakan berdasarkan proses kerja yaitu :

##### **1. Proses manual**

Alat proses manual hanya terdiri dari instrumentasi (petunjuk dan pencatat saja)

##### **2. Proses otomatis**

Untuk pengaturan secara otomatis, peralatan instrumentasi dihubungkan dengan alat kontrol.

Peralatan-peralatan tersebut antara lain :

##### **a. Elemen pengukur**

Merupakan elemen yang menerima output dari elemen primer dan melakukan pengukuran, yang termasuk elemen pengukur adalah alat-alat penunjuk (indikator) dan tata pencatat.

##### **b. Elemen pengontrol**

Merupakan elemen yang menunjukkan harga perubahan dari variabel yang dirasakan oleh sense elemen dan diukur oleh elemen pengukur untuk mengatur sumber tenaga yang sesuai dengan perubahan. Tenaga yang diatur dapat berupa tenaga mekanis, listrik maupun pneumatik.

##### **c. Elemen proses sendiri**



Merupakan elemen yang mengubah input didalam proses, variabel yang diukur tetap berada pada range yang diinginkan. Pada pra rencana pabrik Kieserite, instrumen yang digunakan alat kontrol otomatis maupun manual. Hal ini tergantung dari sistem peralatan faktor pertimbangan teknis serta faktor ekonomis.

Tujuan penggunaan instrumentasi diharapkan akan mencapai hal-hal sebagai berikut :

- Menjaga variabel proses supaya berada pada batas operasi yang aman.
- Kondisi-kondisi berbahaya dapat diketahui secara lebih awal melalui alarm peringatan.
- Kualitas produksi yang lebih terjamin.
- Membantu mempermudah pengoperasian alat.
- Efisiensi kerja akan lebih meningkat

Faktor-faktor yang diperhatikan dalam pemilihan instrumentasi adalah :

- Jenis instrumentasi
- Range yang diperlukan untuk pengukuran
- Ketelitian yang dibutuhkan
- Bahan konstruksi serta pengaruh pemasangan instrumentasi pada kondisi proses.
- Faktor ekonomi

Dengan adanya instrumentasi diharapkan akan bekerja sesuai dengan yang diharapkan, dan instrumentasi yang digunakan dalam pra rencana pabrik Kieserite ini adalah :

- a. Untuk mengatur temperatur  
TC = Temperature Controller
- b. Untuk pengaturan tekanan  
PC = Pressure Controller
- c. Untuk mengatur tinggi cairan  
LI = Level Indikator

### **Keselamatan kerja**

Dalam suatu pabrik keselamatan kerja harus mendapatkan perhatian yang besar, karena bila masalah ini diabaikan akan mengakibatkan terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan. Dengan memperhatikan keselamatan kerja yang baik dan teratur, secara psikologis juga akan membuat para pekerja merasa aman dan tenang, sehingga dapat berkonsentrasi pada pekerjaannya dan dengan demikian produktivitas juga akan meningkat.

Usaha untuk menjaga keselamatan kerja bukan semata-mata ditujukan pada faktor manusianya saja, tetapi untuk menjaga permasalahan yang ada di dalam pabrik. Dengan erpeliharanya peralatan dengan baik maka peralatan dapat digunakan untuk jangka waktu yang lebih lama.

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja adalah :

#### **a. Latar belakang pekerja**

Sifat karakter yang tidak baik dari pekerja yang merupakan sifat dasar pekerja maupun lingkungan, hal ini dapat mempengaruhi pekerja dalam melakukan pekerjaannya sehingga dapat menyebabkan kelalaian pekerja.

#### **b. Kelalaian pekerja**

Adanya sikap gugup, tegang, mengabaikan keselamatan kerja dan lain-lain akan menyebabkan pekerja melakukan tindakan yang tidak aman. Hal ini dapat menjadi lebih berbahaya apabila ditunjang dengan alat-alat yang tidak aman.

#### **c. Tindakan yang tidak aman dari bahaya mekanik/fisik**

Tindakan yang tidak aman dari pekerja seperti berdiri dibawah beban tersuspensi yang tidak cukup, dan lain sebagainya.

#### **d. Kecelakaan**

Kejadian seperti kejatuhan bahan, tertumpuk benda melayang sehingga dapat melukai pekerja.

Adapun bahaya-bahaya yang dapat terjadi pada pra rencana pabrik Kieserite yang harus diperhatikan, dan cara mengatasinya adalah sebagai berikut :

#### **a. Keselamatan konstruksi**

- Konstruksi bangunan, peralatan produksi baik langsung maupun tidak langsung harus cukup kuat dan pemilihan bahan konstruksinya harus tepat. Pada tempat-tempat yang berbahaya hendaknya diberi pagar atau peringatan yang jelas. Antara mesin-mesin dan alat-alat proses harus berjarak cukup jauh.
- b. Bahaya yang disebabkan oleh adanya api, listrik dan kebakaran  
Untuk mencegah atau mengurangi bahay-bahaya yang timbul, maka dipakai isolasi-isolasi panas atau isolasi listrik dan pada tempat bertekanan tinggi diberi penghalang atau pagar. Bahan-bahan yang mudah terbakar jaraknya harus cukup jauh dari tempat yang dapat menyebabkan kebakaran.
  - c. Memberikan penjelasan-penjelasan mengenai bahaya-bahaya yang dapat terjadi dan memberikan cara pencegahannya.
  - d. Memasang tanda-tanda bahaya, seperti alarm peringatan apabila terjadi bahaya
  - e. Penyediaan alat-alat pencegah bahaya, misal akibat listrik maupun api.
  - f. Ventilasi  
Ruang kerja harus mendapatkan ventilasi yang cukup, sehingga pekerja dapat leluasa menghirup udara segar yang berarti ikut serta menjamin kesehatan dan keselamatan kerja.
  - g. Perpipaan  
Jalur proses yang terlatak diatas permukaan tanah lebih baik daripada diletakkan dibawah tanah karena hal ini menyangkut timbulnya bahaya akibat kebocoran dan sulit untuk mengetahui letak kebocoran. Pengaturan dari erpipaan dan valve sebaiknya diatasi dengan pemasangan blok valve disamping check valve tersebut. Sebelum pipa-pipa dipasang sebaiknya dilakukan uji tekanan hidrostatik yang bertujuan untuk mencegah terjadinya stress yang berlebihan pada bagian-bagian tertentu atau bagian operasi.
  - h. Karyawan  
Karyawan terutama operator perlu diberi bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakn tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan.
  - i. Listrik  
Pengoperasian peralatan listrik perlu dipasang pengaman pemutusan arus bila sewaktu-waktu terjadi hubungansingkat (cosluiting) yang dapat menyebabkan

kebakaran, juga perlu diadakan pemeriksaan kemungkinan adanya kabel yang terkelupas yang dapat membahayakan pekerja bila tersentuh dengan kabel tersebut.

**j. Pencegahan dan penanggulangan kebakaran**

Bangunan seperti workshop, laboratorium, kantor hendaknya diletakkan berjauhan dengan unit operasi. Antara unit satu dengan unit yang lain hendaknya dipisahkan dengan jalan sehingga dapat menghambat jalarnya api ketika terjadi kebakaran. Pengaman bila terjadi kebakaran harus dilengkapi dengan baju tahan api, alat-alat pernafasan dan tabung CO<sub>2</sub> pada daerah-daerah yang rawan terjadi kebakaran.

**VII.2. Pengaman Alat**

Untuk menghindari kerusakan alat seperti peledakan atau kebakaran, maka pada alat-alat tertentu dipasang suatu pengaman seperti safety valve, isolasi dan pemadam kebakaran.

**VII.3. Keselamatan Kerja Karyawan**

Para karyawan terutama para operator perlu diberi pengaman agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan jiwanya maupun jiwa orang lain. Alat perlindungan yang diperlukan pada pra rencana pabrik Kieserite dapat dilihat pada tabel VII.3.

**Tabel VII.3. Alat-alat keselamatan kerja pada pabrik Lube Base Oil**

No.	Alat pelindung	Lokasi Pengamanan
1.	Masker	Gudang, bagian proses
2.	Helm pengaman	Gudang, bagian proses
3.	Sarung tangan	Gudang, bagian proses
4.	Sarung karet	Gudang, bagian proses
5.	Isolasi panas	Reaktor
6.	Pemadam kebakaran	Semua Unit

## **BAB VIII**

### **UTILITAS**

Utilitas merupakan salah satu unit yang sangat diperlukan untuk menunjang jalannya proses dalam industri. Pada plant design pabrik base oil pelumas dari biji jarak ini, terdapat 4 unit utilitas yang dibutuhkan, yaitu :

1. Air yang berfungsi sebagai air umpan boiler , air proses, air pendingin, air sanitasi , dan air untuk pemadam kebakaran
2. Steam Sebagai media pemanas dalam proses produksi
3. Dowterm sebagai media pendingin alam proses pendingin
4. Listrik sebagai sumber energy untuk menjalankan alat – alat produksi ,utilitas dan penerangan
5. Bahan Bakar untuk mengoprasikan boiler

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan maka utilitas tersebut dibagi menjadi 5 unit yaitu :

1. Unit Penyediaan air
2. Unit Penyediaan steam
3. Unit Penyediaan Dowtherm
4. Unit penyediaan Listrik
5. Unit Penyediaan bahan bakar

#### **VII.1. UNIT PENYEDIAAN AIR**

Air merupakan elemen yang sangat penting dalam industri kimia, demikian pula dalm pabrik base oil pelumas dari biji jarak. Kebutuhan akan air dalam jumlah yang cukup besar ini direncanakan dapat dipenuhi dari air PDAM harus diolah terlebih dahulu dalam unit pengolahan air agar layak dipakai

##### ***VIII.1.1 Air Sanitasi***

Air sanitasi digunakan untuk keperluan karyawan di lingkungan pabrik antara lain untuk konsumsi, mandi, laboratorium, perkantoran dll. Air sanitasi terkait langsung dengan kesehatan karena itu harus memenuhi standart kualitas tertentu sebagai berikut:

- Syarat fisik
  - Tidak berwarna
  - Tidak berbau
  - Tidak berasa
  - Tidak berbusa
  - pH netral
  - Tempertaur dibawah tempertaur udara
  - Kekeruhan < 1 ppm SiO<sub>2</sub>
- Syarat kimia
  - Tidak mengandung zat organic dan anorganik yang larut daalm air
  - Tidak mengandung racun
- Syarat Biologi
  - Tidak mengandung bakteri pathogen dan non pathogen yang dapat merusak sifat fisik air. Untuk memenuhi persaratan ini, setelah proses penjernihan harus diberi tambahan desenfektan seperti clor cair atau kaporit.

No	Keperluan	Jumlah ( kg/jam )
1	Karyawan	260
2	Laboratorium & Alat	130
3	Pemadam & Cadangan air	546
	Total	936

Total Kebutuhan Air Sanitasi pada pra rencana pabril lube base oil adalah 936 kg/jam

### VIII.1.2 Air Proses

Kebutuhan air proses digunakan sebagai pelarut dan pereaksi. Air proses tidak memiliki syarat-syarat yang khusus dan persyaratannya hampir sama dengan air sanitasi

Syarat- syarat air proses tidak boleh mengandung

- Hardness = dapat menimbulkan efek pada pembentukan kerak
- Besi = menyebabkan korosi
- Silica = menyebabkan kerak

- Minyak = menyebabkan terganggg7unya film corrotion inhibitor

Menurunnya efisiensi perpindahan panas merupakan makanan microba yang menyebabkan terbentuknya endapan.

Kebutuhan air proses dalam pabruik :Lube base oil

1. Tangki Degumming 2

Air yang digunakan adalah 285.006 Kg/jam

2. Reactor Hidrolisa

Air yang dibutuhkan adalah 857.9842 kg/jam

Total air proses yang digunakan = 1142,99 kg/jam

### ***VIII.1.3 Air Pendingin***

Pemakaian air pendingin memenuhi keperluan alat-alatt pendingin yaitu pada :

Cooler = 3562,430687 kg/jam

Direncanakan yang disuplay 20 % berlebih, sehingga kebutuhan air pendingin :

$1,2 \times 3562,430687 = 4274,917$  kg/jam

### ***VIII.1.4 Air Umpan Boiler***

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan steam yang berfungsi sebagai media pemanas. Walupun sudah kelihatan bening tetapi tidak berate air sudah terbebas dari kandungan substansi ynag mengganggu, dalam penggunaannya tidak berbeda dengan air pendingin. Sebelum digunakan air umpan boiler harus mengalami pelunakan terlebih dahulu untuk menurunkan kesadahnya. Adapun tujuannya untuk menghilangkan ion  $Ca^{2+}$  yang mudah sekali membentuk kerak. Kerak inilah yang menghalangi proses pemindahan panas, sehingga terjadi over heating yang memusat dan juga dapat mengakibatkan pecahnya pipa pada boiler. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi untuk air umpan boiler adalah sebagai berikut.

- Bebas dari zat penyebab korosi seperti asam dan gas-gas terlarut
- Bebas dari penyebab kerak yang disebabkan oleh kesadahan dan suhu yang tinggi, yang biasanya berupa garam – garam karbonat dan silica

- Bebas dari penyebab foaming/busa seperti zat-zat organik, anorganik dan zat – zat yang tidak terlarut dalam jumlah besar. Selain itu oli dan produk peruraian buangan bisa juga menyebabkan busa. Efek busa terutama terjadi alkalinitas yang tinggi.
- Kandungan logam dari impurities harus seminimal mungkin

Kebutuhan air umpan boiler : 4499,904 kg/jam

**Total Air yang dibutuhkan di Unit Penyediaan Air :**

No	Keperluan	Jumlah kg/jam
1	Air sanitasi	936
2	Air Proses	1142,99
3	Air sebagai pendingin	4274,92
4	Air Umpan Boiler	4499,90
	<b>Total kebutuhan air</b>	<b>10853,81</b>

Untuk memenuhi kebutuhan air pada Pra Rencana Lube Base Oil ini adalah dengan menggunakan air sungai. Sebelum digunakan air sungai di treatmenth terlebih dahulu untuk memenuhi standart kualitas air sanitasi, air proses, air pendingin dan air umpan boiler.

#### **Proses pengolahan air Pada Unit Pengolahan air**

Air sungai digunakan untuk memenuhi kebutuhan air proses , air sanitasi, air pendingin dan air umpan boiler

Adapun tahapan proses pengolahan air tersebut yaitu pertama air sungai dipompa ke bak skimmer yang berfungsi untuk memisahkan kotoran yang terapung di dalam sungai. Dari bak skimer di pompa menuju tangki clarifier, sebelum masuk tangki clarifier terlebih dulu dimasukkan inline mixer yang berfungsi untuk mencampur air dengan  $Al_2SO_4$  yang berfungsi sebagai zat koagulan setelah itu kotoran kotoran di endapkan di tanki clarifier.

Setelah melalui flokulasi dan koagulasi di tangki clarifier air dipompa ke sand filter untuk menyaring kotoran – kotoran yang masi terikut. Dari sand filter di pompa ke bak Air bersih dan di olah sesuaikebutuhan masing – masing :

##### **1. Pengolahan air Sanitasi**



Air dari bak air bersih dipompa ke tangki klorinasi dengan ditambahkan disinfektan  $Cl_2$  yang di injeksikan langsung ke dalam pipa. Dari bak klorinasi air di pompa ke bak air sanitasi dan siap digunakan sebagai air sanitasi .

## 2. Pengolahan air proses dan pelunakan air umpan boiler

Pelunakan air umpan boiler dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exscanger dan tangki anion exscanger. Kation exscanger yang digunakan adalah resin zeolit ( $H_2Z$ ) dan anion exscanger adalah de - acidite ( DOH ). Air dari bak air bersih dipompa ke tangki anion exscanger untuk dihilangkan kation – kation yang tidak dikehendaki seperti ,bikarbonat,sulfat dan clor. Kemudian di pompa lagi ke tangki anion exscanger untuk menghilangkan kadar anion yang tidak dikehendaki sehingga air keluar dari demineralisasi sudah terbebas darimineral pengganggu seperti calsiun. Sebagian dari air ini di pompa ekstraktor dan sebagian lagi dipompa ke air umpan boiler. Untuk memenuhi kebutuhan air umpan boiler, air lunak ini ditampung dalam bak air lunak yang selanjutnya di pompa ke deaerator untuk menghilangkan gas – gas impurities dengan sistem pemanasan . Dari deaerator air siap di umpankan ke boiler .Steam dari boiler di distribusikan ke semua peralatan dan kondensat yang di hasilkan di recycle lagi.

## 3. Pengolahan air pendingin

Air dari bak air bersih dipompa ke bak air pendingin selanjutnya di distribusikan ke peralatan dengan pompa. Setelah digunakan air pendingin didinginkan lagi melalui cooling tower dan selanjutnya bisa digunakan lagi sebagai air pendingin.

## VII.2. Unit Penyediaan Steam

Unit penyediaan steam berfungsi untuk menyediakan kebutuhan steam yang digunakan sebagai media pemanas untuk:

No	Keperluan	Jumlah kg/jam
1	Heater Deguming	551,8617097
2	Deguming I	31,45347077
3	Deguming II	39,60732179
4	Heater Air	68,08296917
5	Reaktor Hidrolisa =	962,9931316
6	reaktor esterifikasi =	1755,019795
	<b>Total Steam</b>	<b>3409,018398</b>

Direncanakan steam yang disuplay 20% Excess dari total kebutuhan steam, sehingga:

$$= 1.2 \times 3409,018 \text{ kg/jam}$$

$$= 4090.89 \text{ kg/jam}$$

Make Up Water untuk kebutuhan steam direncanakan 10 % Excess

$$\text{Make Up Boiler} = 1.1 \times \text{Kebutuhan air umpan}$$

$$= 1.1 \times 4090,89 \text{ kg/jam}$$

$$= 4499,904 \text{ kg/jam} = 8291.184 \text{ lb/jam}$$

Data

$$\text{Suhu Steam} : 148 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Tekanan Steam :

$$\text{Hl} : 149,037 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{Hv} : 665,837$$

Kapasitas boiler :

$$Q = \frac{Msx(hv - hl)}{1000}$$

Keterangan:

$$Q = \text{kapasitas boiler, kbtu/jam}$$

$$Ms = \text{massa steam yang harus dihasilkan, lb/jam}$$

$$\text{Hv} = \text{Entalpy vapor, BTU/lb}$$

$$\text{Hl} = \text{Entalpy liquid, BTU/lb}$$

Maka :

$$Q = \frac{8291.184 \times (665,837 - 149,037)}{1000}$$

$$= 4284.88 \text{ kbtu/jam}$$

Power Boiler :

$$Q = \frac{msx(hv - hl)}{970, x34,5}$$

Angka penyesuaian untuk penguapan sebesar 34,5 lb air/jam pada 100°C menjadi uap kering membutuhkan enthalpy penguapan sebesar 970 btu/lb

Maka :

$$Q = \frac{13216,362x(665,837 - 149,037)}{970,3x34,5}$$

$$= 15 \text{ Hp}$$

Luas permukaan panas:

Untuk boiler dengan power 1 Hp membutuhkan luas permukaan panas sebesar 10 ft<sup>2</sup> (sheverns hal 140) sehingga :

$$\text{Total luas permukaan panas} = 10 \times 15 = 150 \text{ ft}^2$$

Kebutuhan bahan bakar

$$Q = \frac{mf x (hv - hl)}{Eb x f}$$

Dengan

Mf = Massa total bahan baker, lb/jam

Eb = Efisiensi boiler, asumsi 80%

f = nilai kalori bahan baker, btu/lb

untuk diesel oil, f = 19200 btu/lb (perry 3ed hal 16-24)

sehingga :

$$Mf = \frac{13216,649x(665,837 - 149,07)}{0,8x19200}$$

$$= 444,657 \text{ lb diesel oil/jam}$$

**Spesifikasi alat**

Nama alat	: Boiler
Fungsi pemanas	: untuk menghasilkan steam yang digunakan sebagai media pemanas
Type	: Fire in tube boiler
Luas pemanas	: 150 ft <sup>2</sup>
Rate steam	: 13216,649 lb/jam
Horse power	: 15 Hp
Kapasitas boiler	: 6830,362 kbtu/jam
Efisiensi boiler	: 80%
Jumlah	: 1 buah

**VIII.3. Unit Pembangkit Listrik**

Kebutuhan listrik dari pabrik yang direncanakan ini diperoleh dari PLN sebagai sumber listrik utama dan generator set sebagai cadangan listrik jika terjadi gangguan listrik dari PLN. Penggunaan listrik pada pabrik ini adalah sebagai sumber penerangan pabrik dan memenuhi kebutuhan proses produksi. Adapun penyediaan tenaga listrik yang diperlukan untuk pengoperasian pabrik ini digunakan unit pembangkit tenaga listrik yaitu generator set dengan bahan bakar Diesel oil. Sedangkan untuk keperluan penerangan dari PLN. Tetapi bila terjadi kerusakan pada generator set, kebutuhan listrik bias diperoleh dari PLN. Demikian juga bila ada gangguan dari PLN kemudian listrik bisa diperoleh dari Generator set

**1. Tenaga Listrik Untuk Keperluan Proses**

Adapun perincian kebutuhan listrik untuk keperluan proses pabrik base oil

**2. Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan**

Kebutuhan Listrik untuk proses , penerangan , instrumen dan lain – lain dipenuhi oleh PLN . Sedangkan apabila listrik mati digunakan Generator AC bertenaga diesel berkekuatan 1000 KW, dengan satu buah generator tambahan.

#### VIII.4. Unit Kebutuhan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik , yaitu pada boiler dan genset sebesar 280 lt /jam = 6720 lt/ hari. Bahan bakar yang digunakan adalah diesel oil . Pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan sebagai berikut :

1. Harganya murah
2. Mudah di dapat
3. Viscositasnya rendah
4. Nilai bakar ( heating value relatif tinggi )
5. Tidak Menyebabkan kerusakan pada alat

Dari tabel 9.9 dan fig 9-9 Perry 6<sup>th</sup> ed, di peroleh data sebagai berikut :

- Flash point : 38<sup>c</sup> C ( 100 <sup>o</sup>F )
- Pour Point : - 6<sup>o</sup> C ( 21,2 <sup>o</sup>F )
- Density : 0,8 kg/lt
- Heating Value : 19.200 Btu/lb

## **BAB IX**

### **LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK**

#### **9.1 Penentuan Lokasi Pabrik**

Dalam merencanakan pendirian suatu pabrik ada beberapa hal penting yang harus benar-benar diperhitungkan, termasuk diantaranya pemilihan lokasi berdirinya pabrik tersebut. Hal ini dikarenakan, pemilihan lokasi yang tepat dapat menghasilkan penghematan biaya misalnya, dalam memilih lokasi diperhitungkan jarak pengangkutan bahan baku yang akan dibeli, jika mendekati sumber bahan baku tentunya akan mengurangi biaya angkut.

Faktor – faktor yang mempengaruhi dalam pemilihan lokasi pabrik di bagi menjadi dua golongan besar yaitu :

1. Faktor Utama
2. Faktor khusus

##### **9.1.1 Faktor utama**

###### **a. Bahan baku**

Ditinjau dari Ketersediaan dan harga bahan baku maka lokasi pabrik yang dirikan hendaknya dekat dengan bahan baku . Hal –hal yang perlu diperhatikan mengenai sumber bahan bakua adalah :

1. Letak sumber bahan baku
2. Kapasitas sumber bahan baku dan berapa lama sumber tersebut bisa diandalkan pengadaannya.
3. Kualitas bahan baku yang ada apakah sesuai dengan persyaratan yang di inginkan
4. Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutan

###### **b. Pemasaran**

Pemasaran adalah salah satu faktor yang penting yang akan mempengaruhi keberhasilan pabrik, karena berhasil dan tidaknya pemasaran akan sangat

menentukan besar kecilnya keuntungan yang diperoleh pabrik. Oleh karena itu ada beberapa hal yang diperhatikan antara lain:

1. Dimana produk yang akan dipasarkan
  2. Kebutuhan pada saat sekarang dan di masa datang
  3. Pengaruh saingan yang ada
  4. Jarak pemasaran dari lokasi dan bagaimana sarana pengangkutan untuk mencapai daerah pemasaran.
- c. Kebutuhan listrik dan bahan bakar mempunyai peranan penting dalam industri sebagai sumber energi untuk mengoperasikan peralatan produksi, hal – hal yang perlu diperhatikan adalah :
1. Ada tidaknya listrik di daerah tersebut
  2. Jumlah listrik di daerah tersebut
  3. Harga tenaga listrik
  4. Persediaan tenaga listrik di masa mendatang
  5. Mudah tidaknya mendapatkan bahan bakar.

Listrik dan bahan bakar

d. Sumber air

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam industri , air digunakan untuk sanitasi, air proses, sebagai media pendingin dan umpan boiler untuk mendapatkan steam . Untuk memenuhi kebutuhan ini air bisa diambil dari beberapa sumber, yaitu air dari PDAM setempat , air kawasan dan air sungai. Hal – hal yang perlu diperhatikan mengenai sumber air :

1. Sampai sejauh mana sumber sumber air dapat melayani kebutuhan pabrik.
2. Kualitas sumber air yang tersedia.
3. Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan

### 9.1.2 Faktor Khusus

a. Transportasi

Transportasi bahan baku, bahan penunjang dan produk jadi dapat dilakukan melalui darat maupun laut.

b. Limbah Pabrik

Buangan limbah pabrik ini tidak menghasilkan limbah yang berbahaya sehingga sebelum dilakukan pembuangan dapat dilakukan pengolahan terlebih dahulu maupun tidak

**c. Tenaga kerja**

Tenaga kerja terampil dan tenaga kerja kasar cukup mudah diperoleh

**d. Karakteristik dari lokasi**

1. Apakah lokasinya bekas sawah, rawa, bukit dan lain-lain
2. Harga tanah dan fasilitas lainnya

**e. Masalah Lingkungan**

1. Apakah merupakan pedesaan atau perkotaan
2. Fasilitas rumah, sekolah dan tempat ibadah
3. Fasilitas rekreasi dan kesehatan

Dengan memperhatikan faktor-faktor pada bagian sebelumnya maka lokasi pabrik base oil pelumas akan dipilih di daerah Kawasan Industri PIER Rasuruan Jawa Timur.

. Hal-hal yang mendasari lokasi pabrik kami, yaitu :

1. Bahan baku utama pabrik ini adalah biji jarak yang bisa di suplay dari jawa maupun luar jawa
2. Dekat dengan pemasaran
3. Sarana transportasi tersedia sangat memadai
4. Kebutuhan air dapat dipenuhi dari PDAM, air sungai sangat melimpah, air kawasan
5. Tenaga kerja yang diperlukan cukup tersedia didaerah tersebut karena panyak perguruan tinggi dan lembaga ketenaga kerjaan



Tabel 9.1 Pemilihan lokasi dengan nilai tertinggi

No	Faktor	Bobot Maksimal	Surabaya	Sidoarjo	Pasuruan
1	Suplay Bahan Baku	100	80	75	75
2	Pemasaran	100	80	90	85
3	Listrik dan bahan bakar	100	100	100	100
4	Ketersediaan air	100	75	80	100
5	Iklm	50	50	50	50
6	Transportasi	90	90	90	90
7	Buangan Pabrik	70	50	50	70
8	Tenaga kerja	100	100	100	100
9	Perundang - undangan	50	50	50	50
10	Pajak	70	50	50	70
11	Karakteristik Tempat	30	30	30	30
12	Biaya kebakaran	30	30	30	30
	<b>Jumlah</b>	<b>890</b>	<b>785</b>	<b>795</b>	<b>850</b>

Berdasarkan uraian di atas maka dapat disimpulkan bahwa lokasi pabrik terletak di Desa Beji Kecamatan Pandaan Kabupaten Pasuruan Jawa Timur.

## 9.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan metode pengaturan yang optimal dari pengaturan konstruksi bangunannya, sehingga diperoleh tata letak pabrik yang efisien dan efektif untuk kegiatan operasi. Tata letak pabrik harus diusahakan agar dicapai tujuan yang diinginkan yaitu :

- a. Memudahkan pemasangan, pemeliharaan dan perbaikan
- b. Memberikan semangat kerja pada karyawan
- c. Memberikan jaminan keselamatan kerja yang baik
- d. Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan hasil seoptimal mungkin

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan tata letak pabrik adalah :

### 1. Ruang Peralatan

Setiap peralatan harus mempunyai ruangan yang cukup besar tetapi tidak terlalu berlebihan agar mudah dalam pemeliharaan dan perbaikan

## 2. Keamanan

Yang harus diperhatikan dalam hubungan tata letak pabrik ini adalah :

- Keamanan pada waktu pembangunan
- Keamanan pada waktu pabrik berjalan

## 3. Kemungkinan perluasan pabrik

Didalam perencanaan tata letak pabrik yang harus diperhatikan adalah tempat atau cukup besar untuk perluasan. Perluasan pabrik ini timbul karena kenaikan produksi.

## 4. Ruang - ruangan lantai

Penggunaan lantai ruangan harus seekonomis mungkin dengan memperhatikan pemeliharaan yang baik, perpindahan material penempatan yang tepat untuk peralatan yang memerlukan pemeliharaan

## 5. Utilitas

Pelayanan utilitas ini harus ditempatkan dan direncanakan dengan baik agar penggunaannya dalam proses menjadi teratur, mudah dilaksanakan dengan ongkos pemeliharaan yang serendah mungkin. Diusahakan agar utilitas ini disediakan tempat sendiri.

## 6. Penanganan material

Penanganan material merupakan faktor yang cukup penting karena hal ini menyangkut ongkos produksi

## 7. Pelayanan

Bengkel, kantin, poliklinik dan lain sebagainya harus ditempatkan sedemikian rupa, sehingga diperoleh efisiensi seoptimal mungkin. Disamping itu bila ada gangguan kesehatan dapat segera diatasi.

Kondisi optimum daapt diperoleh dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Penanganan bahan baku power, air, steam, secara efektif dan efisien
- b. Sistem perpipaan merupakan bagian vital operasi diusahakan terpasang pada posisi yang tepat sehingga memudahkan aktivitas kerja serta memudahkan perawatan seperti pembersihan, perbaikan dan lain-lain
- c. Memperhatikan keamanan dan keselamatan kerja seperti bahaya kebakaran

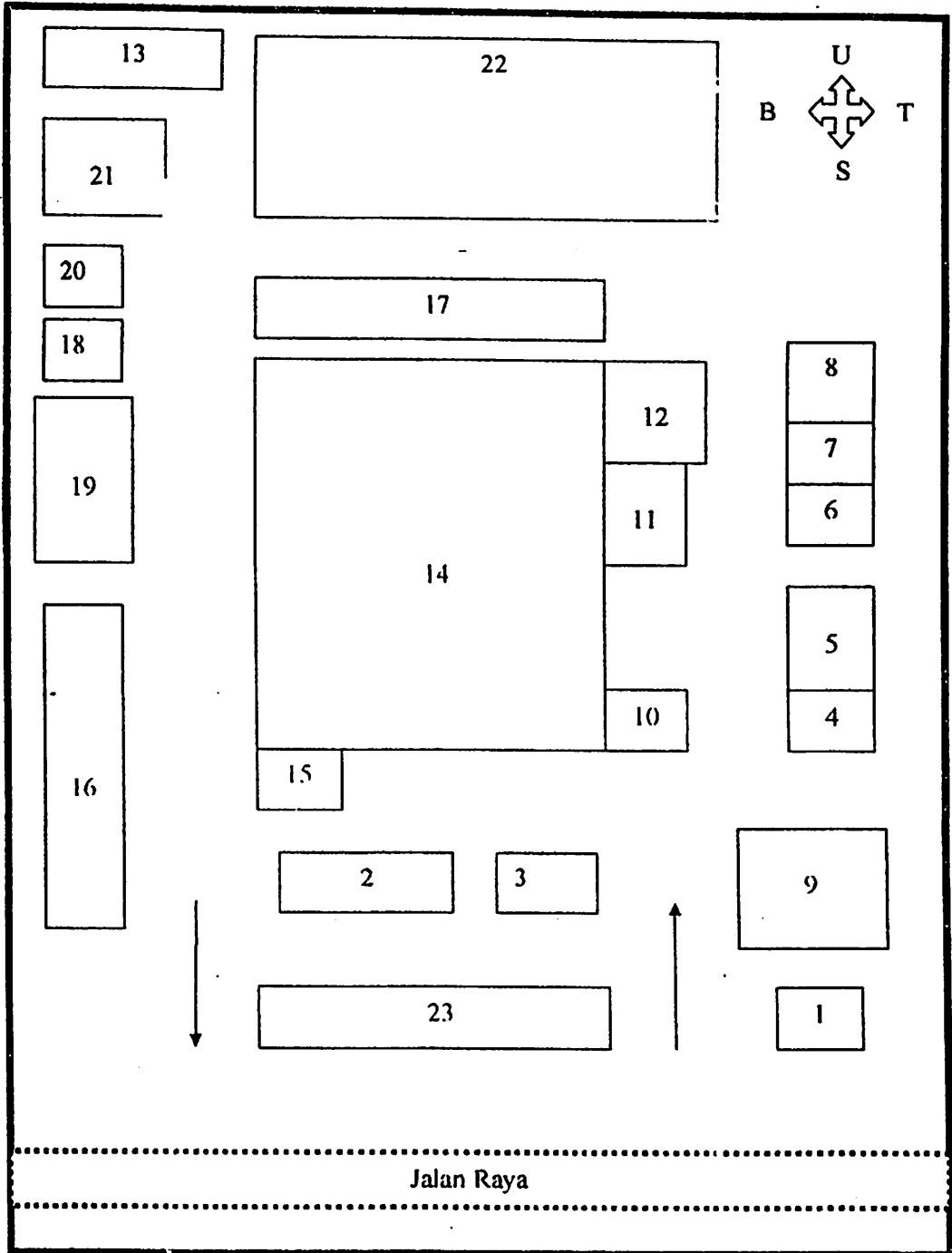
- d. Pengaturan ruangan sedemikian rupa, dimana jarak antar unit proses satu dengan yang lainnya diatur sehingga mempermudah pengendalian, pengontrolan dan perbaikan
- e. Bangunan pabrik diusahakan memenuhi standart bangunan dengan ventilasi yang cukup tinggi dan juga keserasian pengaturan ruangan pabrik
- f. Disediakan tanah yang cukup untuk kemungkinan perluasan dan pengembangan pabrik.

Untuk mengetahui besarnya pembagian areal luas pabrik, dijelaskan pada tabel dibawah ini :

Tabel VIII.1 Pembagian areal luas pabrik

No	Daerah	Luas(m <sup>2</sup> )
1	Pos Keamanan	20
2	PMK	30
3	Taman dan jalan	3000
4	Timbangan	200
5	Aula	100
6	Kantor	500
7	Poliklinik	40
8	Toilet	30
9	Musholla	250
10	Perpustakaan	50
11	Kantin	200
12	Laboratorium	200
13	Bengkel	150
14	Gudang bahan baku	350
15	Gudang bahan bakar	60
16	Gudang produk	350
17	Gudang spare part	50
18	Ruang proses	2000
19	UTILITAS	500
20	Genset	60
21	Ruang boiler	60
22	Area perluasan	6800
	<b>TOTAL</b>	<b>15000</b>

Plan Lay Out Pabrik



Gambar VIII.1 Tata letak bangunan pabrik

Keterangan Gambar :

1. Pos Keamanan
2. Kantor Kepala pabrik
3. Kantor TU
4. Poliklinik
5. Kantin
6. Musholla
7. Toilet
8. Perpustakaan
9. Parikir
10. Bengkel
11. Laboratorium
12. Ruang kontrol
13. Pengolahan Limbah
14. Ruang Proses
15. PMK
16. Gudang Bahan Baku
17. Produk Storage
18. Ruang Generator
19. Utilitas
20. Ruang Boiler
21. Water Treatment
22. Perluasan Pabrik
23. Taman



### **9.3 Tata Letak Proses**

Pada bagian ini kami akan menguraikan tata letak proses pabrik kami yang menyangkut tata letak peralatan dan tata letak pabrik secara keseluruhan dan juga yang menyangkut letak bangunan –bangunan dan areal tanah pabrik.

#### **Tata Letak Peralatan Proses**

Hampir seluruh proses dan sarana penunjang pada pabrik ini memerlukan perlindungan gedung. Dalam penentuan tata letak proses dari pabrik ini yang perlu diperhatikan antara lain :

1. Setiap alat diberikan ruang yang cukup luas agar memudahkan pemeliharaan dan perbaikan
2. Setiap alat disusun berurutan aliran proses, sehingga tidak menyulitkan kontraksi perpipaan dan untuk memudahkan pengawasan dan pemeliharaan
3. Alat konstruksi ditempatkan pada posisi yang mudah diawasi oleh operator
4. Disediakan tanah untuk perluasan pabrik
5. Beberapa peralatan yang bersuhu tinggi diisolasi agar lingkungan tidak terlalu panas

## **BAB X**

### **STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN**

#### **10.1 Bentuk Badan Perusahaan**

Dalam mengoperasikan pabrik Base Oil Pelumas dari biji jarak ini dipilih suatu bentuk badan perusahaan Perseroan Terbatas (PT), yaitu suatu persekutuan menjalankan perusahaan yang mempunyai modal usaha yang terbagi beberapa saham, dimana tiap sekutu (disebut juga persero) turut mengambil bagian sebanyak satu atau lebih saham. Selain itu permodalannya berasal dari dalam negeri.

#### **10.2 Sistem Organisasi**

Struktur organisasi yang direncanakan dalam pra desain pabrik ini adalah garis dan staff, yang merupakan kombinasi dari pengawasan secara langsung dan spesialisasi pengaturan dalam perusahaan. Alasan pemakaian sistem ini adalah:

- Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi yang terus menerus
- Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik
- Masing-masing kepala bagian/manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan
- Pimpinan tertinggi dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada dewan komisaris. Anggota dewan komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan nasihat dan saran kepada direktur.

Terdapat dua komponen utama dalam organisasi garis dan staff , yaitu :

##### ➤ **Pimpinan**

Tugas pimpinan secara garis besar adalah :

- a. Membuat rencana kerja yang terperinci dengan koordinasi para staff.
- b. Melakukan pengawasan pelaksanaan kerja dari berbagai bagian dalam pabrik.

- c. Meninjau secara teratur pelaksanaan pekerjaan di tiap-tiap bagian dan memberikan bimbingan serta petunjuk di dalam pelaksanaan pekerjaan.
- d. Melaporkan kepada direksi tentang hal-hal yang terkait dengan pengelolaan pabrik.
- e. Mewakili pabrik dalam perundingan dengan pihak lain.

➤ **Staff (Pembantu Pimpinan)**

- Suatu badan yang terdiri dari para tenaga ahli yang membantu pemimpin dan yang menjalankan kebijaksanaan perusahaan.
- Staf merupakan suatu tim yang utuh dan saling membantu dan saling membutuhkan, setiap permasalahan yang ada dipecahkan secara bersama.

Macam-macam staff antara lain :

a. **Staff Koordinasi**

Biasanya disebut staff umum, yaitu kelompok staff yang membantu pimpinan dalam perencanaan dan pengawasan, juga setiap saat memberikan nasehat kepada pimpinan baik diminta maupun tidak.

b. **Staff Teknik**

Biasanya disebut staff khusus, yaitu kelompok staff yang memberikan pelayanan jasa kepada komponen pelaksana untuk melancarkan tugas pabrik.

c. **Staff Ahli**

Staff ini terdiri dari para ahli dalam bidang yang diperlukan oleh pabrik untuk membantu direktur dalam penelitian.

### **10.3 Pembagian Tugas Pekerjaan**

Pembagian tugas adalah urutan tentang tata kerja yang diberikan kepada setiap karyawan dengan tujuan agar setiap karyawan mengetahui tugasnya masing-masing dan bertanggung jawab atas tugasnya tersebut, sehingga dengan adanya pembagian tugas yang jelas, dapat dihindari adanya pemborosan tenaga kerja dan penempatan karyawan sesuai dengan keahliannya mudah dilaksanakan.



### 1. Pemegang saham

Tugas dan wewenang pemegang saham :

- Memilih, mengangkat dan memberhentikan pimpinan perusahaan.
- Mengesahkan rencana kerja, rencana dan perhitungan laba rugi dalam setahun
- Meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris
- Mengadakan rapat umum sedikitnya setahun sekali.

### 2. Dewan Komisaris

Merupakan wakil dari pemegang saham dan juga pemilik saham perusahaan. Semua keputusan ditentukan oleh rapat persero, dan biasanya yang menjadi ketua rapat adalah dewan komisaris. Dewan komisaris adalah ketua dari pemegang saham dan dipilih dari rapat umum pemegang saham.

Tugas dan wewenang dewan komisaris :

- Memilih direktur utama dan menetapkan kebijakan perusahaan
- Menyetujui atau menolak rencana yang diajukan oleh direktur utama
- Mengadakan evaluasi mengenai hasil yang diperoleh oleh perusahaan
- Memberi masukan kepada direktur tentang perubahan-perubahan yang akan dilakukan pada perusahaan

### 3. Direktur Utama

Direktur utama adalah orang yang dipilih dewan komisaris untuk memimpin perusahaan dan bertanggung jawab atas kelangsungan perusahaan.

Tugas dan wewenang direktur utama :

- Bertanggung jawab kepada dewan komisaris
- Menetapkan kebijaksanaan perusahaan baik kedalam maupun keluar
- Mengawasi jalannya perusahaan
- Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan
- Bertanggung jawab atas kelancaran perusahaan

#### 4. Manager Produksi

Manager produksi membawahi kepala bagian produksi.

Tugas dan kewajiban Manager produksi :

- Bertanggung jawab atas kelancaran dan pengawasan produksi pabrik.
- Bertanggung jawab dalam pengaturan dan pengawasan proses pabrik

#### 5. Manager Teknik

Manager Teknik membawahi kepala bagian teknik.

Tugas dan kewajiban manager teknik :

- Bertanggung jawab atas pengawasan alat-alat pabrik.
- Bertanggung jawab dalam pemeliharaan peralatan pabrik.
- Bertanggung jawab dalam pengaturan serta perbaikan peralatan pabrik.

#### 5. Manager Administrasi dan Keuangan

Manager administrasi dan keuangan ini membawahi kapala bagian perdagangan, umum dan keuangan.

Tugas dan kewajiban :

- Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan
- Bertanggung jawab atas kelancaran administrasi perusahaan
- Mengatur dan mengawasi pemasaran produksi dan pembelian bahan baku

#### 6. Staff Litbang

Bertanggung jawab atas penelitian dan pengembangan produk, dan memberikan laporan langsung ke manager produksi.

#### 7. Kepala Bagian

Kepala bagian bertugas membantu kepala pabrik dan kepala kantor dalam perencanaan dan pelaksanaan dalam masing-masing bagiannya. Tugas ini dapat diperinci sebagai berikut :

- Mengkoordinasikan masing-masing bagian dibawahnya serta bertanggung jawab kepada bidangnya masing-masing
- Memberikan laporan secara periodik tentang kegiatan-kegiatan serta hasil-hasil yang telah dicapai oleh bagian masing-masing kepada kepala pabrik atau kantor
- Membantu kepala pabrik atau kantor dalam menyiapkan dan menyusun laporan-laporannya -

Secara terperinci tugas masing-masing beberapa kepala bagian dapat diuraikan sebagai berikut :

**a. Kepala Bagian Proses Produksi**

- Bertanggung jawab atas kelancaran proses produksi
- Mengontrol bahan-bahan yang akan digunakan dalam proses produksi
- Menjaga kualitas hasil produksi sesuai dengan standar yang ada

Kepala bagian produksi membawahi kepala seksi proses produksi, penelitian dan pengembangan.

**b. Kepala Bagian Teknik**

Kepala bagian teknik bertanggung jawab atas pengawasan utilitas dan peralatan proses produksi

Kepala bagian ini membawahi kepala seksi utilitas dan perawatan

**c. Kepala Bagian Keuangan**

Kepala bagian keuangan ini bertugas mengawasi, mengatur dan mengurus pencatatan seluruh transaksi perusahaan yang digunakan untuk menyusun neraca rugi-laba perusahaan.

**d. Kepala bagian SDM**

Kepala bagian SDM ini bertugas untuk hal penerimaan karyawan baru dan pelatihan tenaga kerja.

**e. Kepala bagian Umum**

Kepala bagian umum ini bertugas untuk administrasi perkantoran dan pembukuan.

## 8. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah orang yang mengatur dan mengkoordinasikan tugas masing-masing seksi sesuai dengan perencanaan yang diberikan oleh kepala bagian.

Tugas dan wewenang :

- Memimpin dan melaksanakan tugas dan pekerjaan masing-masing seksi
- Memberikan saran dan pertimbangan mengenai seleksi kepada kepala bagian masing-masing
- Menciptakan kerjasama yang baik antara karyawan serta menjamin keselamatan kerja para karyawan
- Mengajukan saran-saran kepada kepala bagian masing-masing yang membawahi serta membuat laporan berkala

## 9. Seksi-seksi

Umumnya merupakan tenaga pelaksana. Tugas dan wewenang seksi adalah :

- Melaksanakan pekerjaan operasional sesuai dengan bidangnya
- Bertanggung jawab pada kelancaran kerja, produksi, peralatan yang ada dalam pengawasan seksi-seksi tersebut
- Memimpin pelaksanaan rencana-rencana yang telah ditetapkan oleh pimpinannya masing-masing

### 10.4 Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk terselenggaranya pabrik Base oil pelumas dapat diuraikan sebagai berikut :

Penentuan jumlah karyawan operasional

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= 120.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 120.000 \text{ ton} / 330 \text{ hari} \end{aligned}$$

Dari figure 6-35, Vilbrant, hal 235 untuk beberapa unit peralatan besar dengan kapasitas pabrik 303 ton/hari maka diperoleh jumlah karyawan proses :

M = 60 orang /hari/tahapan proses

Karena ada tiga tahapan proses dalam pabrik, maka karyawan proses yang diperlukan

= 60 x 4 tahapan proses = 240 orang /hari.

Untuk satu shift selama 8 jam, maka untuk empat grup :

Karyawan proses =  $((240/8) * 4)$   
= 120 orang/hari

Tabel 6.1. Daftar karyawan perusahaan

No.	Jabatan	Pendidikan					Jumlah
		SMP	SMA	D-3	S-1	S-2	
1.	Dewan Komisaris						
	- Komisaris Utama					1	1
	- Anggota Komisaris					2	2
2.	Direksi						
	- Direktur Utama					1	1
	- Manajer Teknik					1	1
	- Manajer Hubungan Industri					1	1
	- Manajer Produksi					1	1
	- Manajer Keuangan					1	1
3.	Sekretaris Direksi				5		1
4.	Staff Litbang				3		3
5.	Kepala Bagian						
	- Kabag Produksi				1		1
	- Kabag Teknik				1		1
	- Kabag Pemasaran				1		1
	- Kabag SDM				1		1
	- Kabag Keuangan				1		1
6.	Kepala Seksi						
	- Proses				1		1
	- Quality Control				1		1
	- Utilitas				1		1

	- Pemeliharaan				1		1
	- Penjualan				1		1
No.	Jabatan	Pendidikan					Jumlah
		SMP	SMA	D-3	S-1	S-2	
	- Promosi				1		1
	- Administrasi				1		1
	- Keamanan				1		1
	- Personalia				1		1
	- Penyediaan dan Pembelian				1		1
	- Keuangan				1		1
	- Akuntansi				1		1
7.	Karyawan						
	- Proses		15	20	15		50
	- Quality Control		1	5	3		9
	- Utilitas		2	4	2		8
	- Pemeliharaan		3	4	1		8
	- Penjualan		1	2			3
	- Promosi			3			3
	- Administrasi			2			2
	- Keamanan		10	5			15
	- Personalia			2			2
	- Penyediaan dan Pembelian		2				2
	- Keuangan			2			2
	- Akuntansi			2			2
	- Sopir	2	2				4
8.	Karyawan Tidak Tetap						
	- Dokter				1		1
	- Perawat			1			1
	- Petugas Bongkar Muat	6					6
	- Petugas Kebersihan	6					6
<b>Jumlah</b>		<b>14</b>	<b>36</b>	<b>52</b>	<b>47</b>	<b>7</b>	<b>156</b>

### **Jabatan dan Tingkat Pendidikan Tenaga Kerja**

Adapun jabatan dan tingkat pendidikan tenaga kerja antara lain :

- a. Dewan komisaris : Pasca Sarjana Teknik
- b. Direksi : Pasca Sarjana Teknik
- c. Manager : Sarjana Teknik
- d. Kabag
  - Produksi : Sarjana Teknik Kimia
  - Teknik : Sarjana Teknik Mesin
  - Umum : Sarjana Administrasi/Ekonomi
  - SDM : Sarjana Psikologi/Sospol
  - Keuangan : Sarjana Ekonomi
- e. Kepala seksi : Sarjana Teknik / Ekonomi (sesuai bidangnya)
- f. Karyawan : SMP, SMA, D3 dan S1

### **Tingkat Golongan dan Jabatan Tenaga Kerja**

Pembagian tingkat golongan tergantung pada banyak hal seperti jabatan, masa kerja, prestasi dan sebagainya sehingga belum tentu karyawan yang mempunyai jabatan tinggi mempunyai gaji lebih besar dari karyawan dibawahnya yang memiliki masa kerja yang lama.

Adapun pembagian golongan karyawan pada perusahaan ini adalah :

Golongan I : Karyawan dengan gaji Rp 1000.000,00 – 1.500.000,00 /bulan

Golongan II : Karyawan dengan gaji Rp. 2.000.000,00 – 5.000.000,00 /bulan

Golongan III : Karyawan dengan gaji Rp. 5.000.000,00 – 9.900.000,00 /bulan

Golongan IV : Karyawan dengan gaji Rp. 10.000.000,00 – 22.000.000,00 /bulan

### **Status Karyawan dan Sistem Upah**

Sistem upah yang diberikan kepada karyawan tidak sama antara perusahaan satu dengan yang lainnya. Pada perusahaan ini sistem upah karyawan berbeda-beda tergantung dari status karyawan dan tingkat pendidikan serta besarnya kedudukan dan tanggung jawab dan keahliannya.

Adapun status karyawan dapat digolongkan sebagai berikut :

#### **a. Karyawan Tetap**

Adalah karyawan yang sudah diangkat sebagai karyawan tetap perusahaan berdasarkan surat keputusan direktur. Pembayaran upah didasarkan atas upah bulanan dan mendapat hak penuh atas tunjangan-tunjangan dan jaminan-jaminan sosial yang diberikan perusahaan.

#### **b. Karyawan Tidak Tetap**

Adalah karyawan yang masih menjalani masa kerja percobaan paling lama tiga bulan, diterima sebagai pegawai berdasarkan nota persetujuan direktur atas pengajuan kepala yang membawahinya. Pembayaran upah berdasarkan upah bulanan, tetapi belum dapat hak penuh atas tunjangan-tunjangan dan jaminan sosial yang diberikan perusahaan.

#### **c. Karyawan Harian**

Adalah karyawan yang bekerja secara harian atau borongan, seperti buruh pengangkut barang, buruh bangunan dan lain-lain yang bekerja pada saat tertentu saja (pada saat pabrik membutuhkan). Mereka bekerja berdasarkan nota persetujuan kepala yang membawahinya, atas permintaan kepala bagian yang membutuhkan.

Sistem penggajian dalam perusahaan ini adalah :

#### **a. Gaji bulanan**

Gaji bulanan diberikan kepada karyawan bulanan tetap yang sesuai dengan bidang, kedudukan serta keahliannya masing-masing.

#### **b. Gaji harian**



Gaji harian diberikan kepada karyawan harian tetap yang besarnya tergantung pada keahlian dan masa kerjanya. Gaji harian diberikan pada setiap hari sabtu.

c. Gaji borongan

Gaji borongan diberikan kepada karyawan harian lepas atau pekerja borongan.

### Sistem Kerja

Pabrik Base oil pelumas direncanakan bekerja 330 hari per tahun dengan 24 jam kerja per hari. Dengan pekerjaan yang membutuhkan pengawasan terus-menerus selama 24 jam para karyawan diberikan jadwal bergilir (shift). Untuk ini jam kerja dibagi dalam tiga waktu kerja dimana tiap shift dibagi masing-masing 8 jam. Distribusi jam kerja diatur sebagai berikut :

Shift I (pagi)	:	06:00 – 14:00
Shift II (siang)	:	14:00 – 22:00
Shift III (malam)	:	22:00 – 06:00

Penggantian shift dilakukan dengan sistem 222 ( 2 hari malam, 2 hari pagi, 2 hari sore dan 1 hari libur ). Setiap hari kerja terdapat satu grup yang libur.

Untuk pekerjaan yang tidak memerlukan pengawasan terus-menerus (*non-shift*) pembagian jam kerja dilakukan sebagai berikut :

Senin s/d Kamis	:	07:00 – 12:00	-	13:00 – 16:30
Jum'at	:	07:00 – 11:30	-	13:00 – 16:00
Sabtu	:	08:00 – 12:00		

### Jaminan Sosial

Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan meliputi :

a. Tunjangan

- Tunjangan diluar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang dilakukan
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja diluar jam kerja (khusus untuk tenaga kerja shift)

**b. Fasilitas**

- Disediakan kendaraan Dinas berupa :
  - Kendaraan roda empat bagi Direktur dan Kepala bagian
  - Disediakan kendaraan antar jemput bagi kepala seksi dan karyawan bawahannya, atau diganti dengan uang transport yang sesuai
- Setiap karyawan diberi dua pasang pakaian kerja, perlengkapan - penunjang keselamatan kerja yang sesuai dengan bidang yang ditanganinya

**c. Pengobatan**

- Pengobatan ringan dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan kepada tenaga kerja yang membutuhkan
- Untuk pengobatan berat diberikan penggantian ongkos sebesar 50 % secara langsung kepada rumah sakit, dokter dan apotek yang bersangkutan yang ditentukan oleh perusahaan
- Karyawan yang mengalami gangguan kesehatan atau kecelakaan dalam melaksanakan tugasnya untuk perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan sepenuhnya

**d. Cuti**

- Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk pertimbangan ijinnya
- Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter
- Cuti hamil selama dua bulan bagi tenaga kerja wanita
- Cuti untuk keperluan dinas atau perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu

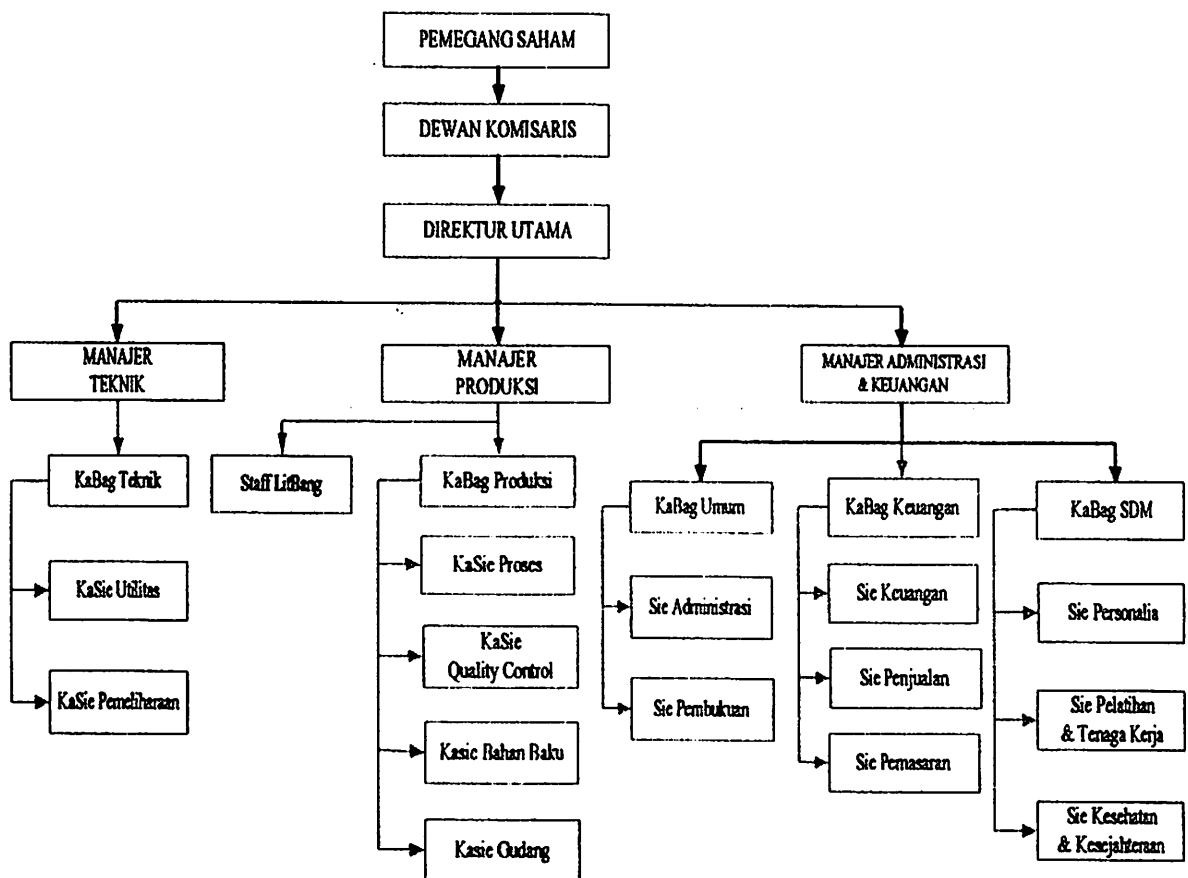
**Macam Absensi**

Mengingat akan disiplin karyawan untuk menunjang lancarnya produksi maka perlu diadakan suatu peraturan absensi berupa cuti yang terdiri dari :

- Cuti selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan selama satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan lagi.
- Cuti hamil bagi karyawan wanita satu bulan sebelum melahirkan dan satu bulan setelah melahirkan.

### Struktur Organisasi

Struktur organisasi yang direncanakan adalah bentuk garis dan staff. komisaris mengangkat seorang direktur utama sebagai pimpinan tertinggi.



Gambar 6.1 Struktur organisasi Pabrik Base Oil Pelumas

## BAB XI

### ANALISA EKONOMI

Perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor – faktor ekonomi yang menentukan apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Faktor – faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung – rugi dalam mendirikan pabrik *Lube base oil di minyak biji jarak* adalah sebagai berikut :

- *Return On Investment (ROI)*
- *Pay Out Time (POT)*
- *Break Even Point (BEP)*
- *Internal Rate of Return (IRR)*

Sedangkan untuk menghitung faktor – faktor di atas perlu diadakan penaksiran beberapa hal yang menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses, yaitu :

#### 11.1. Faktor – faktor Penentu

##### 11.1.1. *Total Capital Investment (TCI)*

Yaitu modal yang diperlukan untuk mendirikan pabrik sebelum berproduksi.

TCI ini terdiri atas :

#### 1. *Fixed Capital Investment (FCI)*

##### 1.1 Biaya Langsung (*Direct Cost*), meliputi :

- Peralatan
  - Peralatan sesuai dengan diagram alir
  - Suku cadang
  - Peralatan tambahan
  - Biaya inflasi
  - Pajak dan asuransi
  - Modifikasi selama *start-up*
- Instalasi peralatan :
  - Instalasi sesuai dengan diagram alir
  - Pondasi, isolasi, cat
- Instrument dan kontrol

- Perpipaan
- Peralatan listrik
  - Motor, kabel, bahan listrik, dll
- Bangunan
  - Proses, perawatan, pelayanan
- Lahan pengembangan
- Fasilitas pelayanan
  - Utilitas (steam, listrik, air)
  - IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah)
  - Distribusi dan pengemasan
- Tanah

1.2 Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*), meliputi :

- Teknik dan supervisi
- Konstruksi
- Kontraktor
- Biaya tak terduga

2. *Working Capital Investment (WCI)*

Yaitu modal untuk menjalankan pabrik yang berhubungan dengan laju produksi, meliputi :

- a. Penyediaan bahan baku
- b. Gaji dalam waktu tertentu
- c. Supervisi
- d. Utilitas dalam waktu tertentu
- e. Laboratorium
- f. Pemeliharaan
- g. Uang tunai
- h. Paten dan royalti
- i. Pengemasan produk dalam waktu tertentu

Maka :

$$\text{Total Capital Investment (TCI)} = \text{Modal Tetap (FCI)} + \text{Modal Kerja (WCI)}$$

### 11.1.2. *Total Production Cost (TPC)*

Total biaya produksi adalah biaya yang digunakan untuk operasi pabrik atau biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan satu satuan produk dalam waktu tertentu.

Biaya produksi terdiri dari :

- a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*), terdiri atas :
  - Biaya Produksi Langsung (DPC)
  - Biaya Produksi Tetap (FC)
  - Biaya *Overhead* Pabrik
- b. Biaya Umum (*General Expenses*), yaitu biaya yang tidak berhubungan langsung dengan produksi, terdiri atas :
  - Biaya administrasi
  - Biaya distribusi dan pemasaran
  - Penelitian dan pengembangan
  - *Financing*

Biaya produksi total terbagi menjadi :

- a. Biaya Variabel (*Variable Cost = VC*)
 

Biaya variabel adalah semua biaya yang pengeluarannya berbanding lurus dengan laju produksi atau biaya yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara langsung. Biaya variabel terdiri dari :

  - Biaya bahan baku
  - Biaya utilitas
  - Biaya pengemasan
- b. Biaya Semi Variabel (*Semi Variable Cost = SVC*)
 

Biaya semi variabel adalah biaya pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi atau yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara tidak langsung. Biaya semi variabel terdiri dari :

  - Gaji karyawan
  - *Plant Overhead*
  - Pemeliharaan dan perbaikan
  - Laboratorium
  - *Operating Supplies*
  - Biaya umum
  - Supervisi

c. Biaya Tetap (*Fixed Cost* = FC)

Biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan secara tetap, tidak tergantung pada kapasitas pabrik. Biaya tetap terdiri dari :

- Asuransi
- Depresiasi
- Pajak

## 11.2. Metode Penafsiran Harga

Penafsiran harga peralatan setiap tahun mengalami perubahan sesuai dengan kondisi perekonomian yang ada. Untuk penafsiran harga peralatan, diperlukan indeks yang dapat dipergunakan untuk mengkonversi harga peralatan pada masa lalu, sehingga diperoleh harga saat ini. Maka digunakan persamaan :

$$C_x = C_k \frac{I_x}{I_k}$$

(Peters and Timmerhaus, hal 164)

dimana :

- $C_x$  = tafsiran harga saat ini
- $C_k$  = tafsiran harga alat pada tahun k
- $I_x$  = indeks harga saat ini
- $I_k$  = indeks harga tahun k

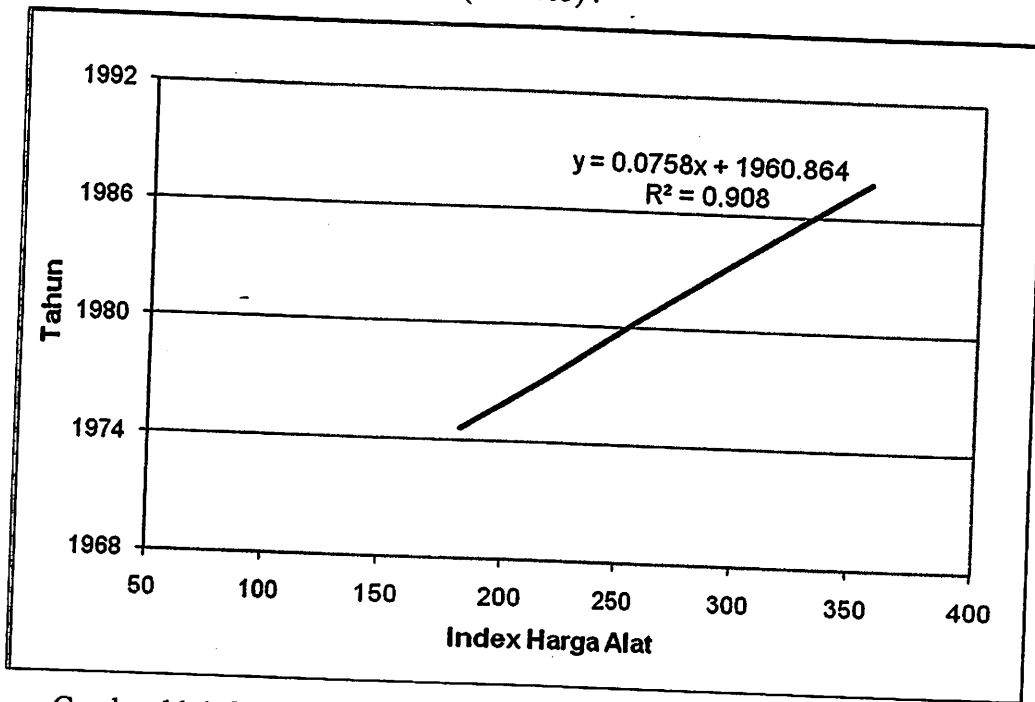
Sedangkan untuk menafsir harga alat yang sama dengan kapasitas yang berbeda digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_A = V_B \left( \frac{C_A}{C_B} \right)^n$$

dimana :

- $V_A$  = harga alat A
- $V_B$  = harga alat B
- $C_A$  = kapasitas alat A
- $C_B$  = kapasitas alat B
- n = eksponen harga alat

Indeks harga alat Pra Rencana Pabrik *High Fructose Syrup* pada harga alat yang terdapat pada *Peters and Timmerhaus* (hal. 163) :



Gambar 11.1 Grafik Hubungan antara Indeks Harga Alat dengan Tahun

Dari persamaan linier di atas, maka didapatkan indeks harga alat pada tahun 2014 adalah sebesar 701,31 (Appendiks E). Dari perhitungan diperoleh :

- Harga total peralatan = Rp. 47.505.795.617
- Harga total bahan baku = Rp. 266.297.977.722 / tahun
- Gaji karyawan = Rp. 10.284.000.000 / tahun
- Biaya total utilitas = Rp. 6.614.072.888 / tahun
- Harga total penjualan = Rp. 698.783.414.666 / tahun



**11.3. Penentuan *Total Capital Investment* (TCI)**

**A. Biaya Langsung (DC)**

<b>Direct Cost (DC)</b>				
Harga Peralatan		E	Rp	47.505.795.617
Instrument dan Control	0,13	E	Rp	6.175.753.430
Perpipaan terpasang	0,1	E	Rp	4.750.579.562
Listrik terpasang	0,05	E	Rp	2.375.289.781
Tanah	0,08	E	Rp	3.800.463.649
Bangunan	0,2	E	Rp	9.501.159.123
Instalasi Alat	0,4	E	Rp	19.002.318.247
Pengembangan Lahan	0,05	E	Rp	2.375.289.781
Service Facilities	0,3	E	Rp	14.251.738.685
<b>Total Direct Cost</b>			<b>Rp</b>	<b>109.738.387.876</b>

**B. Biaya Tak Langsung (IC)**

<b>Indirect Cost (IC)</b>				
Engineering dan Supervisi	0,35	E	Rp	16.627.028.466
Konstruksi	0,4	E	Rp	19.002.318.247
<b>Total Indirect Cost</b>			<b>Rp</b>	<b>35.629.346.713</b>

**C. Fixed Capital Investment (FCI)**

<b>Fixed Capital Investment (FCI)</b>				
Biaya Langsung (DC) + Biaya Tak Langsung (IC)			Rp	145.367.734.589
Biaya Kontraktor	1% (DC + IC)		Rp	1.453.677.346
Biaya Tak Terduga	5% (DC + IC)		Rp	7.268.386.729
<b>Total Fixed Capital Investment</b>			<b>Rp</b>	<b>154.089.798.664</b>

**D. *Total Capital Investment* (TCI)**

$$\begin{aligned}
 \text{TCI} &= \text{WCI} + \text{FCI} \\
 &= 0,15 \text{ TCI} + \text{Rp. } 154.089.798.664 \\
 &= \text{Rp } 181.282.116.076
 \end{aligned}$$

**E. Modal Kerja / *Work Capital Investment* (WCI)**

$$\begin{aligned}
 \text{WCI} &= 15\% \times \text{TCI} \\
 &= 15\% \times \text{Rp. } 181.282.116.076 \\
 &= \text{Rp } 27.192.317.411
 \end{aligned}$$

**F. Modal Perusahaan**

a.	Modal sendiri	60%	TCI	Rp 108.769.269.645
b.	Modal pinjaman	40%	TCI	Rp 72.512.846.430
<b>Total</b>				<b>Rp 181.282.116.076</b>

**11.4. Penentuan Total Production Cost (TPC)**

**A. Manufacturing Cost (MC)**

a. **Biaya Produksi Langsung (DPC)**

<b>Direct Production Cost (DPC)</b>			
Bahan Baku untuk 1 tahun			Rp 266.297.977.722
Gaji Karyawan untuk 1 tahun		GK	Rp 10.284.000.000
Utilitas untuk 1 tahun			Rp 6.614.072.888
Biaya Pengemasan untuk 1 thn			Rp 17.917.523.453
Pemeliharaan	1%	FCI	Rp 1.540.897.987
Laboratorium	8%	GK	Rp 822.720.000
Patent dan Royalti	1%	DC +IC	Rp 1.453.677.346
Supervisi	15%	FCI	Rp 154.089.798.664
Operation Supplies	20%	FCI	Rp 30.817.959.733
<b>Total Direct Production Cost</b>			<b>Rp 489.838.627.793</b>

b. **Biaya Tetap (FC)**

<b>Fixed Cost (FC)</b>			
Depresiasi Alat	13%	FCI	Rp 20.031.673.826
Depresiasi Bangunan	1%	FCI	Rp 1.540.897.987
Pajak Kekayaan	2%	FCI	Rp 3.081.795.973
Asuransi	3%	FCI	Rp 4.622.693.960
Bunga Pinjaman	14%	MP	Rp 10.151.798.500
<b>Total Fixed Cost</b>			<b>Rp 59.460.534.073</b>

c. **Biaya Overhead (OPC)**

Biaya Overhead	=	40% Gaji Karyawan
	=	<b>Rp 4.113.600.000</b>

**Manufacturing Cost (MC)** = DPC + FC + OPC  
 = **Rp 553.412.761.866**

**B. General Expenses (GE)**

General Expenses (GE)			
Administrasi	0,15	GK	Rp 1.542.600.000
Distribusi	0,02	DPC	Rp 9.796.772.556
Litbang (R&D)	0,03	DPC	Rp 14.695.158.834
<b>Total General Expenses</b>			<b>Rp 26.034.531.390</b>

**C. Total Production Cost (TPC)**

$$\begin{aligned}
 \text{TPC} &= \text{MC} + \text{GE} \\
 &= \text{Rp. } 553.412.761.866 + \text{Rp. } 26.034.531.390 \\
 &= \text{Rp. } 579.447.293.255
 \end{aligned}$$

**11.5. Penentuan Laba Perusahaan**

Hasil Penjualan untuk 1 tahun

Total penjualan	Rp. 698.783.414.666
Biaya produksi ( <i>Total Production Cost</i> )	Rp. 579.447.293.255
Laba kotor ( <i>Gross Earning</i> )	Rp 119.336.121.411
Pajak penghasilan	Rp 41.767.642.494
Laba bersih ( <i>Net Earning</i> )	Rp 77.568.478.917

Ditetapkan untuk pajak penghasilan

Besarnya Penghasilan (Rp)	Prosentase Pajak
0 – 500.000.000	15%
500.000.000 – 750.000.000	25%
> 750.000.000	35%

Nilai penerimaan *Cash Flow* setelah pajak ( $C_A$ )

$$\begin{aligned}
 C_A &= \text{labu bersih} + \text{deperesiasi alat} \\
 &= \text{Rp } 77.568.478.917 + \text{Rp } 20.031.673.826 \\
 &= \text{Rp } 97.600.152.743
 \end{aligned}$$

### 11.6. Waktu Pengembalian Modal / *Pay Out Time* (POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung dikurangi penyusutan atau waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal investasi.

$$POT = \frac{FCI}{\text{Cash Flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun}$$

$$POT = \frac{\text{Rp. 154.089.798.664}}{\text{Rp 97.600.152.743}} \times 1 \text{ tahun}$$

$$= 1,57 \approx 2 \text{ tahun}$$

### 11.7. Laju Pengembalian Modal / *Rate Of Investment* (ROI)

Laju Pengembalian Modal / *Rate Of Investment* (ROI) adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

# ROI sebelum pajak

$$ROI_{BT} = \frac{\text{laba kotor}}{FCI} \times 100\%$$

$$ROI_{BT} = \frac{\text{Rp 119.336.121.411}}{\text{Rp. 154.089.798.664}} \times 100\%$$

$$= 77,46\%$$

# ROI setelah pajak

$$ROI_{AT} = \frac{\text{laba bersih}}{FCI} \times 100\%$$

$$ROI_{AT} = \frac{\text{Rp 77.568.478.917}}{\text{Rp. 154.089.798.664}} \times 100\%$$

$$= 50,34\%$$

$ROI_{AT} >$  bunga pinjaman yang ditetapkan (14%), maka pabrik layak didirikan.

11.8. Break Event Point (BEP)

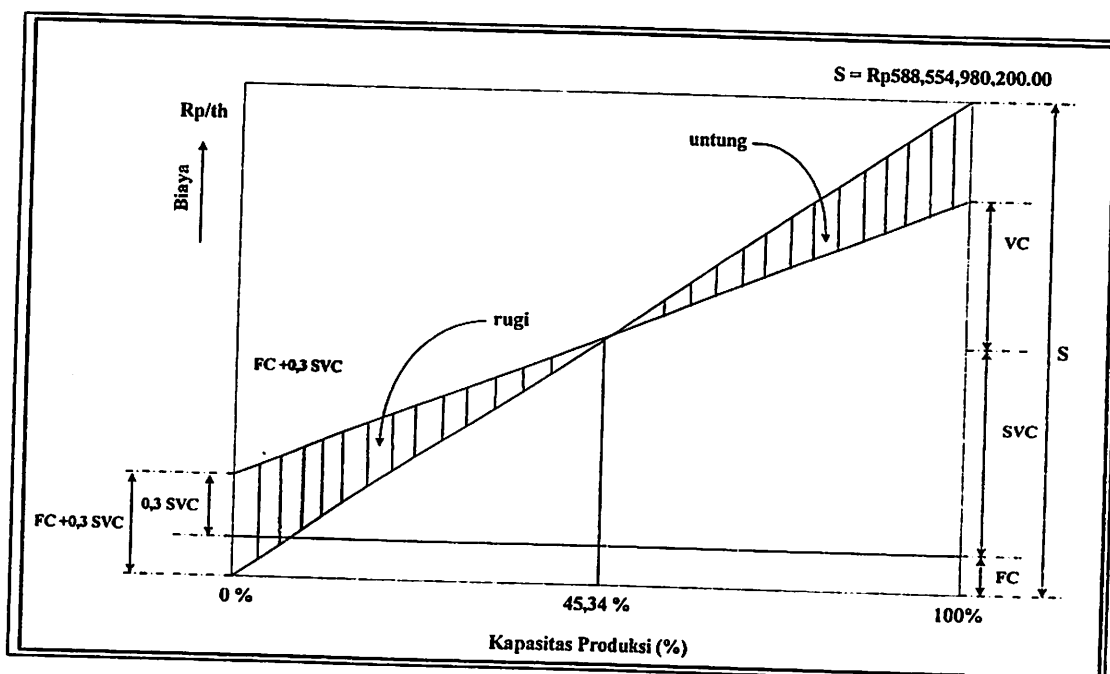
<b>A</b>	<b>Biaya produksi tetap (FC)</b>	<b>Rp 59.460.534.073</b>
<b>B</b>	<b>Biaya Semi Variabel (SVC)</b>	
	Biaya Umum (GE)	Rp 26.034.531.390
	Biaya Overhead	Rp 4.113.600.000
	Biaya Laboratorium	Rp 822.720.000
	Gaji Karyawan	Rp 10.284.000.000
	Supervisi	Rp 154.089.798.664
	Perawatan dan Pemeliharaan	Rp 1.540.897.987
	<b>TOTAL</b>	<b>Rp 196.885.548.041</b>
<b>C</b>	<b>Biaya Variabel (VC)</b>	
	Bahan baku	Rp 266.297.977.722
	Utilitas	Rp 6.614.072.888
	Biaya Pengemasan	Rp 17.917.523.453
	<b>TOTAL</b>	<b>Rp 290.829.574.063</b>
<b>D</b>	<b>Total Penjualan Produk (S)</b>	<b>Rp 698.783.414.666</b>

$$BEP = \frac{FC + (0,3 SVC)}{S - 0,7 SVC - VC} \times 100\%$$

=

Rp 59.460.534.073	+	Rp 59.065.664.412			
Rp 698.783.414.666	-	Rp 137.819.883.628	-	Rp 290.829.574.063	

= 43,88%



Gambar 11.2 Kurva BEP Pra Rencana Pabrik *Lube Base Oil* dari Minyak Biji Jarak  
 Titik BEP terjadi pada kapasitas produksi = 43,88% x 40000 ton/th  
 = 17.550,73 ton/th

Nilai BEP untuk Pabrik *Lube Base Oil* dari Minyak Biji Jarak berada di antara nilai 40% - 60%, sehingga nilai BEP di atas memadai.

Untuk produksi tahun pertama, kapasitas pabrik 80% dari kapasitas yang sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{P_{Bi}}{P_B} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \%kapasitas)}{(100 - BEP)}$$

Di mana :  $P_{Bi}$  = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (di bawah 100%)

$P_B$  = keuntungan pada kapasitas 100%

% kapasitas = % kapasitas yang tercapai

$P_{Bi}$	=	$\frac{(100 - 43,88) - (100 - 80)}{100 - 43,88}$
Rp 77.568.478.917		

$P_{Bi} = \text{Rp } 49.924.687.428$

sehingga, *Cash Flow* setelah pajak untuk tahun pertama adalah :

$$\begin{aligned} C_{A-1} &= P_{Bi} + \text{depresiasi alat} \\ &= \text{Rp } 49.924.687.428 + \text{Rp } 20.031.673.826 \\ &= \text{Rp } 69.956.361.255 \end{aligned}$$

### 11.9. Shut Down Point (SDP)

*Shut Down Point* adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal suatu pabrik yang masih boleh beroperasi.

$$SDP = \frac{0,3 SVC}{S - 0,7SVC - VC} \times 100\%$$

$$\frac{\text{Rp } 59.065.664.412}{\text{Rp } 270.133.956.975} \times 100\%$$

$$= 21,87 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Titik SDP terjadi pada kapasitas produksi} &= 21,87\% \times 40000 \text{ ton/th} \\ &= 8748 \text{ ton/th} \end{aligned}$$

### 11.10. *Net Present Value* (NPV)

Metode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih dengan nilai investasi sekarang.

Langkah-langkah menghitung NPV :

a. Menghitung  $C_{A-0}$  (tahun ke-0) untuk masa konstruksi 2 tahun

$$\begin{aligned} C_{A-2} &= 40\% \times \text{FCI} \times (1 + i)^2 \\ &= 40\% \times \text{Rp. } 154.089.798.664 \times (1 + 0.2)^2 \\ &= \text{Rp } 88.755.724.031 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{A-1} &= 60\% \times \text{FCI} \times (1 + i)^2 \\ &= 60\% \times \text{Rp. } 154.089.798.664 \times (1 + 0.2)^1 \\ &= \text{Rp}110.944.655.038 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{A-0} &= - (C_{A-2} + C_{A-1}) \\ &= - ( \text{Rp.}88.755.724.031 + \text{Rp.}110.944.655.038 ) \\ &= - \text{Rp}199.700.379.069 \end{aligned}$$

b. Menghitung NPV tiap tahun

$$\text{NPV} = C_A \times F_d$$

dimana :

$$C_A = \text{Cash flow setelah pajak}$$

$$F_d = \text{faktor diskon} = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

$$n = \text{tahun ke-n}$$

$$i = \text{tingkat bunga bank ( bunga bank} = 14\% )$$

Tabel 11.1. *Cash Flow* untuk NPV selama 10 tahun

Tahun (n)	Cash Flow/CA (Rp)	Fd (i = 0,14)	PV
0	-199.700.379.069	1	-199.700.379.069
1	69.956.361.255	0,877	61.365.229.171
2	97.600.152.743	0,769	75.100.148.310
3	97.600.152.743	0,675	65.877.323.079
4	97.600.152.743	0,592	57.787.125.508
5	97.600.152.743	0,519	50.690.460.972
6	97.600.152.743	0,456	44.465.316.642
7	97.600.152.743	0,400	39.004.663.721
8	97.600.152.743	0,351	34.214.617.299
9	97.600.152.743	0,308	30.012.822.192
10	97.600.152.743	0,270	26.327.037.011
Nilai Sisa	0	0,1615	0,0000
WCI	27.192.317.411	0,2697	7.334.959.288
Jumlah			292.479.324.123

Karena harga NPV = (+), maka pabrik *Lube Base Oil* dari *Minyak Biji Jarak* layak untuk didirikan.

### 11.11. *Internal Rate of Return (IRR)*

Metode ini digunakan untuk menghitung tingkat bunga yang menyamakan nilai investasi sekarang dengan nilai penerimaan kas bersih yang akan datang.

Tabel 11.2. *Cash flow* untuk IRR

Tahun (n)	Cash Flow/CA (Rp)	Fd (i = 0,14)	PV1	Fd (i = 0,3)	PV2
0	-199.700.379.069	1,0000	-199.700.379.069	1,0000	-199.700.379.069
1	69.956.361.255	0,8772	61.365.229.171	0,7692	53.812.585.581
2	97.600.152.743	0,7695	75.100.148.310	0,5917	57.751.569.671
3	97.600.152.743	0,6750	65.877.323.079	0,4552	44.424.284.362
4	97.600.152.743	0,5921	57.787.125.508	0,3501	34.172.526.432
5	97.600.152.743	0,5194	50.690.460.972	0,2693	26.286.558.794
6	97.600.152.743	0,4556	44.465.316.642	0,2072	20.220.429.842
7	97.600.152.743	0,3996	39.004.663.721	0,1594	15.554.176.801
8	97.600.152.743	0,3506	34.214.617.299	0,1226	11.964.751.386
9	97.600.152.743	0,3075	30.012.822.192	0,0943	9.203.654.912
10	97.600.152.743	0,2697	26.327.037.011	0,0725	7.079.734.548
Nilai Sisa	0	0,2697	0	0,0725	0
WCI	27.192.317.411	0,2697	7.334.959.288	0,0725	1.972.480.407
Jumlah			292.479.324.123		82.742.373.666



$$\begin{aligned} \text{IRR} &= i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \times (i_2 - i_1) \\ &= 14\% + \frac{\text{Rp } 292.479.324.123}{\text{Rp } 292.479.324.123 - \text{Rp } 82.742.373.666} \times (30\% - 14\%) \\ &= 36,3\% \end{aligned}$$

Karena  $\text{IRR} > \text{bunga bank (14\%)}$ , maka Pabrik *Lube Base Oil dari Minyak Biji Jarak* layak untuk didirikan.



## **BAB XII**

### **KESIMPULAN**

Pra Rencana Pabrik Lube Base Oil ( Tmp Ester ) dari minyak biji jarak dengan proses esterifikasi diharapkan dapat mencapai hasil produksi yang maksimal sesuai dengan tujuan, sehingga dapat memenuhi kebutuhan masyarakat dalam negeri.

Dari hasil analisis yang dilakukan, Pra Pabrik Lube Base Oil ( Tmp Ester ) dari minyak biji jarak ini layak untuk ditindaklanjuti dengan memperhatikan beberapa aspek berikut :

#### **12.1. Segi Teknik**

Bila ditinjau dari segi teknik, proses pembuatan Isopropyl -Alkohol dari propylene dengan proses hidrasi langsung ini cukup menguntungkan karena hasil yang diperoleh cukup banyak dan kualitasnya cukup baik.

#### **12.2. Segi Sosial**

Pendirian pabrik ini dinilai dari segi sosial karena dapat menciptakan lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat, dapat meningkatkan pendapatan perkapita daerah dan meningkatkan devisa negara.

### 12.3. Segi Lokasi

Penempatan pabrik Pabrik Lube Base Oil ( Tmp Ester ) dari minyak biji jarak di Pasuruan dinilai cukup menguntungkan dari segi lokasi, karena :

- Dekat dengan daerah pemasaran
- Persediaan air yang memadai
- Tenaga kerja yang cukup tersedia
- Persediaan listrik dan bahan bakar yang memadai

### 12.4. Segi Ekonomi

Analisa ekonomi sangat diperlukan untuk mengetahui layak dan tidaknya pabrik itu didirikan, baik dalam jangka waktu pendek maupun jangka panjang. Setelah dilakukan perhitungan analisa ekonomi terhadap, Pabrik Lube Base Oil ( Tmp Ester ) dari minyak biji jarak diperoleh hasil sebagai berikut :

- BEP : 42 %
- POT : 2 tahun 8 bulan
- ROI : 35 %
- IRR : 20.21%

## DAFTAR PUSTAKA

1. Austin, George T, 1975, *Shreve's Chemical Process Industries*, 5<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill-Book Company, Singapore
2. Brown, G.G, 1950, *Unit Operation*, 1<sup>st</sup> Edition, John Wiley & Sons Inc, New York
3. Brownell, L.E and Young, E.H, 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley & Sons Inc, New York
4. ebookpangan, 2006, *Produksi High Fructose Corn Syrup secara Enzimatis*, <http://ebookpangan.com/produksi-high-fructose-corn-syrup-secara-enzimatis> , diakses Desember 2011
5. Geankoplis, C.J, 1993, *Transport Processes and Unit Operations*, 3<sup>rd</sup> Edition, Prentice-Hall of India, New Delhi
6. Guntherjung, and Zlatkis A, 1984, *A Concise Introduction to Organic Chemistry*, McGraw-Hill International Book Company, Singapore
7. Hesse, H.C and Rushton, J.H, 1959, *Process Equipment Design*, 1<sup>st</sup> Edition, D. Van Nostrand Compant, United States Of America
8. Himmelblau, D.M, 1989, *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*, 5<sup>th</sup> Edition, Prentice-Hall International, Singapore
9. Hougen, O.A, and Watson, K.M, 1954, *Chemical Process Principles*, 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley & Sons Inc, New York
10. Hugot, E. and Jenkins, G.H, 1972, *Handbook Of Sugar Cane Engineering*, 2<sup>nd</sup> Edition
11. Kern, D.Q, 1965, *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company, Singapore
12. McCabe, Warren L, Julian C. Smith, Peter Harriot, 1993, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 5<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill Inc, New York
13. Othmer, Kirk, 1979, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3<sup>rd</sup> Edition, John Wiley & Sons Inc, New York
14. Perry, J.H, 1984, *Chemical Engineer's Handbook*, 6<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill Book Company, New York
15. Peters, M.S, and Timmerhaus, K.D, 2003, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill International Book Company, Singapore

16. Smith, J.M, and Van Ness, H.C, 1996, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 5<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill International Book Company, Singapore
17. Ulrich, G.D, 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, 1<sup>st</sup> Edition, John Wiley & Sons, United States of America
18. Vilbrandt, F.C, and Dryden, C.E, 1959, *Chemical Engineering Plant Design*, 4<sup>th</sup> Edition, Mc Graw Hill Book Company, Tokyo
19. Walas, Stanley M, and Couper, James R, 1988, *Chemical Process Equipment – Selection and Design*, University of Kansas, United States of America
20. West, Stuart, and Godfrey Tony, 1996, *Industrial Enzymology*, 2<sup>nd</sup> Edition, MacMillan Press Ltd, London
21. Wikipedia The Free Encyclopedia, 2011, *Zinc Chloride*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Calcium\\_oxide](http://en.wikipedia.org/wiki/Calcium_oxide), diakses Desember 2011
22. Wikipedia The Free Encyclopedia, 2011, *Asam\_sulfate*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Magnesium\\_sulfate](http://en.wikipedia.org/wiki/Magnesium_sulfate), diakses Desember 2011
23. <http://www.matche.com>, diakses Januari 2012
24. <http://www.indonetwork.com.id/cv-batu-jaya-abadi>, diakses Desember 2011
25. <http://www.indonetwork.com.id/cv-racitaalam>, diakses Desember 2011

## APPENDIX A NERACA MASSA

kapasitas produksi =	40000 ton/th	=	5050.5050 kg/jam
waktu operasi =	330 hari/tahun		
basis waktu =	1 jam		
Basis Perhitungan =	6408.8 kg/jam		

### **Komposisi Castor Seed (Kirk Othmer, 1964)**

Minyak =	0.75 %
Bungkil =	0.25 %

### **Komposisi Castor Oil**

TGS =	0.94
FFA =	0.002
H <sub>2</sub> O =	0.0055
Monogliseride =	0.034
Phospholipid =	0.0185

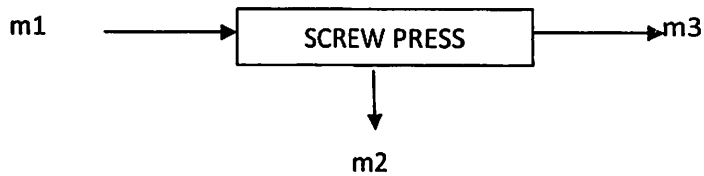
### **Keterangan :**

Phospholipid ada 2 macam, yaitu :

1. non hydratable phosphatid (NHP) = 10 %
2. hydratable phosphatid (HP) = 90 % (*Bailey, vol. 2*)

### 1. SCREW PRESS (J-110)

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak dari biji jarak



#### Komposisi Castor Seed

Komponen	Fraksi	Massa (kg)
minyak	0,75	4806,600
Bungkil	0,25	1602,200

setelah melalui expeller, sisa minyak yg terikut dalam ampas sebesar 3 - 5 % dan bungkil yg terikut dlm minyak sebesar 2 %

Ampas = x

Minyak Biji Jarak = y

Minyak terikut dalam ampas = 5%                    x

Bungkil terikut dalam Minyak = 2%                    y

$$\begin{array}{rcl}
 x + y & = & 6408,8 \\
 0.05 x + 0.98 y & = & 4806,6
 \end{array}
 \left| \begin{array}{l} x \\ x \end{array} \right.
 \begin{array}{l} 0,05 \\ 1 \end{array}
 \left| \begin{array}{l} 0.05 x + 0.05 y \\ 0.05 x + 0.98 y \end{array} \right.
 \begin{array}{l} = \\ = \end{array}
 \begin{array}{l} 320,44 \\ 4806,6 \end{array}$$


---


$$\begin{array}{rcl}
 & & - 0.93 y \\
 & & = -4486,16 \\
 & y & = 4823,82796
 \end{array}$$

Sehingga :

$$\begin{array}{rcl}
 0.05 x + 0.98 () & = & 4806,600 \\
 0.05 x & = & 79,249 \\
 x & = & 1584,972
 \end{array}$$

Maka :

$$\text{Minyak Terikut dalam ampas} = 0.05 \times 1584.97 = 79.25 \quad \text{Kg/jam}$$

$$\text{Bungkil Terikut dalam minyak} = 0.02 \times 4823.83 = 96.48 \quad \text{Kg/jam}$$

$$\text{Minyak biji jarak total} = 4823.83 - 79.25 = 4744.58 \quad \text{Kg/jam}$$

$$\text{Ampas total} = 1584.97 - 96.48 = 1488.5 \quad \text{Kg/jam}$$

**Komposisi Minyak Biji Jarak**

Komposisi	fraksi	jumlah Total ( kg )	jumlah ( kg )
Trigliseride (TGS)	94%	4744,58	4.459,90
Fatty Acid (FFA)	0.20%	4744,58	948,92
Air (H <sub>2</sub> O)	0.55%	4744,58	2.609,52
Monogliseride (MGS)	3.40%	4744,58	161,32
Phospolipid	1.85%	4744,58	87,77

Phospolipid	fraksi	jumlah Total ( kg )	jumlah ( kg )
Hydratable Phospolipid	90%	88	79
Non Hydratable Phospolipid	10%	88	9

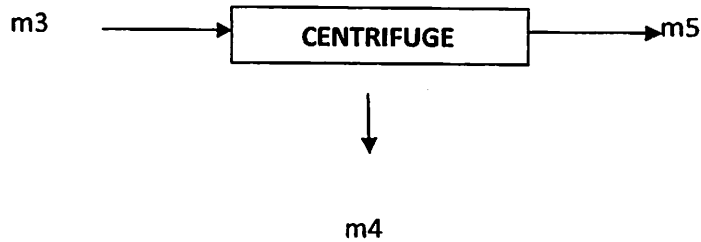
Neraca massa pada Screw Press :

Masuk	(kg/jam)	Keluar	(kg/jam)
Biji jarak ( ml )		minyak biji jarak ( m3 )	
Minyak	4806,600	Bungkil	96,477
Bungkil (Padatan)	1602,200	Trigliserida	4459,905
	<b>6408,800</b>	FFA	9,489
		H <sub>2</sub> O	26,095
		Monogliserida	161,316
		Nonhydratable Pospatid	8,777
		hydratable Pospatid	78,997
			<b>4841,056</b>
		Ampas ( m2 )	
		Minyak	79,249
		Bungkil (Padatan)	1488,495
			<b>1567,744</b>
<b>Total</b>	<b>6408,800</b>	<b>Total</b>	<b>6408,800</b>



## 2. CENTRIFUGE I (H-114)

Fungsi : Untuk memisahkan minyak dan padatan didalamnya.



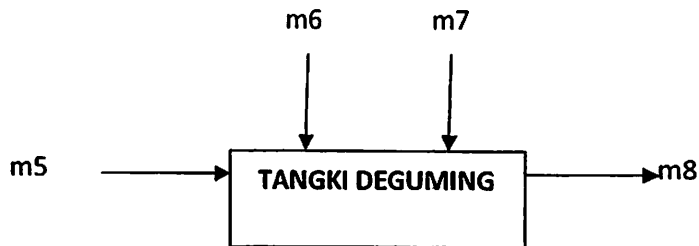
pada centriuge, bungkil yang terikut dalam aliran 6 sebesar 1% dari jumlah bungkil =  
 $0.01 \times 96.477 = 0.9647 \text{ kg}$

Bungkil yang terpisah dari minyak = 95.512 kg

### Neraca Masa Centrifuge I

Masuk	(kg/jam)	Keluar	(kg/jam)
Minyak biji jarak ( m3 )		Minyak jarak ( m5)	
Solid	96,477	solid terikut	0,964765591
Trigliserida	4459,905	Trigliserida	4459,905
FFA	9,489	FFA	9,489
H2O	26,095	H2O	26,095
Monogliserida	161,316	Monogliserida	161,316
Nonhydratable Pospatid	8,777	Nonhydratable Pospatid	8,777
hydratable Pospatid	78,997	hydratable Pospatid	78,997
			<b>4745,544</b>
		Padatan ( m4 )	
		Solid	95,512
<b>Total</b>	<b>4841,056</b>	<b>Total</b>	<b>4841,056</b>

**3.TANGKI DEGUMMING** Fungsi : Untuk menggumpalkan gum non-hydratable phosphat (NHP)  $H_3PO_4$  dan Hidratable Phospat dengan ditambahkan  $H_3PO_4$  dan  $H_2$



penambahan  $H_3PO_4$  75 % sebanyak 0,05 - 0,2 % dari total minyak masuk diambil 0.1%  
 $= 0,001 \times 4745.544 \text{ kg}$   
 $= 4.745 \text{ kg}$

komposisi  $H_3PO_4$  0,85 x 4.745 = 4.03 kg  
 $H_2O$  0,15 x 4.745 = 0.73 kg

Asumsi : pada proses penggumpalan tidak terjadi reaksi

Gum = jml  $H_3PO_4$  + NHP + Bungkil terikut  
 $= 4.03 + 8.77 + 0.9647$   
 $= 15.23 \text{ kg}$

penambahan  $H_2O$  sebanyak 1,5 - 3 % dari total minyak masuk ,diambil 2% (Bailey vol.  
 $= 0,020 \times 4745.544$   
 $= 95.034 \text{ kg/jam}$

Gum HP yang terlarut = jumlah  $H_2O$  + HP  
 $= 95.034 + 78.977$   
 $= 174.032 \text{ kg/jam}$

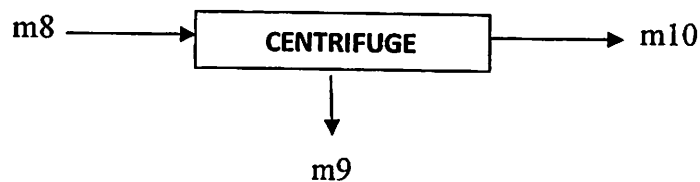
Neraca massa pada Tangki Degumming :

Masuk	(kg/jam)	Keluar	(kg/jam)
<b>Minyak jarak ( m5 )</b>		<b>minyak dan Gum ( m8 )</b>	
Trigliserida	4459,905	Trigliserida	4459,905
FFA	9,489	FFA	9,489
H <sub>2</sub> O	26,807	H <sub>2</sub> O	26,807
Monogliserida	161,316	Monogliserida	161,316
hydratable Pospatid	78,997	Nonhydratable Pospatid	- 15,203
Nonhydratable Pospatid	15,203	hydratable Pospatid	174,032
<b>m6</b>			
H <sub>2</sub> O	95,034		
<b>m7</b>			
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>			
<b>Total</b>	<b>4846,751</b>	<b>Total</b>	<b>4846,751</b>

#### 4. CENTRIFUGE II (H-223)

Fungsi : Untuk memisahkan gum NHP dan HP dalam minyak,

Minyak terikut sebesar 1% dari total minyak masuk tanpa GUM

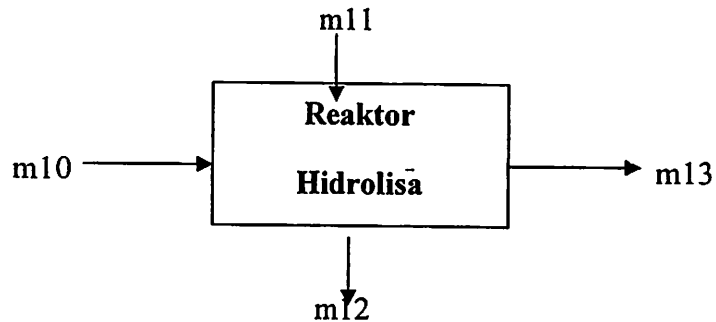


Neraca Massa pada Centrifuge II

Masuk	(kg/jam)	Keluar	(kg/jam)
<b>Minyak + GUM ( m8 )</b>		<b>Minyak jarak ( m10 )</b>	
Trigliserida	4459,905	Trigliserida	4458,093
H <sub>2</sub> O	26,807	H <sub>2</sub> O	26,796
FFA	9,489	FFA	9,485
Monogliserida	161,316	Monogliserida	161,250
			<b>4655,624</b>
		<b>GUM ( m9 )</b>	
Nonhydratable Pospatid	15,203	Nonhydratable Pospatid	15,203
hydratable Pospatid	174,032	hydratable Pospatid	174,032
		Minyak	1,892
			<b>191,127</b>
<b>Total</b>	<b>4846,751</b>	<b>Total</b>	<b>4846,751</b>

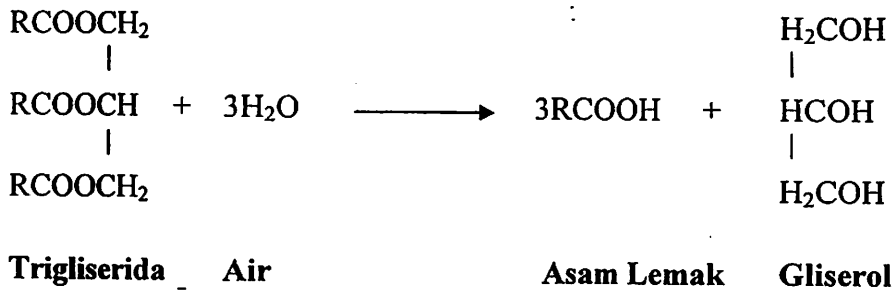
### 5. REAKTOR HIDROLISA (R-310)

Fungsi : Untuk mereaksikan trigliserida dengan air sehingga diperoleh asam lemak. Konversi Reaksi 98% (Groggins,1950)



KOMPONEN	Fraksi	BM Komponen	BM
<b>MONOGLISERIDA</b>			
monoricinoleic (C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>5</sub> )	0.87	372	323.64
monooleaic (C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>4</sub> )	0.07	356	24.92
monolinoleic (C <sub>21</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub> )	0.03	354	10.62
monopalmitat (C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub> )	0.02	330	6.6
monostearic (C <sub>21</sub> H <sub>42</sub> O <sub>4</sub> )	0.01	358	3.58
		<b>BM TOTAL</b>	<b>369.36</b>
<b>TRIGLISERIDA</b>			
triricinoleic (C <sub>57</sub> H <sub>104</sub> O <sub>9</sub> )	0.87	932	810.84
trioleaic (C <sub>57</sub> H <sub>104</sub> O <sub>6</sub> )	0.07	884	61.88
trilinoleic (C <sub>57</sub> H <sub>98</sub> O <sub>6</sub> )	0.03	878	26.34
tripalmitat (C <sub>51</sub> H <sub>98</sub> O <sub>6</sub> )	0.02	806	16.12
tristearic (C <sub>57</sub> H <sub>110</sub> O <sub>6</sub> )	0.01	890	8.9
	1	<b>BM TOTAL</b>	<b>924.08</b>
<b>AS. LEMAK</b>			
As.ricinoleic (C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>3</sub> )	298	0.87	259.26
As.oleaic (C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> )	282	0.07	19.74
As.linoleic (C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> )	280	0.03	8.4
As.palmitat (C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> )	256	0.02	5.12
As.stearic (C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub> )	284	0.01	2.84
Total mol terbentuk		<b>BM Total</b>	<b>295.360</b>
<b>AIR (H<sub>2</sub>O)</b>	1	18	<b>18</b>
<b>Gliserol (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>)</b>	1	92	<b>98</b>

Reaksi Hydrolysis I yang terjadi adalah sebagai berikut

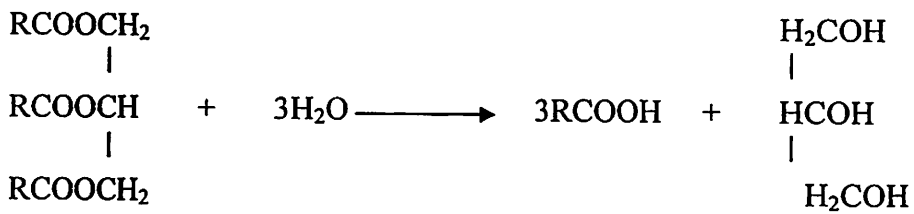


Mol Tri gliserida mula – mula = Masa Trigliserida Masuk : BM  
 = 4458,093 : 924.08 = 5,113mol

Mol Trigliserida Bereaksi = Mol mula - mula x konversi  
 = 5,113x 0.98 = 5,011 mol

Mol H<sub>2</sub>O bereaksi = mol Trigliserida Bereaksi x koefisien  
 = 5,011 x 3 = 15,033 mol

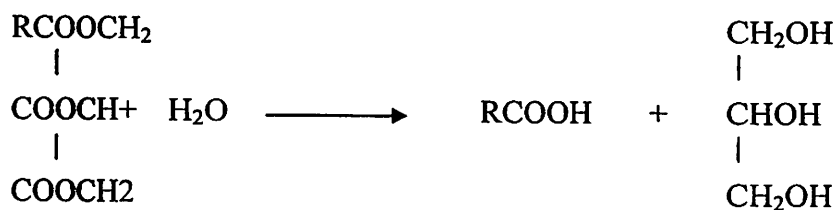
Mol H<sub>2</sub>O Mula – mula = mol H<sub>2</sub>O bereaksi / konversi reaksi  
 = 15,033 / 0.98 = 15.340 mol



Mula - mula	5,113	15,340		
reaksi	5,011	15,033	15,033	5,011
sisa	0,102	0,307	15,033	5,011

**Massa Reaksi Hydrolisis I**

Komponen	BM	Mol	Massa ( Kg/jam )
Trigliserida mula -mula	924,08	5,113	4725,0013
Trigliserida sisa	924,08	0,102	94,5000
H2O mula - mula	18	15,340	276,1125
H2O sisa	18	0,307	5,5223
As Lemak Terbentuk	295,36	15,033	4440,0859
Glicerol Terbentuk	92	5,011	461,0057

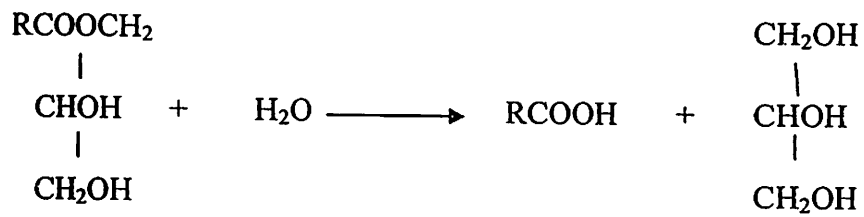
**Reaksi hidrolisis 2****Monogliserida Air****Asam Lemak Gliserol**

$$\begin{aligned}
 \text{Mol Monogliserida mula - mula} &= \text{Massa Monogliserida Masuk} / \text{BM} \\
 &= 161,316 / 369.36 = 0,437 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mol Monogliserida Bereaksi} &= \text{Mol Monogliserida Mula-mula} \times \text{Konversi} \\
 &= 0,437 \times 0.98 = 0,428 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mol H}_2\text{O bereaksi} &= 1 \times \text{mol Monogliserida Bereaksi} \\
 &= 0,428 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mol H}_2\text{O mula - mula} &= \text{mol H}_2\text{O bereaksi} / \text{konversi} \\
 &= 0,428 / 0.98 = 0,437 \text{ mol}
 \end{aligned}$$



mula - mula	0,437	0,437		
reaksi	0,428	0,428	0,428	0,428
sisa	0,009	0,009	0,428	0,428

### Massa Reaksi Hydrolisis II

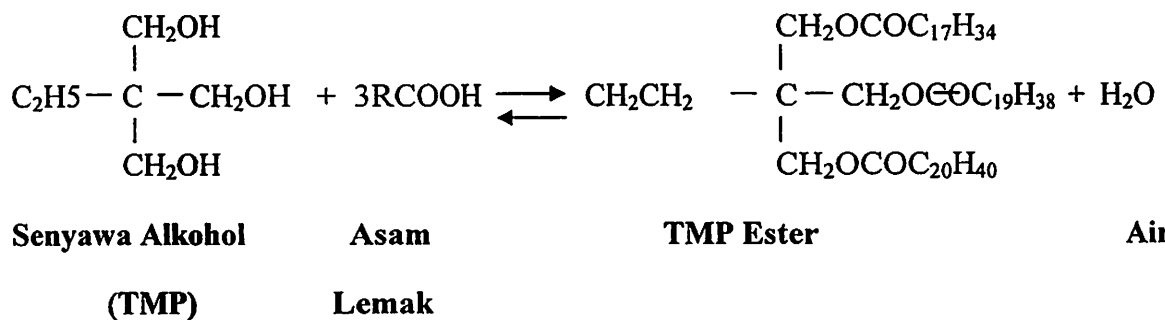
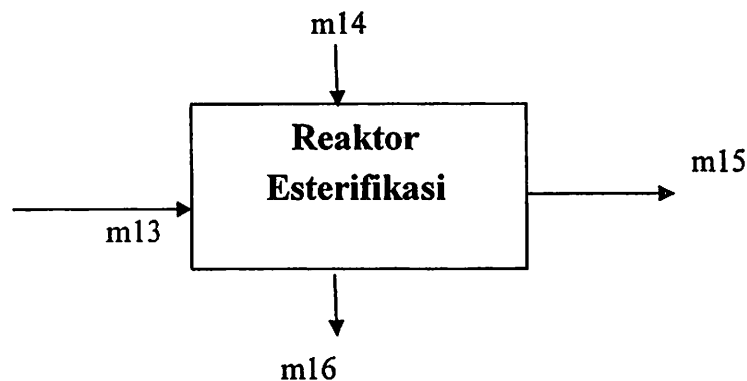
Komponen	BM	Mol	Massa ( kg/jam )
Monogliserida mula - mula	369,36	0,4366	161,2502
Monogliserida sisa	369,36	0,0087	3,2250
H2O mula - mula	18	0,4366	7,8582
H2O sisa	18	0,0087	0,1572
As Lemak Terbentuk	295,36	0,4278	126,3654
Glicerol Terbentuk	92	0,4278	39,3608

### Neraca massa pada Reaktor Hydrolisa :

Masuk	(kg/jam)	Keluar	(kg/jam)
<b>m10</b>		<b>m13</b>	
Trigliserida	4458,093	Trigliserida	89,162
H2O	26,796	H2O	5,679
FFA	9,485	Asam Lemak	4566,451
Monogliserida	161,250	Monogliserida	3,225
	<b>4655,624</b>	FFA	9,485
			<b>4674,003</b>
<b>m11</b>		<b>m12</b>	
H2O	283,971	KONDENSAT	340,762
Steam	340,762	Gliserol	500,366
	<b>624,733</b>		<b>841,129</b>
<b>Total</b>	<b>5280,357</b>	<b>Total</b>	<b>5280,357</b>

## 6. REAKTOR ESTERIFIKASI (R-410)

Fungsi : Untuk mereaksikan asam lemak dengan TMP agar diperoleh TMP ester sebagai base oil jenis Polly ester.



Keterangan :

1. konversi dalam reaktor esterifikasi 95 % (*Bailet vol. 2*)
2. ekses alkohol (TMP) 2% (*Bailey vol. 2*)
3. katalis (ZnCl) yang masuk adalah 0,2 % dari total asam lemak (*bernardini, 1980*)

Bahan masuk :

Komponen	BM	konversi	koefisien	mol	kg/jam
RCOOH mula	295,36		3	15,4606	4566,451
RCOOH bereaksi	295,36	0,95		14,6876	4338,129
C <sub>4</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub> mula - mula	134		1	5,1535	690,5747
C <sub>4</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub> bereaksi	134	0,95		4,8959	656,046



	C <sub>4</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	+ 3 RCOOH	TMP Ester	H <sub>2</sub> O
Mula - mula	5,1535	15,4606		
Reaksi	4,8959	14,6876	4,8959	4,8959
Sisa	0,2577	0,7730	4,8959	4,8959

$$\begin{aligned} \text{Massa TMP mula - mula} &= \text{mol mula - mula} \times \text{BM} \\ &= 5.153 \times 134 = 690.570 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

supaya tidak terjadi reaksi balik maka diberikan exses sebesar 2%

$$\text{exses TMP} = 690.570 \times 2 \% = 13.81 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka TMP yang di dosing kedalam reaktor} &= \text{TMP mula - mula} + \text{Exses} \\ &= 690.570 + 13.81 \\ &= 704.386/\text{jam} \end{aligned}$$

Dari persamaan reaksi di atas di peroleh :

Komponen	BM	MOL	kg/jam
As. Lemak	295,36	15,461	4566,451
As. Lemak sisa	295,36	0,773	228,323
TMP ( Tremethylolpropan)	134	5,154	690,575
TMP sisa	134	0,258	34,529
TMP Ester terbentuk	949,88	4,896	4650,485
H <sub>2</sub> O terbentuk	18	4,896	88,126

$$\begin{aligned} \text{Total TMP sisa} &= \text{TMP sisa reaksi} + \text{Exses} \\ &= 34.529 + 13.81 \\ &= 48.34\text{kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total H}_2\text{O terserap Vacuum} &= \text{H}_2\text{O masuk} + \text{H}_2\text{O terbentuk} \\ &= 5.679 + 88.126 = 93.805\text{kg/jam} \end{aligned}$$

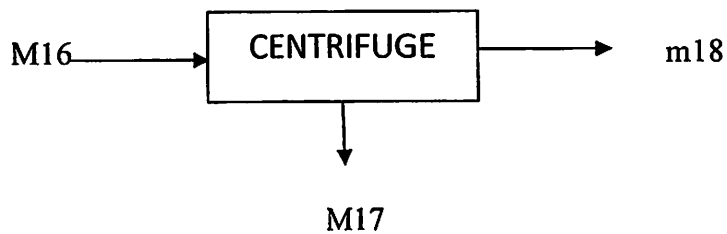
$$\begin{aligned} \text{Katalys ZnCl}_2 \text{ 0.2\% dari asam lemak masuk} & \\ &= 0.002 \times 4566.51 \\ &= 9.312 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

## Neraca Massa Reaktor Esterifikasi

Masuk	(kg/jam)	Keluar	(kg/jam)
<b>m13</b>		<b>m16</b>	
Trigliserida	89,162	Trigliserida	89,162
H <sub>2</sub> O	5,679	FA	228,323
FA	4566,451	Monogliserida	3,225
Monogliserida	3,225	TMP ester	4650,485
FFA	9,485	TMP	48,340
	<b>4674,003</b>	ZnCl	9,133
<b>m14</b>		FFA	9,485
TMP	704,386		<b>5038,153</b>
ZnCl	9,133	<b>m15</b>	
	<b>713,519</b>	H <sub>2</sub> O	93,805
<b>Total</b>	<b>5387,522</b>	<b>Total</b>	<b>5131,958</b>

## 7. CENTRIFUGE III (H-420)

Fungsi : Untuk memisahkan katalis ZnCl dari aliran 19.



Asumsi : Minyak terikut dalam katalis (aliran 17) sebesar 1% dari katalis yang masuk

Minyak terikut dalam katalis =  $0.01 \times (9,133)$

## Neraca massa Centrifuge III (H-420) :

Masuk	(kg/jam)	Keluar	(kg/jam)
<b>m16</b>		<b>m18</b>	
Trigliserida	89,162	Trigliserida	89,160
FA	228,323	FA	228,318
Monogliserida	3,225	Monogliserida	3,225
TMP Ester	4650,485	TMP Ester	4650,400
TMP	48,340	TMP	48,339
ZnCl	9,133	FFA	9,485
FFA	9,485		<b>5028,929</b>
		<b>m17</b>	
		Katalis ZnCl	9,133
		minyak	0,091
			<b>9,224</b>
<b>Total</b>	<b>5038,153</b>	<b>Total</b>	<b>5038,153</b>

## APPENDIKS B

### PERHITUNGAN NERACA PANAS

kapasitas produksi =	40000	ton/th	=	5050.50	kg/jam
waktu operasi =	330	hari/tahun			
basis waktu =	1	hari			
Basis perhitungan =	6408.08	kg/jam			
suhu reference =	25	°C			

DATA Cp		
A.)	---- CH <sub>3</sub>	= 36,84 KJ / Kmol °C
B.)	---- CH <sub>2</sub> -----	= 30,4 KJ / Kmol °C
C.)	---- COOH	= 79,97 KJ / Kmol °C
D.)	---- CH ==	= 15,91 KJ / Kmol °C
E.)	----- O -----	= 35,17 KJ / Kmol °C
F.)	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{--- C ---} \end{array}$	= 53 KJ / Kmol °C
G.)	$\begin{array}{c}   \\ \text{--- CH -----} \end{array}$	= 20,93 KJ / Kmol °C
H.)	--- OH	= 44,8 KJ / Kmol °C

**Heat capacity komponen minyak (Coulson & Richardson's, 1983) :**

Dengan rumus :  $C_p = \frac{C_p'}{BM \times 4,184}$  dimana : 1 kcal = 4,184 kJ

$C_p' = \sum \text{group} \times \text{nilai } C_p + \dots$

Komposisi Trigliserida (TGS) :

Komponen TGS	Fraksi	CpKcal/Kg°C	Fraksi x Cp
tripalmiat	0.02	0.5141	0.0103
tristearic	0.01	0.5145	0.0051
trioleic	0.07	0.5040	0.0353
trilinoleic	0.03	0.4934	0.0148
trilinolenat	0.87	0.4826	0.4198
Cp Total			0.4853

Komposisi Monogliserida (MGS) :

Komponen MGS	Fraksi	Cp Kcal/Kg°C	Fraksi x Cp
Monogliserida linolenic(C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub> )	0.87	0.4936	0.4294
Monogliserida oleic (C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub> )	0.07	0.5203	0.0364
Monogliserida linoleic (C <sub>21</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub> )	0.03	0.5004	0.0150
Monogliserida palmitat (C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub> )	0.020	0.4803	0.0096
Monogliserida stearic (C <sub>21</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub> )	0.01	0.4803	0.0048
Total			0.4952

Komposisi Free Fatty Acid (FFA) :

Komponen FFA	Fraksi	Cp Kcal/Kg°C	Fraksi x Cp
As. Palmiat	0.87	0.5064	0.4405
As. Stearic	0.07	0.5545	0.0388
As. Oleaic	0.03	0.4866	0.0146
As. Linoleic	0.02	0.4654	0.0093
As. Ricinoleic	0.01	0.4438	0.0044
Total			0.5077

Komponen TMP Ester	Fraksi	Cp Kcal/Kg°C	Fraksi x Cp
Asam palmitat	0.02	0.685	0.0137
Asam stearic	0.015	0.672	0.01008
Asam oleic	0.085	0.685	0.058225
Asam linoleic	0.035	0.644	0.02254
Asam ricinoleic	0.86	0.692	0.59512
Total			0.699665

*Heat capacity* (Perry , 1983)

Cp H<sub>2</sub>O = 0.9987 kcal / kg°C pada suhu 0 – 100 °C

1.0043 kcal / kg°C pada suhu 100 – 150 °C

1.0301 kcal / kg°C pada suhu 150 – 250 °C

$C_p$  gliserol = 0.563 kcal / kg<sup>o</sup>C

$C_p$  H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> = 0.488 kcal / kg<sup>o</sup>C

$C_p$  TMP = 0.11 kcal / kg<sup>o</sup>C

$C_p$  ZnCl<sub>2</sub> = 6.716 kcal / kg<sup>o</sup>C

Panas pembentukan ( $\Delta H_f$ ) komponen minyak (Maron, 1958) :

#### TRIGLISERIDA ( TGS )

Trigliserida palmitat = -17317 kcal/mol

Trigliserida stearic = -17119 kcal/mol

Trigliserida oleic = -18648 kcal/mol

Trigliserida linoleic = -16219 kcal/mol

Trigliserida ricinoleic = -16177 kcal/mol

#### MONOGLISERIDA ( MGS )

Monogliserida palmitat = -5703 kcal/mol

Monogliserida stearic = -6265 kcal/mol

Monogliserida oleic = -6131 kcal/mol

Monogliserida linoleic = -5997 kcal/mol

Monogliserida ricinoleic = -6143 kcal/mol

#### FREE FATTY ACID ( FFA )

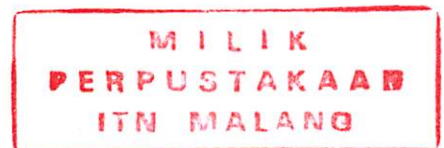
Asam palmitat = -4679 kcal/mol

Asam stearic = -5241 kcal/mol

Asam oleic = -5107 kcal/mol

Asam linoleic = -4973 kcal/mol

Asam ricinoleic = -5203 kcal/mol



TMP ester dari komponen FFA

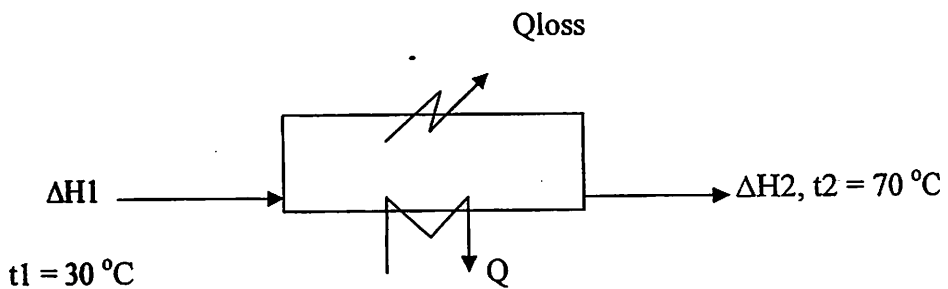
- Asam palmitat = 2410.908 kcal/mol
- Asam stearic = 1173.082 kcal/mol
- Asam oleic = 8391.236 kcal/mol
- Asam linoleic = 3403.77 kcal/mol
- Asam ricinoleic = 105531.03 kcal/mol

Panas Pembentukan ( $\Delta HF$ ) (Perry , 1983)

- $\Delta HF H_2O = -57,7979$  kcal/mol
- $\Delta HF$  gliserol = -1246 kcal/mol
- $\Delta HF$  TMP = 4845.01 kcal/mol

### 1. HEATER DEGUMMING (E-212)

Fungsi : memanaskan minyak jarak dari 30 °C menjadi 70 °C sebelum masuk ke tangki degumming.



$$\text{Neraca panas total} = \Delta H1 + Q = \Delta H2 + Q_{\text{loss}}$$

Temperatur bahan masuk = 30°C

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

Komponen	M (kg/jam)	Cp Kcal/Kg°C	$\Delta t$ (°C)	$\Delta H$ (Kcal)
Trigliserida	4459,905	0,485	5	10822,885
Monogliserida	161,316	0,495	5	399,463
solid terikut	2,393	0,347	5	4,151
H2O	26,095	0,999	5	130,306
Phospolipid	87,775	0,450	5	197,493
FFA	9,489	0,508	5	24,102
<b>Total</b>				<b>11578,401</b>



Panas bahan keluar :

Temperatur bahan keluar = 70°C

$\Delta t = 70 - 25 = 45^\circ\text{C}$

Komponen	M (kg/jam)	Cp Kcal/Kg°C	$\Delta t$ (°C)	$\Delta H$ (Kcal)
Trigliserida	4459,904594	0,485	45	97405,967
Monogliserida	161,3156981	0,495	45	3595,164
solid terikut	2,3927	0,347	45	37,362
H2O	26,09518645	0,999	45	1172,757
Phospolipid	87,77471806	0,450	45	1777,438
FFA	9,48915871	0,508	45	216,922
Total				104205,609

Asumsi Q Loss = 5 % dari Panas yang masuk

Q Loss = 5 % x 11578,401 kcal

= 578,92 kkal

$H_1 + Q \text{ yang disupply} = H_2 + Q \text{ loss}$

Q yang display =  $H_2 + Q \text{ loss} - H_1$

=  $104205,609 + 578,92 - 11578,401$

= 93206,13Kkal

Steam yang digunakan (*Ulrich, App.B*)

Tekanan uap (bar)	Temp. (°C)	$H_L$ (kcal/kg)	$H_V$ (kcal/kg)	$\lambda \square$ (kcal/kg)
46	260	149.037	665.837	506.799

Massa Steam =  $Q / \lambda \square$

=  $93206,13 / 506.799$

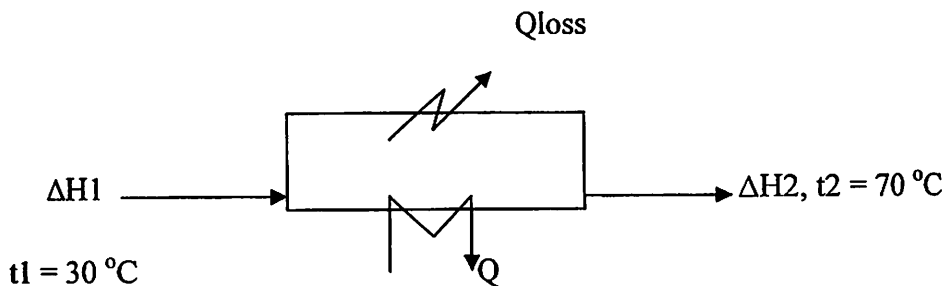
= 183.99 kg

Neraca Panas Heater Deguming I

Masuk	(Kkal)	Keluar	(Kkal)
$\Delta H1$		$\Delta H2$	
Trigliserida	10822,885	Trigliserida	97405,967
Monogliserida	399,463	Monogliserida	3595,164
solid terikut	4,151	solid terikut	37,362
H2O	130,306	H2O	1172,757
Phospolipid	197,493	Phospolipid	1777,438
FFA	24,102	FFA	216,922
Q yg disupply	93206,128	Q loss	578,920
Total	104784,529	Total	104784,529

2. HEATER AIR (E-313)

Fungsi : memanaskan air dari 30 °C menjadi 70 °C sebelum masuk ke reaktor hidrolisa.



Neraca panas total =  $\Delta H1 + Q = \Delta H2 + Q_{loss}$

Temperatur Bahan Masuk = 30 °C

$\Delta t = 30 - 25 = 5 \text{ °C}$

Komponen	M (kg/jam)	Cp Kcal/Kg°C	$\Delta t$ (°C)	$\Delta H 1$ (Kcal)
H2O	283,971	0,9987	5	1418,008

Panas Bahan Keluar :

Temperatur Bahan Keluar = 70 °C

$\Delta t = 70 - 25 = 45 \text{ °C}$

Komponen	M (kg/jam)	Cp Kcal/Kg°C	$\Delta t$ (°C)	$\Delta H 2$ (Kcal)
H2O	283,971	0,9987	45	12762,071

$$\text{Neraca Panas Total} = \Delta H 1 + Q_{\text{Suplay}} = \Delta H 2 + Q_{\text{Loss}}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi } Q_{\text{loss}} &= 5\% \times \Delta H 1 \\ &= 5\% \times 1418,008 \\ &= 70.9 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{suplay}} &= (\Delta H 2 + Q_{\text{Loss}}) - \Delta H 1 \\ &= (12762,071 + 70.9) - 1418,008 \\ &= 11414,963 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

Menghitung Kebutuhan Steam

$$Q_{\text{suplay}} = M \times \lambda$$

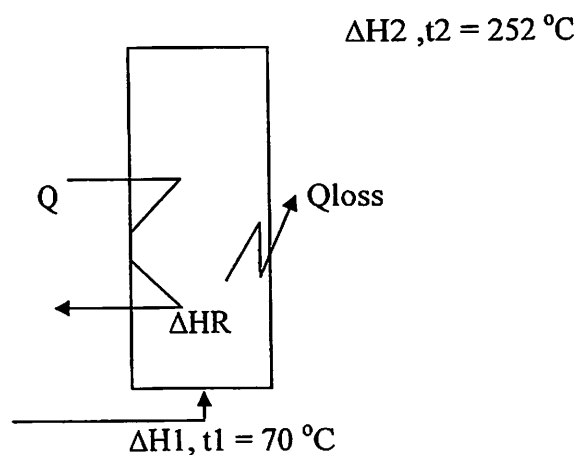
$$\begin{aligned} \text{Massa Steam} &= Q_{\text{suplay}} / \lambda \\ &= 11414,963 / 506.799 \\ &= 22.533 \text{ Kg} \end{aligned}$$

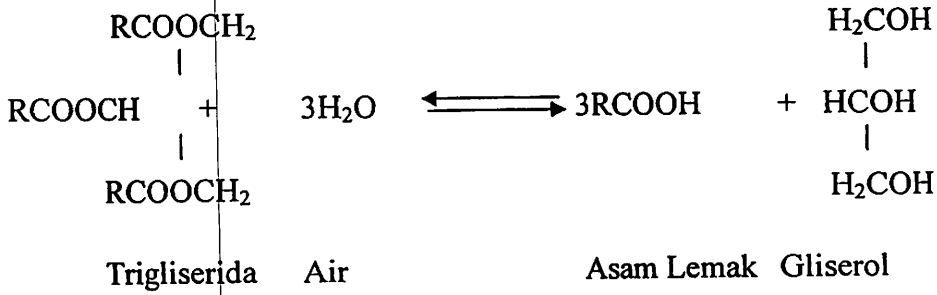
Neraca Panas Heater Air (E – 313) :

Masuk	(Kkal)	Keluar	(Kkal)
$\Delta H 1$		$\Delta H 2$	
H2O	1418,008	H2O	12762,071
Q yg disupply	11414,963	Q loss	70,900
Total	12832,971	Total	12832,971

### 3. REAKTOR HIDROLISA (R-310)

Fungsi : mereaksikan trigliserida dengan air sehingga diperoleh asam lemak dan gliserol.





$$\text{Neraca Panas Total} = \Delta H1 + \Delta HR = \Delta H2 + Q_s + Q_{\text{loss}}$$

a. Panas Bahan Masuk ( $\Delta H1$ )

$$\text{Suhu Bahan masuk reactor} = 70^\circ\text{C}, \Delta t = 70 - 25 = 45^\circ\text{C}$$

Komponen	Massa ( Kg )	Cp ( Kcal/Kg°C )	$\Delta t$ ( °C )	$\Delta H$ ( Kcal )
Trigliserida	4458,093	0,485	45	97366,39051
Monogliserida	161,250	0,495	45	3593,702861
H2O	310,767	0,9987	45	13966,32216
FFA	9,485	0,508	45	216,7200561
Total				115143,1356

b. Menghitung Panas Bahan Keluar ( $\Delta H2$ )

Komponen	Massa ( Kg )	Cp ( Kcal/Kg°C )	$\Delta t$ ( °C )	$\Delta H$
Trigliserida	94,500	0,485	227	10411,307
Monogliserida	3,225	0,495	227	362,565
H2O	346,442	1,030	227	81009,442
Fatty Acid	4566,451	0,508	227	526308,100
FFA	9,485	0,508	227	1093,232
Gliserol	500,366	0,563	227	63947,338
TOTAL				683131,985

c. Menghitung Panas Reaksi pada  $25^\circ\text{C}$

Reaksi Hidrolisis I

kompoen	Massa ( Kg )	BM	Koefisien	$\Delta h_f 25/$ kcal/mol	kcal/kg	$\Delta H_f 25$ ( Kc
Trigliserida	4725,001	924,080	-1,000	-16383,450	-83771,776	8377
H2O	276,113	18,000	-3,000	-57,798	-886,596	265
As. Lemak	4440,086	295,360	3,000	-5179,280	-77859,047	-23357
Gliserol	500,366	92,000	1,000	-1246,000	-6776,703	-677
$\Delta H_r 25$						-15392

## Menghitung Panas Pada Reaktan

Panas masuk pada 252 °C ,  $\Delta T = 252 - 25 = 227$  °C

Komponen	Massa ( Kg)	Cp ( kkal/ kg )	$\Delta T$ 0C	$\Delta H$ ( Kcal )
Trigliserida	4725,001	0,485	227	520565,36
H2O	276,113	0,9987	227	62596,065
Total				583161,43

## Menghitung Panas Pada Produk

Komponen	Massa ( Kg)	Cp ( kkal/ kg )	$\Delta T$ 0C	$\Delta H$ ( Kcal )
Fatty Acid	4440,086	0,508	227	511743,81
Gliserol	500,366	0,563	227	63947,338
Total				575691,15

$$\Delta H_r \text{ Hidrolisis I} = \Delta H_{f25} \text{ °C} + \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}$$

$$= -153922,28 + 583161,43 - 575691,15$$

$$= -161392,559 \text{ Kcal}$$

## Reaksi Hidrolisis II

kompoen	Massa ( KG )	BM	KOEF	$\Delta h_{f25}$ / kcal/mol	kkal/kg	$\Delta H_{f25}$ ( Kcal )
Monogliserida	161,250	369,360	-1	-6130,200	-2676,239181	2676,239
H2O	7,858	18,000	-3	-57,7979	-25,23261958	75,698
As. Lemak	126,365	295,360	3	-5179,28	-2215,877495	-6647,632
Gliserol	39,361	92,000	1	-1246	-533,0824669	-533,082
$\Delta H_r$ 25						-4428,778

## Menghitung Panas Pada Reaktan

Panas masuk pada 252 °C ,  $\Delta T = 252 - 25 = 227$  °C

Komponen	Massa ( Kg)	Cp ( kkal/ kg )	$\Delta T$ 0C	$\Delta H$ ( Kcal )
Monogliserida	161,250	0,495	227	18128,234
H2O	7,858	0,9987	227	1781,4912
Total				19909,726

Menghitung Panas Pada Produk

Komponen	Massa ( Kg)	Cp ( kkal/ kg )	$\Delta T$ 0C	$\Delta H$ ( Kcal )
Fatty Acid	126,365	0,508	227	14564,288
Gliserol	39,361	0,563	227	5030,3527
Total				19594,641

$$\begin{aligned} \Delta H_r \text{ Hidrolisis II} &= \Delta H_{f25^\circ\text{C}} + \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} \\ &= -4428,778 + 19909,726 - 19594,641 \\ &= -4743,863 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_r \text{ Reaksi Hidrolisis} &= \Delta H_r \text{ Reaksi Hidrolisis I} + \Delta H_r \text{ Reaksi Hidrolisis II} \\ &= -161392,559 \text{ Kcal} + -4743,863 \text{ Kcal} = -166136,422 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

d. Menghitung Qloss

Asumsi Qloss sebesar 5% dari panas yang masuk

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 5\% \times \Delta H_1 \\ &= 5\% \times 115143,1356 = 5757,156 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

e. Menghitung panas yang disuplay

$$\text{Neraca Panas Total} = \Delta H_1 + \Delta H_R + Q_s = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{suplay}} &= (\Delta H_2 + Q_{\text{loss}}) - (\Delta H_1 + \Delta H_R) \\ &= (683131,985 + 5757,156) - (115143,1356 + -166136,42) \\ &= 660201,019 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

Menghitung Kebutuhan Steam

Steam Yang digunakan saturated steam Tekanan 46Bar dan 260 0C

$$\begin{aligned} \text{Massa Steam} &= Q_{\text{suplay}} / \text{Lamda} \\ &= 660201,019 / 1971.361 \\ &= 334,896 \text{ kg} \end{aligned}$$

Neraca panas total pada reactor hidrolisa

Masuk	(Kkal)	Keluar	(Kkal)
<b>ΔH1</b>		<b>ΔH2</b>	
Trigliserida	97366,391	Trigliserida	10411,307
Monogliserida	3593,703	Monogliserida	362,565
FFA	216,720	FA	526308,100
H2O	1204,252	H2O	1328,033
		FFA	1093,232
H2O	12762,071	Gliserol	63947,338
	<b>115143,136</b>		<b>603450,576</b>
<b>Q yg disupply</b>	660201,019	<b>Q loss</b>	5757,156779
<b>H reaksi</b>	- 166136,422		
<b>Total</b>	<b>609207,732</b>	<b>Total</b>	<b>609207,732</b>

#### 4. Cooler

Fungsi Mendinginkan Minyak dari 252°C menjadi 220 °C

Menghitung Panas Bahan Masuk (ΔH1 )

$$\Delta T = 252^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 227^{\circ}\text{C}$$

Komponen	Massa ( Kg )	Cp ( Kcal/Kg°C )	Δt ( °C )	ΔH
Trigliserida	94,500	0,485	227	10411,30729
Monogliserida	3,225	0,495	227	362,5646886
H2O	340,575	1,030	227	79637,68124
Fatty Acid	4566,451	0,508	227	526308,1002
FFA	9,485	0,508	227	1093,232283
<b>Total</b>				<b>617812,8857</b>

Panas Bahan Keluar ΔH2

Komponen	Massa ( Kg )	Cp ( Kcal/Kg°C )	Δt ( °C )	ΔHkcal
Trigliserida	94,500	0,485	202	9264,687545
Monogliserida	3,225	0,495	202	322,6346568
H2O	340,575	1,030	202	70867,0115
Fatty Acid	4566,451	0,508	202	468344,6531
FFA	9,485	0,508	202	972,8322516
<b>Total</b>				<b>549771,819</b>

Neraca Panas Cooler =  $\Delta H1 = \Delta H2 + Q$  yang diserap pendingin + QLOSS

$$Q \text{ LOSS} = 0.05 \times \Delta H1 = 30890,644 \text{ kkal}$$

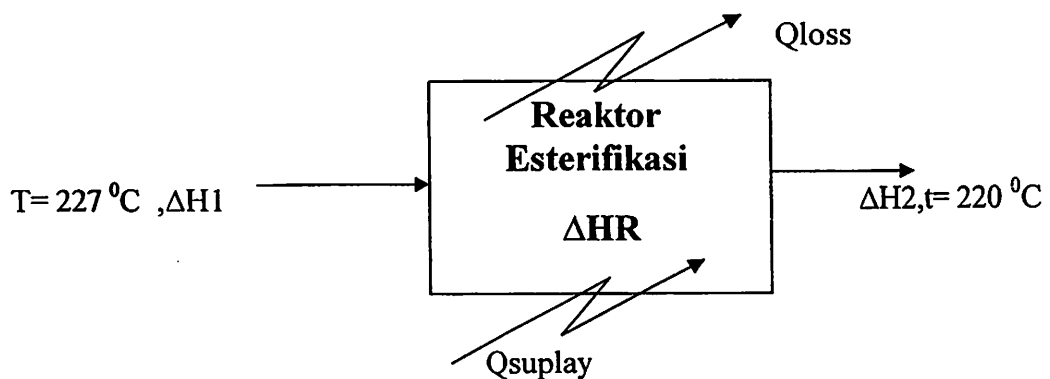
$$\begin{aligned} \text{Qyang pendingin} &= \Delta H1 - \Delta H2 - QLOSS \\ &= 617812,8857 - 549771,819 - 30890,644 \\ &= 37150,422 \text{ Kkal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Pendingin} &\cong Q / C_p \Delta T \\ &= 37150,422 / (0.99 \times 25) - (0.99 \times 5) \\ &= 1250,855 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Masuk	$\Delta H1$ (Kkal)	Keluar	$\Delta H2$ (Kkal)
Trigliserida	10411,307	Trigliserida	9264,688
Monogliserida	362,565	Monogliserida	322,635
H2O	79637,681	H2O	70867,011
Fatty Acid	526308,100	Fatty Acid	468344,653
FFA	1093,232	FFA	972,832
		Qyang diserap	37150,422
		Q loss	30890,644
Total	617812,886	Total	617812,886

## 10. REAKTOR ESTERIFIKASI (R-410)

Fungsi : Untuk mereaksikan asam lemak dengan TMP agar diperoleh TMP ester sebagai base oil.





Neraca panas :

Panas bahan masuk + Q yang disupply = Panas bahan keluar + Panas reaksi +

Q loss

a. Menghitung panas bahan masuk  $\Delta H_1$

Komponen	Massa ( Kg)	Cp ( kkal/ kg )	$\Delta T$ °C	$\Delta H$ ( Kcal )
TGS	89,16185073	0,485	227 -25	8735,186516
MGS	3,225003112	0,495	227 -25	322,6346568
FA	4566,451268	0,508	227 -25	468344,6531
TMP	704,3862397	0,11	30 -25	387,4124319
Katalis	9,132902536	6,716	30 -25	306,6828672
H2O	5,679414593	0,9987	227 -25	1145,750334
FFA	9,485303269	0,508	227 -25	972,8322516
Total				480215,1521

b. Menghitung panas pahan keluar

Komponen	Massa ( Kg)	Cp ( kkal/ kg )	$\Delta T$ °C	$\Delta H$ ( Kcal )
TGS	89,162	0,485	220 -25	8432,482
FA	228,323	0,508	220 -25	22605,744
MGS	3,225	0,495	220 -25	311,454
TMP ester	4650,485	0,6996	220 -25	634428,456
TMP	48,340	0,11	220 -25	1036,898
ZnCl	9,133	6,716	220 -25	11960,632
FFA	9,485	0,508	220 -25	939,120
H2O	93,805	0,9987	220 -25	18268,195
Total				697982,982

c. Menghitung panas Reaksi pada 25 0C

kompoen	Massa ( KG )	BM	$\Delta h_{f25}$ / kcal/mol	kkal/kg	Koef	$\Delta H_{f25}$ ( Kcal )
AS LEMAK	4566,451	295,360	-5179,28	-80074,925	-3	240224,774
TMP	704,386	134	4845,1	25468,819	-1	-25468,819
TMP ESTER	4650,485	949,88	92561,43378	453168,351	1	453168,351
H2O	93,805	18	-57,7979	-301,207	3	-903,622
Total						667020,684

Menghitung panas reaktan Reaksi pada suhu 220

Komponen	Massa ( Kg)	Cp ( kkal/ kg )	$\Delta T$ °C	$\Delta H$ ( Kcal )
Fatty Acid	4566,451	0,508	195	452114,9
TMP	704,386	0,11	195	15109,08
Total				467224

Menghitung panas produk Reaksi pada suhu 220°C

Komponen	Massa ( Kg)	Cp ( kkal/ kg )	$\Delta T$ °C	$\Delta H$ ( Kcal )
TMP ESTER	4650,485	0,6996	195	634428,5
H2O	88,126	0,9987	195	17162,15
Total				651590,6

d. Menghitung panas reaksi total

$$\begin{aligned} \Delta H_{R\text{Total}} &= \Delta H_{R25} + \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} \\ &= 667020,684 + 651590,6 - 467224 \\ &= 852493,362 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

e. Qloss sebesar 5% dari panas masuk

$$5\% \times 480215,1521 = 24010,757 \text{ kkal}$$

Menghitung Qsuplay

$$\text{Neraca panas total} = \Delta H1 + Q_{\text{suplay}} = \Delta H2 + Q_{\text{loss}} + \Delta H_r$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{suplay}} &= (\Delta H2 + Q_{\text{loss}} + \Delta H_r) - \Delta H1 \\ &= (697982,982 + 24010,757 + 851387,316) - 480215,1521 \\ &= 1093165,904 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

### Neraca Panas Total Reaktor Esterifikasi

Masuk	(Kkal)	Keluar	(Kkal)
<b>ΔH1</b>		<b>ΔH2</b>	
Trigliserida	8735,187	Trigliserida	8432,482
Monogliserida	322,635	FA	22605,744
FA	468344,653	Monogliserida	311,454
TMP	387,412	TMP ester	634428,456
Katalis	306,683	TMP	1036,898
H2O	1145,750	ZnCl	11960,632
FFA	972,832	FFA	939,120
	<b>480215,152</b>	H2O	18268,195
			<b>697982,982</b>
		ΔHR	851387,316
<b>Q yg disupply</b>	1093165,904	Q loss	24010,758
<b>Total</b>	<b>1573381,056</b>	<b>Total</b>	<b>1573381,056</b>

### 5. Cooler

Menghitung panas bahan Masuk, panas bahan masuk pada  $T = 220^{\circ}\text{C}$

$$\Delta T = 220 - 25 = 195^{\circ}\text{C}$$

Panas Masuk

Komponen	Massa ( Kg )	Cp ( kkal/ kg )	ΔT °C	ΔH ( Kcal )
Trigliserida	89,160	0,485	195	8432,329
Fatty Acid	228,318	0,508	195	22605,334
Monogliserida	3,225	0,495	195	311,449
TMP ester	4650,400	0,700	195	634416,935
TMP	48,339	0,110	195	1036,879
FFA	9,485	6,716	195	12421,917
<b>Total</b>				<b>679224,843</b>

Panas Bahan Keluar pada  $T = 70^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta T = 45^{\circ}\text{C}$

Komponen	Massa ( Kg )	Cp ( kkal/ kg )	ΔT 0C	ΔH 2( Kcal )
Trigliserida	89,160	0,485	45	1945,922
Fatty Acid	228,318	0,508	45	5216,616
Monogliserida	3,225	0,495	45	71,873
TMP ester	4650,400	0,700	45	146403,908
TMP	48,339	0,110	45	239,280
FFA	9,485	6,716	45	2866,596
<b>Total</b>				<b>156744,194</b>

**Neraca Panas Total pada Cooler**

$$\Delta H1 = \Delta H2 + Q \text{ yang diserap} + Q_{Loss}$$

Asumsi  $Q_{loss} = 5\%$  dari  $\Delta H1$

$$= 5\% \times 679224,843 = 33961,24213 \text{Kcal}$$

$$Q \text{ yang diserap} = \Delta H1 - (\Delta H2 + Q_{loss})$$

$$= 679224,843 - (156744,194 + 33961,24213)$$

$$= 488519,406 \text{ Kcal}$$

Masuk	Kcal	Keluar	Kcal
<b><math>\Delta H1</math></b>		<b><math>\Delta H2</math></b>	
Trigliserida	8432,329	Trigliserida	1945,922
Fatty Acid	22605,334	Fatty Acid	5216,616
Monogliserida	311,449	Monogliserida	71,873
TMP ester	634416,935	TMP ester	146403,908
TMP	1036,879	TMP	239,280
FFA	12421,917	FFA	2866,596
			<b>156744,1944</b>
		Qloss	33961,24213
		Qyang diserap	488519,406
<b>Total</b>	<b>679224,843</b>	<b>Total</b>	<b>679224,843</b>

**Menghitung Kebutuhan pendingin**

Media Pendingin yang digunakan adalah Dowterm J

Panas Pendingin Masuk =  $-80^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta T = -105^{\circ}\text{C}$

Panas Pendingin Keluar =  $70^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta T = 45^{\circ}\text{C}$

$C_p$  Dowtherm  $-80^{\circ}\text{C}$  = 0.3786

$C_p$  Dowtherm  $70^{\circ}\text{C}$  = 0.5533

Qyang diserap = 488519,406 Kcal

$$Q = M C_p \Delta T$$

$$M = Q / C_p \Delta T$$

$$\frac{488519,406}{((0.5533 \times 45) - (0.3786 \times -105))}$$

$$= 7556,196004 \text{ kg/jam}$$

## APPENDIKS C

### PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT

#### 1.GUDANG (F-111)

Fungsi : Menampung biji jarak yang akan masuk ke konveyor

Tipe : Gudang

Bentuk : Asbes dengan atap dan tiang – tiang penyangga

Bahan :

Atap : Besi baja

Dinding : Asbes

Dasar : Beton

Jumlah : 2 buah

Massa biji jarak tertampung tiap gudang = 474.370.24 kg/hari  
= 1.043.614.55 lb/hari

Densitas biji jarak = 1,072 kg/liter  
= 66,922 lb/ft<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}\text{Volume biji jarak dalam gudang (V1)} &= \frac{\text{massabijijarak}}{\text{densitasjarak}} \times \text{lamapenyimpanan} \\ &= \frac{1043614.55}{66,922} \times 7 \text{hari} \\ &= 109.161,44 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

Jika dikurangi maka ada volume rongga 2.5%

$$\text{Maka volume ruang rongga} = \frac{100}{97,5} \times 109.161,44 = 111.960.45 \text{ ft}^3$$

Untuk keamanan gudang ada ruang kosong 25%

$$\text{Jadi volume gudang} = \frac{100}{75} \times 111.960,45 = 149.280,6 \text{ ft}^3$$

Menentukan dimensi gudang

$$\text{Volume gudang} = P \times L \times T = 3 \times 3 \times 2$$

Diambil asumsi = Tinggi = 2X

Panjang = Lebar = 3X

Volume gudang = P x L x T

$$149.280,6 = 3X \times 3X \times 2X$$

$$18 X^3 = 36.073,139$$

$$X = 91,1 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang} = 3 \times 91,1 = 273,3 \text{ ft} = 83,32 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 3 \times 91,1 = 273,3 \text{ ft} = 83,32 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 2 \times 91,1 = 182,2 \text{ ft} = 55,55 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bangunan gudang} &= P \times L \\ &= 83,32 \times 83,32 = 6942,22 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

## 2. BELT CONVEYOR ( J-112)

Fungsi : Mengangkut biji jarak dari bin ke bucket elevator

Jumlah : 1 unit

$$\begin{aligned} \text{Rate massa screw conveyor} &= 14930,336 \text{ kg/jam} \\ &= 14,9 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang} = 10 \text{ m}$$

Data yang diperoleh

Lebar belt : 14 in

Kecepatan normal conveying : 300 ft/menit

Kecepatan maximum : 300 ft/menit

Cross section area of load : 0,11 ft<sup>2</sup>

Belt plies : 4 buah

Trough Width (max) : 9 in

Skirt seal (max) : 2 in

Skirt Depth (max) : 12 in

Skirt Length (max) : 8 in

Ukuran lumps (max) : 2 in

Perhitungan power

$$P \text{ horizontal} = \frac{\text{panjang belt conveyor}}{30,48 \text{ m}}$$

$$= \frac{10m}{30,48m} = 0,3281 \text{ Hp}$$

$$\begin{aligned} \text{P total} &= \text{P horizontal} + \text{P untuk tripper} \\ &= 0,3281 + 3,5 \\ &= 3,828 \text{ Hp} \\ &= 2,855 \text{ Kw} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi Efisiensi 80\%} &= \frac{2,855}{80\%} \\ &= 3,569 \text{ Kw} \end{aligned}$$

### 3. BUCKET ELEVATOR ( J -113)

Fungsi : Mengangkut biji jarak menuju screw press

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 14.9 ton /jam

Tinggi : 5,5 m

A :  $90^0$

Data Perry Edisi VII Tabel 21 hal 21

Type Bucket : Centrifuge discharge bucket on belt

Kecepatan Bucket : 79,20 m/menit

Ukuran Bucket :  $8 \text{ in} \times 5 \text{ in} \times 5,5 \text{ in} = 0,152 \text{ in} \times 0,102 \text{ m} \times 0,108 \text{ m}$

Jarak antara bucket : 14 in

Kapasitas maksimum : 30 ton/jam

Menghitung power

$$N = (10 + A \sin \alpha)(Q/770 B)$$

N = Tenaga yang diperlukan (Hp)

A = Jarak tempu bucket 5,5 m

$\alpha$  = sudut kemiringan bucket  $90^0$

Q = Kapasitas (ton/jam)

B = Lebar bucket (m)

$$\begin{aligned} N &= (10 + 5,5 \sin 90^0)(4,77/770 \times 0,102) \\ &= 0,941 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Power head shaft (P2) = 1 perry edisi 6 hal 7-13 tabel 7-8

Poer tiap ft (P3) = 0,02 hp/ft perry edisi 6 hal 7-13 tabel 7-8

Power total =  $P_1 + P_2 + P_3$

$$= 0,941 + 1 + 0,02$$

$$= 1,961 \text{ Hp}$$

#### 4.SCREW PRESS (J -110)

Fungsi : Untuk mendapatkan minyak dari biji jarak

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 14.9 ton/jam

Jenis material : bongkahan 100%

Data Perry Edisi VII Tabel 21 hal 21

Kecepatan maksimum = 30 ton/jam

Diameter flight = 14 in

Diameterb pipes = 3,5 in

Diameter shafts = 30 in

Hanger center = 12 ft

Kecepatan = 55 ppm

Diameter feed section = 12 in

Power maksimu = 14,3 Hp

Kecepatan putaran screw = 16400 in.lb

#### 5 CENTRIFUGE (H-114)

Fungsi : Untuk memisahkan minyak dan padatan didalmmnya

Feed masuk /jam dengan kecepatan sebagai berikut

Solid

Masuk	(kg/jam)	(ton/jam)
Solid	297.544	0.297



## Liquid

Masuk	(kg/jam)	lb/jam	fraksi	f x p
TGS	13754.824	30260.61	0.940	0.86
FFA	29.266	64.38	0.002	0.002
H2O	80.48	177.06	0.0055	0.005
MGS	497.51	1094.52	0.034	0.029
NHP	27.071	59.56	0.00185	0.002
HP	243.636	536.01	0.017	0.014
Total	14632.79	32192.138	1.000	0.912

Densitas campuran = 68,428 lb/ft<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} \text{Rate volume LC} &= \frac{32192.138}{68,428} \\ &= 470,45 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

Waktu operasi = 1 jam

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 470,45 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} \\ &= 470,45 \text{ ft}^3 \\ &= 470,45 \text{ ft}^3 \times 7,481 \text{ gal/ft}^3 \\ &= 3519,44 \text{ gal/menit} \end{aligned}$$

Dipakai tipe Helical Conveyor dengan metode pemisahan sedimentasi

Untuk sedimentsai centrifuge

Diameter bowl : 14 in (Perry 7<sup>th</sup> ed tb 18-12 hal 18-112)

Kec poutaran : 14 in (Perry 7<sup>th</sup> ed tb 18-12 hal 18-112)

Power motor : 20 Hp (Perry 7<sup>th</sup> ed tb 18-12 hal 18-112)

Dipakai power : 20 Hp (Perry 7<sup>th</sup> ed tb 18-12 hal 18-112)

Inside diameter : 14 in (Perry 7<sup>th</sup> ed tb 18-12 hal 18-112)

Scale upfactor : 5.0000 (Perry 7<sup>th</sup> ed tb 18-12 hal 18-112)

**6. TANGKI PENAMPUNG MINYAK (F-115)**

Fungsi : untuk menampung minyak hasil pengepresan

Type : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard dished head

Kondisi : Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm = 14,7 psi

Bahan : High Alloy SA 167 grade 3 tipe 304, f = 18.750 psi

sambungan las, dipilih tipe welded butt joint

e = 0,8 (ASME, Tabel UW - 12)

factor korosi = 1/16

**1. Menentukan volume tangki**

Masuk	kg/(jam)	lb/jam	fraksi	f x p
Solid	2.39	5.25	0.000	0.604
TGS	13754.82	30260.60	0.940	0.86
FFA	29.27	64.39	0.002	0.002
H2O	80.48	177.06	0.005	0.005
MGS	497.52	1094.54	0.034	0.029
NHP	27.07	59.55	0.002	0.002
HP	243.64	536.01	0.017	0.014
Total	14635.19	32197.4		1.516

P campuran = 1,516 kg/liter  
= 94,640 lbm/ft<sup>3</sup>

Volume bahan = ( laju alir volumetric/p campuran ) x waktu tinggal ( 2 jam )  
= 680,42 ft<sup>3</sup>

Bahan menempati 80% volume tangki, maka volume tangki (V)

Volume tangki =  $\frac{\text{volumebahan}}{80\%}$   
= 680,42 / 0,8

$$= 850,52 \text{ ft}^3$$

Menentukan dimensi Tangki

**a. DI dan tinggi bejana**

Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dish head digunakan dimensi  $H_s/ID = 1,5$

$$\text{Volume silinder (Vs)} = \frac{\pi}{4} \times DI^2 \times H_s \quad \text{dimana } H_s = 1,5 DI$$

$$\text{Volume tutup (dish)} = 0,0847 DI^3$$

$$\text{Volume total} = V_s + 2 V \text{ dish}$$

$$850,52 = 1,178 DI^3 + 0,169 DI^3$$

$$DI = 8,57 \text{ ft}$$

$$= 102,95 \text{ in}$$

Tekanan design

$$P \text{ operasi} = 14,7 \text{ psi}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \pi \times g/gc \times Z/144 = 9,089 \text{ psi}$$

$$P \text{ design} = (P \text{ operasi} + p \text{ hidrostatik}) \times 1,05 = 24,98 \text{ psi}$$

**c. Tebal silinder**

$$ts = \frac{pxDI}{2(\sqrt{E} + 0,6P)} + C$$

$$= \frac{18,02 \times 102,95}{2(18750 \times 0,85 - 0,6 \times 18,02)} + 0,0625$$

$$= 0,1433 \text{ in}$$

Tebal standart = 3/16 in

**d.DO ( Outside Diameter)**

$$DO = DI + 2 ts$$

$$= 102,95 + 2 (3/16)$$

$$= 103,326 \text{ in}$$

DO Standart = 108 in

$$DI \text{ standart} = DO \text{ standart} - 2ts$$

$$= 108 - 2(3/16)$$

$$= 107,625 \text{ in}$$

$$H_s = 1,5 \times 107,625 = 161,438 \text{ in} = 13,45 \text{ ft}$$

**e. Menghitung dimensi tebal tutup atas**

Dari table 5.7 (brownel % young ) dengan DO = 108 dan  $t_s = 3/16$

Didaptkan  $r = 108$

$$I_{cr} = 6 \frac{1}{8}$$

$$t_{ha} = \frac{0,885 \times p \times d \times r}{f \times E - 0,1 \times p \times d} + C$$

$$= \frac{0,885 \times 18,02 \times 108}{18750 \times 0,8 - 0,1 \times 18,02} + 0,0625$$

$$= 0,205$$

Tha ( standart) =  $3/16$  in

Karena bentuk tutup atas dan bawah standar dish

Maka :  $h_a = h_b = 0,0169 d$

$$= 0,0169 \times 107,625 \text{ in}$$

$$= 18,19 \text{ in}$$

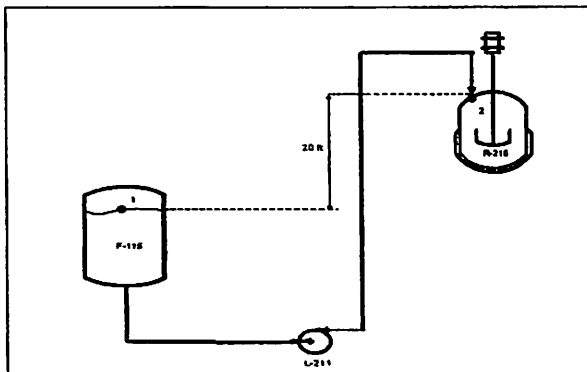
Tinggi total tangki = h tutup atas + h silinder + h tutup bawah

$$= 18,19 + 161,438 + 18,19$$

$$= 198 \text{ in} = 16 \text{ ft}$$

## 7. POMPA TANGKI DEGUMMING (L-211)

Fungsi : memompa minyak dari tangki penampung ke tangki degumming



Type : Centrifugal pump

Bahan : cast iron

Jumlah : 2 buah

$$\begin{aligned}\text{Rate massa} &= 14649.817 \text{ kg/jam} \\ &= 32229,59 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{P liquid} &= 50,559 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 810 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Viskositas liquid} &= 2,20 \text{ cp} \\ &= 0.001 \text{ lbm/ft.s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate volume} &= \frac{\text{ratemassa}}{\text{densitas}} \\ &= \frac{32229,59}{50.559} = 637,47 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,177 \text{ ft}^3/\text{dt} \times \frac{7,481 \text{ gal}}{1 \text{ ft}^3} \times \frac{60 \text{ dt}}{1 \text{ min}} \\ &= 79,48 \text{ gal/menit}\end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen

Dari persamaan (12.15)hal 501 peter & timerhaus untuk aliran turbulen

$$\begin{aligned}\text{ID optimum} &= 3,9 \times Qf^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,177^{0,45} \times 50,59^{0,13} \\ &= 2,98 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipakai pipa dengan ukuran 3" sch 40 (Gean koplis appA-5)

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in} = 0,29 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 3,068 \text{ in} = 0,256 \text{ ft}$$

$$\text{A} = 0,051 \text{ ft}^2$$

$$v = q/A = 3,47 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned}\text{Nre} &= \frac{ID \times v \times \rho}{u} \\ &= \frac{0,256 \times 3,47 \times 50,542}{0,001}\end{aligned}$$

$$= 44897,47 > 2100 \text{ (Aliran turbulen : asumsi benar)}$$

Perhitungan  $W_s$

$$W_s = -\frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{(z_2 - z_1)g}{gc} + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2a} + \sum F$$

Perhitungan factor gesekan

Taksiran panjang pipa lurus 80 ft = 24 m

Terdapat 4 buah elbow 90°

Terdapat 2 buah globe valve

Perhitungan friction losses

1. Contraction loss at tank exit

$$K_c = 0,55 (1 - (A_1/A_2))$$

Dimana  $A_1 \gg A_2$

Didapat  $K_c = 0,55$

$\alpha = 1$  untuk aliran turbulen

$$h_c = K_c \frac{v^2}{2gc}$$

$$= 0,55 \frac{3,47^2}{2 \times 32,174}$$

$$= 0,103 \text{ ft.lbf/lbm}$$

2. Friction loss pada pipa lurus

$$NRe = 44897,47 > 2100 \text{ (asumsi benar)}$$

Bahan pipa = commercial steel

$$e = 0,000046 \text{ m}$$

$$e/D = 0,001$$

Dari grafik 2.10-3 Gean koplis, fanning friction fact = 0,007

$$F_r = 4f \frac{Lxv^2}{Dx2gc}$$

$$= 4 \times 0,007 \frac{80 \times 3,47^2}{0,256 \times 2 \times 32,174}$$

$$= 1,64 \text{ ft.lbf/lbm}$$

3. Friction pada elbow 90° dan globe valve

2 buah globe valve  $k_f = 12$

4 buah elbow  $90^\circ$   $k_f = 3$  sehingga total  $k_f = 15$

$$\begin{aligned} h_f &= k_f \frac{v^2}{2xgc} \\ &= 15 \times \frac{3,47^2}{2x32,174} \\ &= 2,81 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

#### 4. Sudden expansion

Asumsi : luas permukaan ( $A_2$ ) jauh lebih besar dari luas permukaan ( $A_3$ )

$$\begin{aligned} K_{ex} &= 1 - \frac{A_3}{A_2} \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{ex} &= K_{ex} \frac{v^2}{2a} \\ &= 1 \times \frac{3,47^2}{2x1} \\ &= 6,02 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F &= h_c + h_f + F_f + h_{ex} \\ &= 0,103 + 1,64 + 2,81 + 6,02 \\ &= 10,57 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

Power pompa

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 - P_1 = 0 \text{ atm}$$

$$z_2 - z_1 = 20 \text{ ft}$$

$$v_2 - v_1 = 3,47 \text{ ft/s}$$

persamaan bernauli : Gen koplis per 2.7-28 hal 64

$$\begin{aligned} W_s &= -\frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{(z_2 - z_1)g}{gc} + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2a} + \Sigma F \\ &= -\frac{0}{50,542} + 20 + \frac{3,47}{2x1} + 10,57 \\ &= -32,31 \text{ lbf.ft/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Head pompa} &= - W_s \frac{g}{g_c} \\ &= 32,31 \text{ lbf.ft/lbm}\end{aligned}$$

Diketahui rate volumetric = 79,48 gpm

Diperoleh efisiensi pompa = 73% (peter&timmerhaus 5<sup>th</sup> ed fig12-37, hal 516)

$$W_s = (\eta \times W_p)$$

$$32,31 = 73\% \times W_p$$

$$W_p = 44,26 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Diketahui laju alir massa = 8,95 lbm/s

$$\text{BHP} = \text{laju alir massa} \times W_p$$

$$= 8,95 \times 44,26$$

$$= 396,24 \text{ lbf.ft/s}$$

$$= 396,24 \text{ lbf.ft/s} \times \frac{1 \text{ hp}}{550 \text{ lbf.ft/s}}$$

$$= 0,72$$

Efisiensi motor = 80%

$$\begin{aligned}\text{Maka power motor} &= \frac{0,72}{80\%} \\ &= 0,9 \text{ Hp}\end{aligned}$$

Maka digunakan power motor 1 Hp

## 8. TANGKI PENYIMPAN LARUTAN H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (F-111)

Fungsi : untuk menyimpan bahan kimia H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

Type : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standart dished head

Kondisi : Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm = 14,7 psi

Bahan : High Alloy SA 167 grade 3 tipe 304, f = 18.750 psi

sambungan las, dipilih tipe welded butt joint

e = 0,8 (ASME, Tabel UW - 12)

factor korosi = 1/16



Direncanakan membuat 1 buah tangki penampung  $H_3PO_4$

Kebutuhan  $H_3PO_4 = 14,234 \text{ kg/ jam}$

$$\begin{aligned} P H_3PO_4 &= 1,834 \text{ kg/liter} \\ &= 114,497 \text{ lbm/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P H_2O &= 1 \text{ kg/liter} \\ &= 62,4304 \text{ lbm/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ campuran} &= 1/(x_1/r_1 + x_2/r_2) \\ &= 1,6301 \text{ kg/liter} = 101,767 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan} &= (\text{laju alir volumetric/p campuran}) \times \text{waktu tinggal (14 hari)} \\ &= 103.604 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Bahan menempati 80% volume tangki, maka volume tangki (V)

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\text{volumebahan}}{80\%} \\ &= 103.604 / 0,8 \\ &= 129.5056 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

#### a. Menentukan dimensi Tangki

Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dish head digunakan dimensi  $H_s/ID = 1,5$

$$\text{Volume silinder (Vs)} = \frac{\pi}{4} \times DI^2 \times H_s \quad \text{dimana } H_s = 1,5 DI$$

$$\text{Volume tutup (dish)} = 0,0847 DI^3$$

$$\text{Volume total} = V_s + 2 V \text{ dish}$$

$$103.604 = 1,1786 DI^3 + 0,169DI^3$$

$$DI = 4.581 \text{ ft}$$

$$= 54.975 \text{ in}$$

Tekanan design

$$P \text{ operasi} = 14,7 \text{ psi}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \pi \times g/gc \times Z/144 = 2,46 \text{ psi}$$

$$P \text{ design} = (P \text{ operasi} + p \text{ hidrostatik}) \times 1,05 = 18,02 \text{ psi}$$

**b. Tebal silinder**

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{p \times DI}{2(fE + 0,4P)} + C \\
 &= \frac{18,02 \times 54.975}{2(18750 \times 0,85 - 0,6 \times 18,02)} + 0,0625 \\
 &= 0,0979 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Tebal standart = 3/16 in ( Standart )

**d.DO ( Outside Diameter)**

$$\begin{aligned}
 DO &= ID + 2 t_s \\
 &= 54.975 + 2 (3/16) \\
 &= 55.35 \text{ in}
 \end{aligned}$$

DO Standart = 60 in

$$\begin{aligned}
 DI \text{ standart} &= DO \text{ standart} - 2t_s \\
 &= 60 - 2(3/16) \\
 &= 59.625 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$L_s = 1,5 \times 59.625 = 89.438 \text{ in} = 7.45 \text{ ft}$$

**e.Menghitung dimensi tutup atas (tebal)**

Dari table 5.7 (brownel % young ) dengan DO = 34 dan  $t_s = 3/16$

Didapatkan  $r = 60$

$$I_{cr} = 3 \frac{5}{8}$$

$$\begin{aligned}
 t_{ha} &= \frac{0,885 \times p \times d \times r}{f \times E - 0,1 \times p \times d} + C \\
 &= \frac{0,885 \times 18,02 \times 60}{18750 \times 0,85 - 0,1 \times 18,02} + 0,0625 \\
 &= 0,125
 \end{aligned}$$

Tha ( standart ) = 3/16

**Menghitung tinggi tutup**

Karena bentuk tutup atas dan bawah standar dish

$$\begin{aligned}
 \text{Maka : } h_a = h_b &= 0.0169 d \\
 &= 0.0169 \times 59.621 \\
 &= 10.07 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi total tangki} &= h \text{ tutup atas} + h \text{ silinder} + h \text{ tutup bawah} \\
 &= 10.07 + 89.438 + 10.07 \\
 &= 110 \text{ in} = 9.1 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

### 9. HEAT EXCHANGER I (E-114)

Fungsi : Memanaskan minyak jarak dari suhu  $30^{\circ}\text{C}$  samapi  $70^{\circ}\text{C}$   
sebelum masuk tangki degumming

Type : shell and tube Heat exchanger

Bahan : Carbon steel SA 212 grade A

Jumlah : 1 buah

$\Delta P$  steam = 2 psi

$\Delta P$  liquid = 10 psi

Suhu steam masuk =  $260^{\circ}\text{C} = 500^{\circ}\text{F}$

Suhu steam keluar =  $230^{\circ}\text{C} = 446^{\circ}\text{F}$

Suhu liquid masuk =  $30^{\circ}\text{C} = 86^{\circ}\text{F}$

Suhu liquid keluar =  $70^{\circ}\text{C} = 158^{\circ}\text{F}$

Perhitungan :

1. Neraca massa dan panas

$$M_{\text{produk}} = 14233.671 \text{ kg/jam} = 31,314,076 \text{ lb/jam}$$

$$Q_{\text{steam}} = 279558.053 \text{ Kkal/jam} = 1109374.96 \text{ Btu/jam}$$

$$M_{\text{steam}} = 551.8617097 \text{ kg/jam} = 1214.094 \text{ lb/jam}$$

2. Menentukan  $\Delta T_{\text{LMTD}}$

$$\Delta t_1 = (86-158)^{\circ}\text{F} = -72^{\circ}\text{F}$$

$$\Delta t_2 = (500-446)^{\circ}\text{F} = 54^{\circ}\text{F}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta T_{\text{LMTD}} &= \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{U_D \times \Delta T_{\text{LMTD}}} \\
 &= \frac{-72 - 54}{\ln \frac{-72}{54}} \\
 &= 163.3^{\circ}\text{F}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{a. LMTD} &= (\Delta t_1 - \Delta t_2) / \ln(\Delta t_1 / \Delta t_2) \\ &= 163,3 \text{ } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

suhu kalorik

$$\begin{aligned} \text{Hot fluid } T_c &= \frac{500 + 446}{2} \\ &= 473 \text{ } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cold fluid } t_c &= \frac{158 + 86}{2} \\ &= 122 \text{ } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

Digunakan pipa berukuran : 0,75 in OD 16 BWG = 16 ft

Susunan pipa segitiga dengan pitch = 1 in

$$\text{Didapat } a_t = 0,196 \text{ ft}^2$$

$$a_t = 0,302 \text{ ft}^2$$

$$\text{ID} = 0,532 \text{ in}$$

$$= 0,044 \text{ ft}$$

Trial heater dengan system steam medium organic

$$U_d = 50 \text{ s/d } 100 \text{ Btu/j}^\circ\text{F}$$

$$\text{Dipilih } U_d = 50 \text{ Btu/j}^\circ\text{F}$$

$$A_o = Q / U_d \Delta t$$

$$= \frac{1109374,96}{50 \times 163,3} = 171,68 \text{ ft}^2$$

Digunakan ukuran tube ¾ in OD 16 BWG L = 16 ft pemasangan segi empat dengan pitch 1 in, dari table 10 kern didapatkan:

$$A_o = 0,2 \text{ ft}^2$$

$$\text{Passes (n)} = 4$$

$$N_t = A_o / a_o \times L$$

$$= \frac{171,68}{16 \times 0,196} = 54,66$$

Dari table 9 Kern ID shell

$$N_t = 56$$

ID Shell = 17 1/4

Passes = 1

$$\begin{aligned} \text{Koreksi nilai Ud} &= \frac{Q}{Ax\Delta LMTD} \\ &= \frac{1109374.96}{171,68 \times 163,3} = 49,053 \end{aligned}$$

Shell : Cold fluid (Minyak jarak)	Tube : Hot fluid (steam)
Flow area	Flow area
ID = 17 1/4	At = (Nta <sup>2</sup> )/(144 n)
C <sup>2</sup> = pt - OD	= $\frac{56 \times 0,302}{144 \times 1}$
= 1 - 0,75 = 0,25	= 0,1174
As = ID C <sup>2</sup> B/144 ptn	
= $\frac{17,25 \times 0,25 \times 25 \times 1}{144 \times 1 \times 1}$	
= 0,258	
Massa flow area	Massa flow area
Flow area larutan masuk	Flow rate steam pemanas masuk
= 25.930,571 lb/jam	= 1536 lb/jam
Gs = W/as	Gt = W/at
= $\frac{25930,571}{0,2583} = 100389,375$	= $\frac{150}{0,1174} = 13.02,7$
Menghitung NRe	Menghitung h
Tc = 298,4 °F	hi = 1500
De = 0,95 in	Menghitung hio
μ = 14,16 cp	hio = hi
Res = Ds Gs/2,42 μ	= 1500 Btu/jam ft <sup>2</sup> °F
= $\frac{0,0792 \times 100,389}{14,16 \times 2,42}$	Menghitung tw
= 232,024	Tw = tc + hio/(hio+ho) x (Ta - ta)
Menghitung ho	Tw = 236 °F

<p><math>J_h = 11</math></p> <p>Pada <math>T_c = 298 \text{ } ^\circ\text{F}</math></p> <p><math>k = 0,9 \text{ air}</math></p> <p><math>= 0,9 \times 0,456 = 0,41</math></p> <p><math>h_o = J_h \times (k/De) \times (C_p \mu / k)^{1/3} (\mu / \mu_w)</math></p> <p><math>= 11 \left( \frac{0,410}{0,079} \right) \times 0,6 \times \left( \frac{14,16 \times 2,4}{0,410} \right)^{1/3}</math></p> <p><math>= 207,185 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}</math></p> <p>pada <math>t_w = 256 \text{ uw} = 0,014 \text{ cp}</math></p> <p><math>(\mu / \mu_w) = 2,648</math></p> <p><math>h_o = h_o / (\mu / \mu_w)</math></p> <p><math>h_o = 548,63 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}</math></p> <p>perhitungan pressure drop</p> <p><math>De = 4 \times \text{as/frictional wetted perimeter}</math></p> <p><math>= 0,053</math></p> <p><math>N_{re} = De \text{ Gs/m}</math></p> <p><math>= \frac{0,053 \times 100.89,357}{14,16 \times 2,4}</math></p> <p><math>= 156,56</math></p> <p><math>f = 0,000473</math></p> <p><math>\Delta P = \frac{f \times G_s^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} \times D_e \times s \times g \times \phi}</math></p> <p><math>= \frac{0,000473 \times (100.389,357)^2 \times 16 \times 1}{5,2 \times 10^{10} \times 0,05 \times 1,08 \times 2,648}</math></p> <p><math>= 0,012 \text{ psi} &lt; 2 \text{ psi (memenuhi)}</math></p>	<p>Perhitungan pressure drop</p> <p><math>T_c = 131 \text{ } ^\circ\text{F}</math></p> <p><math>\mu = 0,0014 \text{ cp}</math></p> <p><math>N_{Re} = (ID \text{ Gt}) / \mu</math></p> <p><math>= \frac{0,0443 \times 13.02,37}{0,0013 \times 2,42}</math></p> <p><math>= 183.637,94</math></p> <p><math>f = 0,00135</math></p> <p>spesifik volume dari steam</p> <p><math>v = 7,394</math></p> <p><math>sg = 0,00216</math></p> <p><math>\Delta P = \frac{f \times G_s^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} \times D_e \times s \times g \times \phi}</math></p> <p><math>= \frac{0,00135 \times (13.032,37)^2 \times 2 \times 16}{5,22 \times 10^{10} \times 0,044 \times 0,00216 \times 1}</math></p> <p><math>= 0,7394 \text{ psi} &lt; 2 \text{ psi (memenuhi)}</math></p>
---	--

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan } U_c &= \frac{h_{io} h_o}{h_{io} + h_o} \\ &= \frac{1500 \times 548,63}{1500 + 548,63} \end{aligned}$$

$$= 401,79 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Perhitungan dirt factor

$$U_d = \frac{U_c - U_d}{U_c U_d}$$

$$U_d = \frac{401,705 - 49,053}{401,705 \times 49,053}$$

$$= 0,0154 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

nilai  $R_d$  lebih besar dari  $R_d$  minimal, maka desain Heat Exchanger tersebut memenuhi

### 10. TANGKI DEGUMMING

Fungsi : Menggumpalkan gum non hidrotable fosfat ( NHP )

Type : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard dished head

Kondisi : Temperatur =  $30 \text{ } ^\circ\text{C}$

Tekanan = 1 atm = 14,7 psi

Bahan : High Alloy SA 167 grade 3 tipe 304,  $f = 18.750 \text{ psi}$

sambungan las, dipilih tipe welded butt joint

$e = 0,8$  (ASME, Tabel UW - 12)

factor korosi =  $1/16$

Kapasitas =  $14649,817 \text{ kg/jam} = 32229,597 \text{ lb/jam}$

Komponen masuk	Kg/jam	Fraksi berat	$\rho$ (kg/liter)	$X_1/\rho_1$	$\mu$ (cp)
Minyak jarak	14635,184	0,999	0,963	1,037	12
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	12.438	0,00084	1,668	0,0005	0,57
H <sub>2</sub> O	2.195	0,00015	0,996	0,00015	0,32
TOTAL	14649.817			1,038	12,89

$\rho_{\text{campuran}} = 0,963 \text{ kg/liter}$

$$= 60,133 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume larutan} &= (\text{laju alir volumetric/p campuran}) \times \text{waktu tinggal (1 jam)} \\ &= 533.008 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Bahan menempati 80% volume tangki, maka volume tangki (V)

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\text{volumebahan}}{80\%} \\ &= 533.008 / 0,8 \\ &= 850,52 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

#### a. Menentukan dimensi Tangki

Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dish head digunakan dimensi  $H_s/ID = 1,5$

$$\text{Volume silinder (Vs)} = \frac{\pi}{4} \times DI^2 \times H_s \quad \text{dimana } H_s = 1,5 \text{ DI}$$

$$\text{Volume tutup (dish)} = 0,0847 \text{ DI } D^3$$

$$\text{Volume total} = V_s + 2 \text{ V dish}$$

$$850,52 = 1,1786 \text{ DI}^3 + 0,169 \text{ DI}^3$$

$$\text{DI} = 8.579 \text{ ft}$$

$$= 102.95 \text{ in}$$

#### b. Perhitungan tinggi liquid dalam silinder

$$\begin{aligned} V_{\text{dish}} &= 0,0847 \text{ ID}^3 \\ &= 53.4850 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Tekanan design

$$P \text{ operasi} = 14,7 \text{ psi}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \pi \times g/gc \times Z/144 = 4,19 \text{ psi}$$

$$P \text{ design} = (P \text{ operasi} + p \text{ hidrostatik}) \times 1,05 = 19,83 \text{ psi}$$

#### c. Tebal silinder

$$t_s = \frac{p \times DI}{2(fE + 0,6P)} + C$$



$$= \frac{19,83 \times 102,95}{2(18750 \times 0,85 - 0,6 \times 19,83)} + 0,0625$$

$$= 0,1207 \text{ in} = 1,932/16$$

Tebal standart = 3/16 in

**d.DO ( Outside Diameter)**

$$\text{DO} = \text{ID} + 2 \text{ ts}$$

$$= 102,95 + 2 (3/16)$$

$$= 103,32 \text{ in}$$

DO Standart = 108 in

$$\text{DI standart} = \text{DO standart} - 2\text{ts}$$

$$= 108 - 2(3/16)$$

$$= 107,625 \text{ in}$$

$$L_s = 1,5 \times 107,625 = 161,438 \text{ in} = 13,45 \text{ ft}$$

**e.Menghitung dimensi tutup a (tebal)**

Dari table 5.7 (brownel % young ) dengan DO = 108 dan ts = 3/16

Didapatkan  $r = \text{Do} = 108$

$$I_{cr} = 3/4$$

$$t_{ha} = \frac{0,885 \times p \times d \times r}{f \times E - 0,1 \times p \times d} + C$$

$$= \frac{0,883 \times 19,83 \times 107,625}{(18750 \times 0,85 + 0,1 \times 19,83)} + 0,0625$$

$$= 0,1759 \text{ in} = 2,8 /16$$

Tha ( standart) = 3/16

**Menentukan Tinggi Tutup**

$$H_a = h_b = 0,0169 \text{ d}$$

$$= 0,0169 \times 107,625$$

$$= 18,19$$

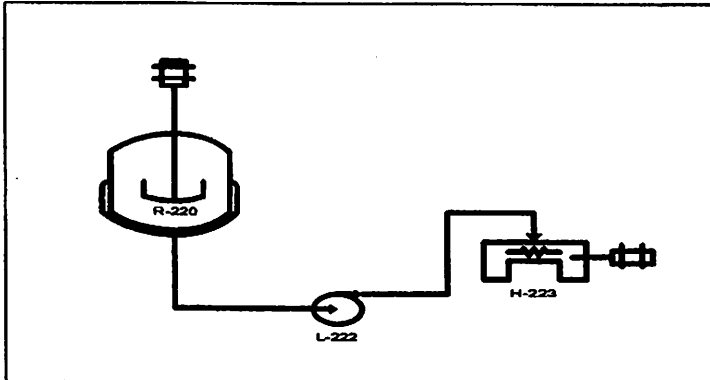
**Tinggi tangki total = 2x tinggi tutup + tinggi silinder**

$$= 2 \times 18,19 + 161,438$$

$$= 198 \text{ in} = 16 \text{ ft}$$

**11.POMPA DEGUMMING II (L 222)**

Fungsi : Memompa minyak dari tangki degumming 2 ke Centrifuge



Type : Centrifugal pump

Bahan : cast iron

Jumlah : 2 buah

Rate massa = 14942.814 kg/jam

= 32874,19 lb/jam

P liquid = 68,428 lb/ft<sup>3</sup>

= 1096,117 kg/m<sup>3</sup>

Viskositas liquid = 2,21 cp

= 0,002 lbm/ft.s

Rate volume =  $\frac{\text{ratemassa}}{\text{densitas}}$

=  $\frac{32874,192}{68,428} = 480,42 \text{ ft}^3/\text{jam}$

=  $0,133 \text{ ft}^3/\text{dt} \times \frac{7,481 \text{ gal}}{1 \text{ ft}^3} \times \frac{60 \text{ dt}}{1 \text{ min}}$

= 59,9 gal/menit

Asumsi aliran turbulen

Dari persamaan (12.15) hal 501 Peter & Timmerhaus untuk aliran turbulen

$$\begin{aligned} \text{ID optimum} &= 3,9 \times Q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,133^{0,45} \times 68,428^{0,13} \\ &= 2,724 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipakai pipa dengan ukuran 3" sch 40 (Gen koplis appA-5)

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in} = 0,291 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 3,068 \text{ in} = 0,256 \text{ ft}$$

$$A = 0,051 \text{ ft}^2$$

$$v = q/A = 2,61 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Nre} &= \frac{ID \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,256 \times 2,61 \times 68,428}{0,002} \\ &= 22841,53 > 2100 \text{ (Aliran turbulen : asumsi benar)} \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli : Gen koplis per 2.7-28 hal 64

$$W_s = -\frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{(z_2 - z_1)g}{gc} + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2a} + \sum F$$

Perhitungan factor gesekan

Taksiran panjang pipa lurus 80 ft = 24 m

Terdapat 4 buah elbow 90°

Terdapat 2 buah globe valve

Perhitungan friction losses

2. Contraction loss at tank exit

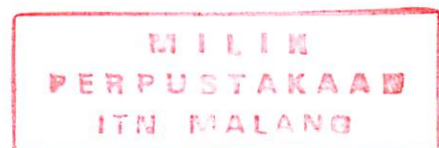
$$K_c = 0,55 (1 - (A_1/A_2))$$

Dimana  $A_1 \gg A_2$

Didapat  $K_c = 0,55$

$\alpha = 1$  untuk aliran turbulen

$$h_c = K_c \frac{v^2}{2gc}$$



$$= 0,55 \frac{2,61^2}{2 \times 32,174}$$

$$= 0,058 \text{ ft.lbf/lbm}$$

## 2. Friction loss pada pipa lurus

$$\text{NRe} = 22841,53 > 2100 \text{ (asumsi benar)}$$

Bahan pipa = commercial steel

$$e = 0,000046 \text{ m}$$

$$e/D = 0,001$$

Dari grafik 2.10-3 Gean koplis, fanning friction fact = 0,007

$$\text{Fr} = 4f \frac{Lv^2}{D \times 2gc}$$

$$= 4 \times 0,007 \frac{80 \times 2,61^2}{0,256 \times 2 \times 32,174}$$

$$= 0,926 \text{ ft.lbf/lbm}$$

## 3. Friction pada elbow 90° dan globe valve

$$2 \text{ buah globe valve } k_f = 12$$

$$4 \text{ buah elbow } 90^\circ k_f = 3 \text{ sehingga total } k_f = 15$$

$$h_f = k_f \frac{v^2}{2 \times gc}$$

$$= 15 \times \frac{2,61^2}{2 \times 32,174}$$

$$= 1,587 \text{ ft.lbf/lbm}$$

## 4. Sudden expansion

Asumsi : luas permukaan ( $A_2$ ) jauh lebih besar dari luas permukaan ( $A_3$ )

$$\text{Kex} = 1 - \frac{A_3}{A_2}$$

$$= 1$$

$$h_{\text{ex}} = \text{Kex} \frac{v^2}{2a}$$

$$= 1 \times \frac{2,61^2}{2 \times 1}$$

$$= 3,41 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\Sigma F = h_c + h_f + F_f + h_{ex}$$

$$= 0,058 + 0,926 + 1,587 + 3,41$$

$$= 5,977 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Power pompa

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 - P_1 = 0 \text{ atm}$$

$$z_2 - z_1 = 10 \text{ ft}$$

$$v_2 - v_1 = 2,61 \text{ ft/s}$$

persamaan bernauli : Gen koplis per 2.7-28 hal 64

$$\begin{aligned} W_s &= -\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{(z_2 - z_1)g}{gc} + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2a} + \Sigma F \\ &= -\frac{0}{68,314} + 10 + \frac{2,61}{2 \times 1} + 5,977 \\ &= -17,282 \text{ lbf.ft/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head pompa} &= -W_s \frac{g}{gc} \\ &= 14,2 \text{ lbf.ft/lbm} \end{aligned}$$

Diketahui rate volumetric = 59,9 gpm

Diperoleh efisiensi pompa = 65% (peter&timerhaus 5<sup>th</sup> ed fig12-37, hal 516)

$$W_s = (\eta \times W_p)$$

$$17,282 = 65\% \times W_p$$

$$W_p = 26,587 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Diketahui laju alir massa = 9,132 lb/s

$$\text{BHP} = \text{laju alir massa} \times W_p$$

$$= 9,132 \times 26,587$$

$$= 242,78 \text{ lbf.ft/s}$$

$$= 242,78 \text{ lbf.ft/s} \times \frac{1 \text{ hp}}{550 \text{ lbf.ft/s}}$$

$$= 0,44$$

Efisiensi motor = 80%

$$\begin{aligned} \text{Maka power motor} &= \frac{0,44}{80\%} \\ &= 0,552 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Maka digunakan power motor 1 Hp

## 12. CENTRIFUGE (H-114)

Fungsi : Untuk memisahkan minyak dan padatan didalamnya

Feed masuk /jam dengan kecepatan sebagai berikut

Liquid

Masuk	(kg/jam)	lb/jam	fraksi	f x p
TGS	13754,824	30260,61	0.940	0.86
FFA	29,266	64,385	0.002	0.002
H2O	82,675	181,885	0.0055	0.005
MGS	497,515	1094,53	0.034	0.029
NHP	41,901	92,182	0.00185	0.002
HP	536,632	1180,590	0.017	0.014
Total	14942,814	32874,190	1.000	0.912

Densitas campuran = 68,428 lb/ft<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} \text{Rate volume LC} &= \frac{32874,190}{68,428} \\ &= 480,42 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

Waktu operasi = 1 jam

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 480,42 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} \\ &= 480,42 \text{ ft}^3 \\ &= 480,40 \text{ ft}^3 \times 7,481 \text{ gal/ft}^3 \\ &= 3594,02 \text{ gal/menit} \end{aligned}$$

Dipakai tipe Helical Conveyor dengan metode pemisahan sedimentasi

Untuk sedimentsai centrifuge

Diameter bowl : 14 in (Perry 7<sup>th</sup> ed tb 18-12 hal 18-112)

Kec poutaran : 1000 rpm (Perry 7<sup>th</sup> ed tb 18-12 hal 18-112)

Power motor : 20 Hp (Perry 7<sup>th</sup> ed tb 18-12 hal 18-112)

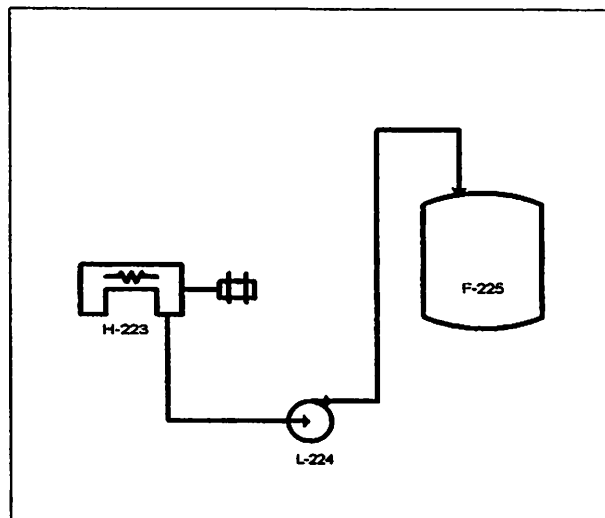
Dipakai power : 20 Hp (Perry 7<sup>th</sup> ed tb 18-12 hal 18-112)

Inside diameter : 14 in (Perry 7<sup>th</sup> ed tb 18-12 hal 18-112)

Scale upfactor : 5.0000 (Perry 7<sup>th</sup> ed tb 18-12 hal 18-112)

### 13. POMPA CENTRIFUGE ( L 224 )

Fungsi : Memompa minyak dari Centrifuge II ke tangki penampung



Type : Centrifugal pump

Bahan : cast iron

Jumlah : 2 buah

Rate massa = 14358,49 kg/jam

= 31588,69 lb/jam

P liquid = 68,403 lb/ft<sup>3</sup>

= 1095,716 kg/m<sup>3</sup>

Viskositas liquid = 2,207 cp

= 0,002 lbm/ft.s

Rate volume =  $\frac{\text{ratemassa}}{\text{densitas}}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{31588,69}{68,403} = 461,80 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 0,128 \text{ ft}^3/\text{dt} \times \frac{7,481 \text{ gal}}{1 \text{ ft}^3} \times \frac{60 \text{ dt}}{1 \text{ min}} \\
 &= 57,58 \text{ gal/menit}
 \end{aligned}$$

**Asumsi aliran turbulen**

Dari persamaan (12.15) hal 501 Peter & Timmerhaus untuk aliran turbulen

$$\begin{aligned}
 \text{ID optimum} &= 3,9 \times Q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\
 &= 3,9 \times 0,128^{0,45} \times 68,403^{0,13} \\
 &= 2,67 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipakai pipa dengan ukuran 3" sch 40 (Gean koplis appA-5)

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in} = 0,29 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 3,068 \text{ in} = 0,256 \text{ ft}$$

$$A = 0,051 \text{ ft}^2$$

$$v = q/A = 2,51 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nre} &= \frac{ID \times v \times \rho}{\mu} \\
 &= \frac{0,256 \times 2,51 \times 68,428}{0,002}
 \end{aligned}$$

$$= 21984,55 > 2100 \text{ (Aliran turbulen : asumsi benar)}$$

**Persamaan Bernoulli : Gean koplis per 2.7-28 hal 64**

$$W_s = -\frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{(z_2 - z_1)g}{gc} + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2a} + \sum F$$

**Perhitungan factor gesekan**

**Taksiran panjang pipa lurus 80 ft = 24 m**

**Terdapat 4 buah elbow 90°**

**Terdapat 2 buah globe valve**

**Perhitungan friction losses**

**1. Contraction loss at tank exit**

$$K_c = 0,55 (1 - (A_1/A_2))$$



Dimana  $A_1 \gg A_2$

Didapat  $K_c = 0,55$

$\alpha = 1$  untuk aliran turbulen

$$\begin{aligned} h_c &= K_c \frac{v^2}{2gc} \\ &= 0,55 \frac{2,51^2}{2 \times 32,174} \\ &= 0,054 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

2. Friction loss pada pipa lurus

$NR_e = 36103,7 > 2100$  (asumsi benar)

Bahan pipa = commercial steel

$e = 0,000046 \text{ m}$

$e/D = 0,001$

Dari grafik 2.10-3 Gean koplis, fanning friction fact = 0,007

$$\begin{aligned} Fr &= 4f \frac{Lv^2}{D \times 2gc} \\ &= 4 \times 0,007 \frac{80 \times 2,51^2}{0,256 \times 2 \times 32,174} \\ &= 0,857 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

3. Friction pada elbow  $90^\circ$  (4 buah)  $k_f = 0,75 \times 4 = 3$

$$\begin{aligned} hf &= k_f \frac{v^2}{2xgc} \\ &= 3 \times \frac{2,51^2}{2 \times 32,174} \\ &= 0,294 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

4. friction pada globe valve wide open 1 buah  $k_f = 6$

$$\begin{aligned} hf &= 2k_f \frac{v^2}{2xgc} \\ &= 2 \times 6 \frac{2,51^2}{2 \times 32,174} \\ &= 1,175 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

## 5. Sudden expansion

Asumsi : luas permukaan ( $A_2$ ) jauh lebih besar dari luas permukaan ( $A_3$ )

$$K_{ex} = 1 - \frac{A_3}{A_2}$$

$$= 1$$

$$h_{ex} = K_{ex} \frac{v^2}{2a}$$

$$= 1 \times \frac{2,51^2}{2 \times 1}$$

$$= 2,15 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\Sigma F = h_c + h_f + F_f + h_{ex}$$

$$= 0,054 + 0,857 + 1,469 + 2,15$$

$$= 4,53 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Power pompa

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 - P_1 = 0 \text{ atm}$$

$$Z_2 - Z_1 = 20 \text{ ft}$$

$$v_2 - v_1 = 2,51 \text{ ft/s}$$

persamaan bernauli : Gen koplis per 2.7-28 hal 64

$$W_s = -\frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{(z_2 - z_1)g}{gc} + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2a} + \Sigma F$$

$$= -\frac{0}{68,314} + 20 + \frac{2,51}{2 \times 1} + 4,53$$

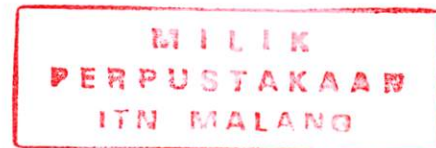
$$= -25,785 \text{ lbf.ft/lbm}$$

$$\text{Head pompa} = -W_s \frac{g}{gc}$$

$$= 25,758 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Diketahui rate volumetric = 57,58 gpm

Diperoleh efisiensi pompa = 65% (peter&timerhaus 5<sup>th</sup> ed fig12-37, hal 516)



$$W_s = (\eta \times W_p)$$

$$25,758 = 65\% \times W_p$$

$$W_p = 39,67 \text{ lbf/ft/lbm}$$

Diketahui laju alir massa = 8,77 lb/s

$$\text{BHP} = \text{laju alir massa} \times W_p$$

$$= 8,77 \times 39,67$$

$$= 348,08 \text{ lbf/ft/s}$$

$$= 348,08 \text{ lbf/ft/s} \times \frac{1 \text{ hp}}{550 \text{ lbf.ft/s}}$$

$$= 0,63 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 80\%$$

$$\text{Maka power motor} = \frac{0,63}{80\%}$$

$$= 0,791 \text{ Hp}$$

Maka digunakan power motor 1 Hp

#### 14. TANGKI PENAMPUNG (F-225)

Fungsi : untuk menampung minyak hasil degumming 2

Type : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standart dished head

Kondisi : Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm = 14,7 psi

Bahan : High Alloy SA 167 grade 3 tipe 304,  $f = 18.750 \text{ psi}$

sambungan las, dipilih tipe welded butt joint

$e = 0,8$  (ASME, Tabel UW - 12)

factor korosi = 1/16

Komponen keluar	(kg/jam)	(lb/jam)	fraksi	X1/p
Centrifuge				
TGS	13749,285	30248,42	0.975	0.842

FFA	29,254	64,36	0.0022	0.002
H2O	82,642	181,81	0.0059	0.006
MGS	497,315	1094,09	0.017	0.029
Total	13966.855	30791.329	1	0.879

$$\begin{aligned} P \text{ campuran} &= 1,138 \text{ kg/liter} \\ &= 71,045/\text{ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan} &= (\text{laju alir volumetric/p campuran}) \times \text{waktu tinggal (2 jma)} \\ &= 866.8079\text{ft}^3 \end{aligned}$$

Bahan menempati 80% volume tangki, maka volume tangki (V)

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\text{volumebahan}}{80\%} \\ &= 866.8079\text{ft}^3 / 0,8 \\ &= 1083.51\text{ft}^3 \end{aligned}$$

Menentukan dimensi Tangki

#### b. ID dan tinggi bejana

Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dish head digunakan dimensi  $L_s/\text{ID} = 1,5$

$$\text{Volume silinder (Vs)} = \frac{\pi}{4} \times \text{DI}^2 \times H_s \quad \text{dimana } L_s = 1,5 \text{ DI}$$

$$\text{Volume tutup (dish)} = 0,0847 \text{ DI } D^3$$

$$\text{Volume total} = V_s + 2 V \text{ dish}$$

$$1083.51 = 1,1786 \text{ DI}^3 + 0,169\text{DI}^3$$

$$\text{DI} = 9,3 \text{ ft}$$

$$= 111.604 \text{ in}$$

#### c. Perhitungan tinggi liquid dalam silinder

$$V_{\text{dish}} = 0,0847 \text{ ID}^3$$

$$= 68.136 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan dalam silinder (V1)} &= \text{volume bahan} - \text{volume dalam tutup bawah} \\ &= 866.8079 - 68.136 \\ &= 798.67 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Tinggi larutan dalam tangki (Hl)

$$\begin{aligned} Lls &= \frac{Vls}{p/4xDI^2} \\ &= \frac{798.67x4}{3.14x9.03^2} = 12.76\text{ft} \\ &= 153.192 \text{ in} \end{aligned}$$

Tekanan design

$$P \text{ operasi} = 14,7 \text{ psi}$$

$$P \text{ hidrostatis} = px (Lls - 1)/144 + 14.7 = 20.505 \text{ psi}$$

$$P \text{ design} = (P \text{ operasi} + p \text{ hidrostatis})x1,05 = 21,53 \text{ psi}$$

**c. Tebal silinder**

$$\begin{aligned} ts &= \frac{pxDI}{2(fE + 0,6P)} + C \\ &= \frac{21,58x111.604}{2(18750x08 - 0,6x21,53)} + 0,0625 \\ &= 0,1379 \text{ in} = 2.207/16 \end{aligned}$$

$$\text{Tebal standart} = 3/16 \text{ in}$$

**d.DO ( Outside Diameter)**

$$\begin{aligned} DO &= DI + 2 ts \\ &= 111.604 + 2 (3/16) \\ &= 111.979 \text{ in} \end{aligned}$$

$$DO \text{ Standart} = 114 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} DI \text{ standart} &= DO \text{ standart} - 2ts \\ &= 114 - 2(3/16) \\ &= 113,625 \text{ in} \end{aligned}$$

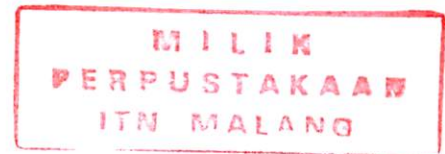
$$Ls = 1,5 x 113,625 = 170,438 \text{ in} = 14,2 \text{ ft}$$

**e. Menghitung dimensi tebal tutup atas**

Dari table 5.7 (brownel % young ) dengan DO = 114 dan ts = 3/16

Didapatkan r = 114

$$Icr = 6 \frac{7}{8}$$



$$\begin{aligned}
 t_{ha} &= \frac{0,885 \times p \times d \times r}{f \times E - 0,1 \times p \times d} + C \\
 &= \frac{0,885 \times 21,58 \times 114}{18750 \times 0,85 - 0,1 \times 21,53} + 0,0625 \\
 &= 0,1959 \text{ in} = 3.1/16
 \end{aligned}$$

$$T_{ha} \text{ (standart)} = 4/16$$

**Menghitung tinggi tutup atas dan bawah**

$$\begin{aligned}
 H_a = H_b &= 0.169 \text{ d} \\
 &= 0.169 \times 113,625 \\
 &= 19.2 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi Tangki Total} &= 2 \text{ Tinggi tutup} + \text{tinggi silinder} \\
 &= 2 \times 19.2 + 170,438 \\
 &= 209 \text{ in} = 17 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

### 15. POMPA HIDROLISA ( L-331)

Fungsi : Memompa minyak dari penampung ( F -225) ke reactor hidrolisa

Komponen	(kg/jam)	(lb/jam)	Fraksi (Xi)	$\rho_i$ (kg/liter)	$X_i \times \rho_i$
TGS	13749,285	30248,42	0.975	1.093	1.065
FFA	29,254	643,59	0.002	1.000	0.002
H2O	82,642	181,81	0.006	1.100	0.006
MGS	497,315	1094,09	0.017	1.172	0.020
TOTAL	14358,49	31588,69	1.000		1.094

Type : Centrifugal pump

Bahan : cast iron

Jumlah : 2 buah

Rate massa = 14358,49 kg/jam

= 31588,69 lb/jam

P liquid = 68.311 lb/ft<sup>3</sup>

$$= 1094.24 \text{ kg/m}^3$$

Viskositas liquid = 2.217 cp

$$= 0.001 \text{ lbm/ft.s}$$

Rate volume =  $\frac{\text{ratemassa}}{\text{densitas}}$

$$= \frac{31588,69}{68,311} = 462,42 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,128 \text{ ft}^3/\text{dt} \times \frac{7,481 \text{ gal}}{1 \text{ ft}^3} \times \frac{60 \text{ dt}}{1 \text{ min}}$$

$$= 57,65 \text{ gal/menit}$$

Asumsi aliran turbulen

Dari persamaan (12.15) hal 501 Peter & Timmerhaus untuk aliran turbulen

$$\text{ID optimum} = 3,9 \times Qf^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 3,9 \times 0,128^{0,45} \times 68,311^{0,13}$$

$$= 2,67 \text{ in}$$

Dipakai pipa dengan ukuran 3" sch 40 (Gean koplis app A-5)

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in} = 0.292 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 3,068 \text{ in} = 0.256 \text{ ft}$$

$$A = 0.0513 \text{ ft}^2$$

$$v = q/A = 2.49 \text{ ft/s}$$

$$\text{Nre} = \frac{ID \times v \times \rho}{u}$$

$$= \frac{0,256 \times 2,49 \times 68,311}{0,002}$$

$$= 21824,54 > 2100 \text{ (Aliran turbulen : asumsi benar)}$$

Persamaan Bernoulli : Gean koplis per 2.7-28 hal 64

$$W_s = -\frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{(z_2 - z_1)g}{gc} + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2a} + \sum F$$

Perhitungan factor gesekan

Taksiran panjang pipa lurus 80 ft = 24 m

Terdapat 4 buah elbow 90°

Terdapat 2 buah globe valve

Perhitungan friction losses

1. Contraction loss at tank exit

$$K_c = 0,55 (1 - (A_1/A_2))$$

Dimana  $A_1 \gg A_2$

$$\text{Didapat } K_c = 0,55$$

$\alpha = 1$  untuk aliran turbulen

$$h_c = K_c \frac{v^2}{2gc}$$

$$= 0,55 \times \frac{2,49^2}{2 \times 32,174}$$

$$= 0,053 \text{ ft.lbf/lbm}$$

2. Friction loss pada pipa lurus

$$NRe = 21824,54 > 2100 \text{ (asumsi benar)}$$

Bahan pipa = commercial steel

$$e = 0,000046 \text{ m}$$

$$e/D = 0,001$$

Dari grafik 2.10-3 Gean koplis, fanning friction fact = 0,007

$$F_r = 4f \frac{Lxv^2}{Dx2gc}$$

$$= 4 \times 0,007 \frac{80 \times 2,49^2}{0,256 \times 2 \times 32,174}$$

$$= 0,84 \text{ ft.lbf/lbm}$$

3. Friction pada elbow 90° (4 buah)  $k_f = 0,75 \times 4 = 3$

$$h_f = k_f \frac{v^2}{2xgc}$$

$$= 3 \times \frac{2,49^2}{2 \times 32,174}$$

$$= 0,29 \text{ ft.lbf/lbm}$$



4. friction pada globe valve wide open 1 buah  $k_f = 6$

$$\begin{aligned} h_f &= 2k_f \frac{v^2}{2xgc} \\ &= 2x6 \frac{2,49^2}{2x32,174} \\ &= 1,16 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

5. Sudden expansion

Asumsi : luas permukaan ( $A_2$ ) jauh lebih besar dari luas permukaan ( $A_3$ )

$$\begin{aligned} K_{ex} &= 1 - \frac{A_3}{A_2} \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{ex} &= K_{ex} \frac{v^2}{2a} \\ &= 1 \times \frac{2,49^2}{2x1} \\ &= 3,1 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F &= h_c + h_f + F_f + h_{ex} \\ &= 0,053 + 0,84 + 1,45 + 3,1 \\ &= 5,44 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

Power pompa

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 - P_1 = 0 \text{ atm}$$

$$z_2 - z_1 = 20 \text{ ft}$$

$$v_2 - v_1 = 2,49 \text{ ft/s}$$

persamaan bernauli : Gen koplis per 2.7-28 hal 64

$$\begin{aligned} W_s &= -\frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{(z_2 - z_1)g}{gc} + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2a} + \Sigma F \\ &= -\frac{0}{68,311} + 20 + \frac{2,49}{2x1} + 5,44 \\ &= -26,69 \text{ lbf.ft/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Head pompa} &= - W_s \frac{g}{gc} \\ &= 26,69 \text{ lbf.ft/lbm}\end{aligned}$$

Diperoleh efisiensi pompa = 65% (peter&timmerhaus 5<sup>th</sup> ed fig12-37, hal 516)

$$W_s = (\eta \times W_p)$$

$$26,69 = 65\% \times W_p$$

$$W_p = 41,05 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Diketahui laju alir massa = 8,77 lb/s

$$\text{BHP} = \text{laju alir massa} \times W_p$$

$$= 8,77 \times 41,05$$

$$= 360,19 \text{ lbf.ft/s}$$

$$= 360,19 \text{ lbf.ft/s} \times \frac{1 \text{ hp}}{550 \text{ lbf.ft/s}}$$

$$= 0,654 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 80%

$$\text{Maka power motor} = \frac{0,654}{80\%}$$

$$= 0,819 \text{ Hp}$$

Maka digunakan power motor 1 Hp

## 16. HEAT EXCHANGER ( E-313)

Fungsi : Memanaskan air dari suhu 30<sup>0</sup>C samapi 70<sup>0</sup>C

Sebelum masuk ke reactor hidrolisa

Type : shell and tube Heat exchanger

Bahan : Carbon stee SA 212 grade A

Jumlah : 1 buah

Bahan : Carbon stee SA 212 grade A

Jumlah : 1 buah

$\Delta P$  steam = 2 psi

$\Delta P$  liquid = 10 psi

Suhu steam masuk = 260<sup>0</sup>C = 500<sup>0</sup>F

Suhu steam keluar = 230<sup>0</sup>C = 446<sup>0</sup>F



Suhu liquid masuk =  $30^{\circ}\text{C} = 86^{\circ}\text{F}$

Suhu liquid keluar =  $70^{\circ}\text{C} = 158^{\circ}\text{F}$

Perhitungan :

3. Neraca massa dan panas

$$M_{\text{produk}} = 857.984 \text{ kg/jam} = 1890.98 \text{ lb/jam}$$

$$Q_{\text{steam}} = 34488.9713 \text{ Kkal/jam} = 136774,156 \text{ Btu/jam}$$

$$M_{\text{steam}} = 68.082 \text{ kg/jam} = 150.05 \text{ lb/jam}$$

4. Menentukan  $\Delta T_{\text{LMTD}}$

$$\Delta t_1 = (86 - 158)^{\circ}\text{F} = -72^{\circ}\text{F}$$

$$\Delta t_2 = (500 - 446)^{\circ}\text{F} = 54^{\circ}\text{F}$$

$$\Delta T_{\text{LMTD}} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \Delta t_1 / \Delta t_2}$$

$$= \frac{-72 - 54}{\ln \frac{-72}{54}}$$

$$= 163.3^{\circ}\text{F}$$

a.  $\text{LMTD} = (\Delta t_1 - \Delta t_2) / \ln(\Delta t_1 / \Delta t_2)$

$$= 163,3^{\circ}\text{F}$$

suhu kalorik

$$\text{Hot fluid } T_c = \frac{500 + 446}{2}$$

$$= 473^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Cold fluid } t_c = \frac{158 + 86}{2}$$

$$= 122^{\circ}\text{F}$$

Digunakan pipa berukuran : 0,75 in OD 16 BWG = 16 ft

Susunan pipa segitiga dengan pitch = 1 in

Didapat  $a_t = 0,196 \text{ ft}^2$

$$a_t = 0,302 \text{ ft}^2$$

$$\text{ID} = 0,532 \text{ in}$$

$$= 0,044 \text{ ft}$$

Triel heater dengan system steam medium organic

$$U_d = 50 \text{ s/d } 100 \text{ Btu/j}^\circ\text{F}$$

$$\text{Dipilih } U_d = 50 \text{ Btu/j}^\circ\text{F}$$

$$A_o = Q/U_d \Delta t$$

$$= \frac{136774,156}{50 \times 163,3} = 167,5 \text{ ft}^2$$

Digunakan ukuran tube  $\frac{3}{4}$  in OD 16 BWG L = 16 ft pemasangan segi empat dengan pitch 1 in, dari table 10 kern didapatkan:

$$A_o = 0,2 \text{ ft}^2$$

$$\text{Passes (n)} = 4$$

$$N_t = A_o/a_o \times L$$

$$= \frac{167,5}{16 \times 0,196} = 53,4$$

Dari table 9 Kern ID shell

$$N_t = 56$$

$$\text{ID Shell} = 17 \frac{1}{4}$$

$$\text{Passes} = 1$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi nilai } U_d &= \frac{Q}{A_x \Delta LMTD} \\ &= \frac{136774,156}{167,5 \times 163,3} = 49,053 \end{aligned}$$

Shell : Cold fluid (H <sub>2</sub> O)	Tube : Hot fluid (steam)
Flow area	Flow area
ID = 17 $\frac{1}{4}$	At = (Nta'')/(144 n)
C'' = pt - OD	= $\frac{56 \times 0,302}{144 \times 1}$
= 1 - 0,75 = 0,25	= 0,1174
As = ID C''B/144 ptn	
= $\frac{17,25 \times 0,25 \times 25 \times 1}{144 \times 1 \times 1}$	
= 0,258	
Massa flow area	

<p>Flow area larutan masuk = 25.930,571 lb/jam</p> $G_s = W/a_s$ $= \frac{25930,571}{0,2583} = 100389,375$ <p>Menghitung NRe</p> $T_c = 298,4 \text{ } ^\circ\text{F}$ $D_e = 0,95 \text{ in}$ $\mu = 14,16 \text{ cp}$ $Re_s = D_s G_s / 2,42 \mu$ $= \frac{0,0792 \times 100,389}{14,16 \times 2,42}$ $= 232,024$ <p>Menghitung ho</p> $J_h = 11$ <p>Pada <math>T_c = 298 \text{ } ^\circ\text{F}</math></p> $k = 0,9 \text{ air}$ $= 0,9 \times 0,456 = 0,41$ $h_o = J_h \times (k/D_e) \times (C_p \mu / k)^{1/3} (\mu / \mu_w)$ $= 11 \left( \frac{0,410}{0,079} \right) \times 0,6 \times \left( \frac{14,16 \times 2,4}{0,410} \right)^{1/3}$ $= 207,185 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$ <p>pada <math>t_w = 256 \text{ uw} = 0,014 \text{ cp}</math></p> $(\mu / \mu_w) = 2,648$ $h_o = h_o / (\mu / \mu_w)$ $h_o = 548,63 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$ <p>perhitungan pressure drop</p> $D_e = 4 \times a_s / \text{frictional wetted perimeter}$ $= 0,053$ $N_{re} = D_e G_s / m$	<p>Massa flow area</p> <p>Flow rate steam pemanas masuk = 1536 lb/jam</p> $G_t = W/a_t$ $= \frac{150}{0,1174} = 13.02,7$ <p>Menghitung h</p> $h_i = 1500$ <p>Menghitung hio</p> $h_{io} = h_i$ $= 1500 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$ <p>Menghitung tw</p> $T_w = t_c + h_{io} / (h_{io} + h_o) \times (T_a - t_a)$ $T_w = 236 \text{ } ^\circ\text{F}$ <p>Perhitungan pressure drop</p> $T_c = 131 \text{ } ^\circ\text{F}$ $\mu = 0,0014 \text{ cp}$ $N_{Re} = (ID G_t) / \mu$ $= \frac{0,0443 \times 13.02,37}{0,0013 \times 2,42}$ $= 183.637,94$ $f = 0,00135$ <p>spesifik volume dari steam</p> $v = 7,394$ $s_g = 0,00216$ $\Delta P = \frac{f \times G_s^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} \times D_e \times s_g \times \phi}$ $= \frac{0,00135 \times (13.032,37)^2 \times 2 \times 16}{5,22 \times 10^{10} \times 0,044 \times 0,00216 \times 1}$ $= 0,7394 \text{ psi} < 2 \text{ psi (memenuhi)}$
--	---

$= \frac{0,053 \times 100,89,357}{14,16 \times 2,4}$ $= 156,56$ $f = 0,000473$ $\Delta P = \frac{f \times G_s^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} \times D_e \times s_g \times \phi}$ $= \frac{0,000473 \times (100,389,357)^2 \times 16 \times 1}{5,2 \times 10^{10} \times 0,05 \times 1,08 \times 2,648}$ $= 0,012 \text{ psi} < 2 \text{ psi (memenuhi)}$	
--	--

Perhitungan  $U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$

$$= \frac{1500 \times 548,63}{1500 + 548,63}$$

$$= 401,79 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Perhitungan dirt factor

$$U_d = \frac{U_c - U_d}{U_c U_d}$$

$$U_d = \frac{401,705 - 49,053}{401,705 \times 49,053}$$

$$= 0,0154 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

nilai  $R_d$  lebih besar dari  $R_d$  minimal, maka desain Heat Exchanger tersebut memenuhi

**17. REAKTOR HIDROLISA I (R-210)**

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi hidrolisa minyak

Type : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standart dished head

Kondisi : Temperatur = 250 °C

Tekanan = 206,9 psi

Bahan : High Alloy SA 167 grade 3 tipe 304, f = 18.750 psi

sambungan las, dipilih tipe welded butt joint

e = 0,85 (ASME, Tabel UW – 12)

factor korosi = 1/16

Kapasitas = **15787.833**kg/jam = 34796.38 lb/jam

Komponen masuk :	kg/jam	Fraksi berat	$\rho$ ( kg/liter)	$X_i \rho_i$
Campuran minyak	14275,85	0.994	0.62573	0.622
H <sub>2</sub> O	917,35	0.006	0.989	0.00593
<b>Total</b>	<b>15787.833</b>	<b>1</b>		<b>0.628</b>

$\rho$  campuran minyak = 0,6257 kg/l

$\rho$  air = 0,989 kg/l

Laju alir volumetric :

$$\text{- Campuran minyak} = \frac{14275,85}{0,626} = 22804,87 \text{ liter/jam}$$

$$\text{- Air} = \frac{917,35}{0,989} = 983,65 \text{ liter/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju alir volumetric total} &= 22804,87 + 983,65 \\ &= 23788,52 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

$$= 839,14 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Volume bahan = laju alir reactor x waktu tinggal

$$= 839,14 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam}$$

$$= 1678,28 \text{ ft}^3$$

Bahan menempati 80% volume tangki, maka volume tangki (V)

$$\text{Volume tangki} = \frac{\text{volume bahan}}{80\%}$$

$$= 1678,28 / 0,8$$

$$= 2097,84 \text{ ft}^3$$

#### a. Menentukan dimensi Tangki

Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dish head digunakan dimensi  $H_s/ID = 1,5$

$$\text{Volume silinder (Vs)} = \frac{\eta}{4} \times DI^2 \times H_s \quad \text{dimana } H_s = 1,5 DI$$

$$\text{Volume tutup (dish)} = 0,0847 DI^3$$

$$\text{Volume total} = V_s + 2 V_{\text{dish}}$$

$$2097,84 = 1,1786 DI^3 + 0,169 DI^3$$

$$DI = 11,59 \text{ ft}$$

$$= 139,07 \text{ in}$$

#### b. Perhitungan tinggi liquid dalam silinder

$$V_{\text{dish}} = 0,0847 ID^3$$

$$= 131,52 \text{ ft}^3$$

Volume bahan dalam silinder ( $V_1$ ) = volume bahan – volume dalam tutup bawah

$$= 1678,28 - 131,52$$

$$= 1546,76 \text{ ft}^3$$

Tinggi larutan dalam tangki (Hl)

$$L_{ls} = \frac{V_{ls}}{\eta / 4 \times DI^2}$$

$$= \frac{1546,76 \times 4}{3,14 \times 11,58^2} = 15,91 \text{ ft}$$

Tekanan design



$$P \text{ operasi} = 14,7 \text{ psi}$$

$$P \text{ hidrostatis} = \rho \times (Lls - 1)/144 = 4.1 \text{ psi}$$

$$P \text{ design} = (P \text{ operasi} + p \text{ hidrostatis}) \times 1,05 = 19,69 \text{ psi}$$

**c. Tebal silinder**

$$\begin{aligned} ts &= \frac{pxDI}{2(\sqrt{E} + 0,4P)} + C \\ &= \frac{19,26 \times 139}{2(18750 \times 0,85 - 0,6 \times 19,26)} + 0,0625 \\ &= 0,148 = 2.376 / 16 \end{aligned}$$

$$\text{Tebal standart} = 3/16 \text{ in}$$

**d.DO ( Outside Diameter)**

$$DO = ID + 2 \text{ ts}$$

$$= 139,07 + 2 (3/16)$$

$$= 139,47 \text{ in}$$

$$DO \text{ Standart} = 144 \text{ in}$$

$$DI \text{ standart} = DO \text{ standart} - 2ts$$

$$= 144 - 2(3/16)$$

$$= 143,625 \text{ in}$$

$$Hs = 2 \times 143,625 = 287,25 \text{ in} = 23,93 \text{ ft}$$

**e. Menghitung dimensi tutup atas (tebal)**

Dari table 5.7 (brownel % young ) dengan DO = 132 dan ts = 1/4

Didapatkan  $r = 132$

$$Icr = 8$$

$$\begin{aligned} tha &= \frac{0,885pxdr}{fxE - 0,1pd} + C \\ &= \frac{0,885 \times 19,69 \times 132}{18.750 \times 0,8 - 0,1 \times 19,69} \\ &= 0,214 \text{ in} = 3.4/16 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Tha ( standart)} = 4/16$$

**Menghitung tinggi tutup**

**Menghitung tinggi tutup atas dan bawah**

$$\begin{aligned} H_a &= h_b = 0.169 d \\ &= 0.169 \times 143.625 \\ &= 24.24 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Tangki Total} &= 2 \text{ Tinggi tutup} + \text{tinggi silinder} \\ &= 2 \times 24.24 + 287.25 \\ &= 264 \text{ in} = 12 \text{ ft} \end{aligned}$$

### 18. EKSPANDER II (G-316)

Fungsi : Menurunkan tekanan gas dari reactor hidrolisa

Data operasional :

Tekanan gas masuk	= 64.68 psi
Tekanan gas keluar	= 14,7 psi
Suhu gas masuk	= 30 °C
Suhu gas keluar	= 250 °C
Bahan panas compressor	= 104453,092 kJ/jam
Efisiensi komprssor	= 0.6
Kerja komprssor ( $W_c$ )	= $(Q_c \times T_1) / (0.9 \times h_c \times T_2)$ = 1611930,427 kJ/jam = 447,758 kw
Brake horse power	= 600 Hp

### 19. TANGKI PENAMPUNG PRODUK ATAS (F- 317)

Fungsi : untuk menampung produk atas reactor hidrolisa

Type : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk satndart dished head

Kondisi : Temperatur = 30 °C

$$\text{Tekanan} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

Bahan : High Alloy SA 167 grade 3 tipe 304,  $f = 18.750 \text{ psi}$

sambungan las, dipilih tipe welded butt joint

$$e = 0,8 \text{ (ASME, Tabel UW - 12)}$$

$$\text{factor korosi} = 1/16$$

Keluar	(kg/jam)	(lb/jam)	Fraksi (Xi)	pi	Xi x pi
TGS	274.986	604,97	0,0201	1.093	0,022
H2O	16.554	36,42	0,0012	1.00	0,0012
FA	13309.935	29281,86	0,977	1.10	1,074
MGS	9.946	21,88	0,00073	1.172	0.00086
FFA	29.254	64,36	0,0021	1,1	0,0023
Total	13306.975	29973,067			1,1

$$\begin{aligned} P \text{ campuran} &= 1,1 \text{ g/cm}^3 \\ &= 68,68 \text{ lbm/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Rate bahan} = 29973,067 \text{ lb/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan} &= (\text{laju alir volumetric/p campuran}) \times \text{waktu tinggal (1 jam)} \\ &= 436,42 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Bahan menempati 80% volume tangki, maka volume tangki (V)

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\text{volumebahan}}{80\%} \\ &= 436,42 / 0,8 \\ &= 545,52 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Menentukan dimensi Tangki

#### ID dan tinggi bejana

Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dish head digunakan dimensi  $H_s/ID = 1,5$

$$\text{Volume silinder (Vs)} = \frac{\pi}{4} \times DI^2 \times H_s \quad \text{dimana } H_s = 1,5 \text{ DI}$$

$$\text{Volume tutup (dish)} = 0,0847 \text{ DI } D^3$$

$$\text{Volume total} = V_s + 2 \text{ V dish}$$

$$545,52 = 1.1786 \text{ DI}^3 + 0.169 \text{ DI}^3$$

$$DI = 7,39 \text{ ft}$$

$$= 88,77 \text{ in}$$

**Perhitungan tinggi liquid dalam silinder**

$$\begin{aligned} V_{\text{dish}} &= 0,0847 ID^3 \\ &= 34,18 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan dalam silinder (V1)} &= \text{volume bahan} - \text{volume dalam tutup bawah} \\ &= 436,42 - 34,18 \\ &= 402,24 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

**Tinggi larutan dalam tangki**

$$\begin{aligned} L_{\text{ls}} &= \frac{V_{\text{ls}}}{p/4 \times DI^2} \\ &= \frac{402,24 \times 4}{3,14 \times 7,39^2} = 9,38 \text{ ft} \\ &= 112,59 \text{ in} \end{aligned}$$

**Tekanan design**

$$P_{\text{operasi}} = 14,7 \text{ psi}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \pi \times g/gc \times Z/144 = 4,47 \text{ psi}$$

$$P_{\text{design}} = (P_{\text{operasi}} + p_{\text{hidrostatik}}) \times 1,05 = 20,13 \text{ psi}$$

**c. Tebal silinder**

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{p \times DI}{2(fE + 0,4P)} + C \\ &= \frac{20,13 \times 88,77}{2(18750 \times 0,8 + 0,4 \times 20,12)} + 0,0625 \\ &= 0,184 \end{aligned}$$

$$\text{Tebal standart} = \frac{1}{4} \text{ in}$$

**d.DO ( Outside Diameter)**

$$\begin{aligned} DO &= DI + 2 t_s \\ &= 88,77 + 2 (1/4) \\ &= 89,27 \text{ in} \end{aligned}$$

$$DO \text{ Standart} = 90 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} DI \text{ standart} &= DO \text{ standart} - 2t_s \\ &= 90 - 2(1/4) \end{aligned}$$

$$= 89,5 \text{ in}$$

$$L_s = 1,5 \times 89,5 = 134,25 \text{ in} = 11,187 \text{ ft}$$

**e. Menghitung dimensi tebal tutup atas**

Dari table 5.7 (brownel % young ) dengan  $DO = 90$  dan  $t_s = \frac{1}{4}$

Didapatkan  $r = 90$

$$I_{cr} = 6 \frac{1}{8}$$

$$\begin{aligned} t_{ha} &= \frac{0,885 \times p \times d \times r}{f \times E - 0,1 \times p \times d} + C \\ &= \frac{0,885 \times 20,13 \times 90}{18750 \times 0,8 - 0,1 \times 20,13} + 0,0625 \\ &= 0,231 \end{aligned}$$

$T_{ha}$  ( standart) =  $\frac{1}{4}$

**Menentukan tinggi Tutup**

$$H_a = h_b = 0.169 \text{ d}$$

$$= 0.169 \times 89.5 = 15.125 \text{ in} = 1.26 \text{ ft}$$

Tinggi Tangki Total = 2 tinggi tutup + tinggi silinder

$$= 2 \times 15.125 + 134.25$$

$$= 164.5 \text{ in} = 13.7 \text{ ft}$$

**20. POMPA GLISEROL ( L-441)**

Fungsi : Memompa gliserol dari ekspander gliserol ke tangki penampung gliserol

Komponen keluar	(kg/jam)	(lb/jam)	Fraksi (Xi)	pi (kg/liter)	Xi x pi
H <sub>2</sub> O	106.208	233,66	0,067	1.000	0,067
GLISEROL	1462.874	3218,32	0,932	0.849	0,792
TOTAL	1569,082	3451,98	1.000		0,859

Type : Centrifugal pump

Bahan : cast iron

Jumlah : 2 buah

Rate massa = 1569,082 kg/jam

$$= 3451,98 \text{ lb/jam}$$

$$P \text{ liquid} = 72,68 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Viskositas liquid} = 2.217 \text{ cp}$$

$$= 0.001 \text{ lbm/ft.s}$$

$$\text{Rate volume} = \frac{\text{ratemassa}}{\text{densitas}}$$

$$= \frac{3451,98}{72,68} = 47,49 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,013 \times \frac{7,481 \text{ gal}}{1 \text{ ft}^3} \times \frac{60 \text{ dt}}{1 \text{ min}}$$

$$= 5,92 \text{ gal/menit}$$

Asumsi aliran turbulen

Dari persamaan (12.15) hal 501 Peter & Timmerhaus untuk aliran turbulen

$$ID \text{ optimum} = 3,9 \times Qf^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 3,9 \times 0,013^{0,45} \times 72,68^{0,13}$$

$$= 0,96 \text{ in}$$

Dipakai pipa dengan ukuran 3" sch 40 (Gean koplis app A-5)

$$OD = 1,315 \text{ in} = 0,109 \text{ ft}$$

$$ID = 1,049 \text{ in} = 0,087 \text{ ft}$$

$$A = 0,006 \text{ ft}^2$$

$$v = q/A = 2,17 \text{ ft/s}$$

$$N_{re} = \frac{ID \times v \times \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0,087 \times 2,17 \times 72,68}{0,001}$$

$$= 13721,26 > 2100 \text{ (Aliran turbulen : asumsi benar)}$$

Persamaan Bernoulli : Gean koplis per 2.7-28 hal 64

$$W_s = -\frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{(z_2 - z_1)g}{2a} + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2a} + \sum F$$

Perhitungan factor gesekan

Taksiran panjang pipa lurus 80 ft = 24 m

Terdapat 4 buah elbow 90°

Terdapat 2 buah globe valve

Perhitungan friction losses

1. Contraction loss at tank exit

$$K_c = 0,55 (1 - (A_1/A_2))$$

Dimana  $A_1 \gg A_2$

Didapat  $K_c = 0,55$

$\alpha = 1$  untuk aliran turbulen

$$\begin{aligned} h_c &= K_c \frac{v^2}{2gc} \\ &= 0,55 \frac{2,17^2}{2 \times 32,174} \\ &= 0,04 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

2. Friction loss pada pipa lurus

$$NRe = 36578,972 > 2100 \text{ (asumsi benar)}$$

Bahan pipa = commercial steel

$$e = 0,000046 \text{ m}$$

$$e/D = 0,001$$

Dari grafik 2.10-3 Gean koplis, fanning friction fact = 0,007

$$\begin{aligned} Fr &= 4f \frac{Lv^2}{D \times 2gc} \\ &= 4 \times 0,007 \frac{80 \times 2,17^2}{0,087 \times 2 \times 32,174} \\ &= 1,884 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

3. Friction pada elbow  $90^\circ$  (4 buah)  $k_f = 0,75 \times 4 = 3$

$$\begin{aligned} hf &= k_f \frac{v^2}{2xgc} \\ &= 3 \times \frac{2,17^2}{2 \times 32,174} \\ &= 0,219 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

4. friction pada globe valve wide open 1 buah  $k_f = 6$

$$\begin{aligned}
 h_f &= 2kf \frac{v^2}{2xgc} \\
 &= 2 \times 6 \frac{2,17^2}{2 \times 32,174} \\
 &= 0,878 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

### 5. Sudden expansion

Asumsi : luas permukaan ( $A_2$ ) jauh lebih besar dari luas permukaan ( $A_3$ )

$$K_{ex} = 1 - \frac{A_3}{A_2}$$

$$= 1$$

$$h_{ex} = K_{ex} \frac{v^2}{2a}$$

$$= 1 \times \frac{2,17^2}{2 \times 1}$$

$$= 2,35 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= h_c + h_f + F_f + h_{ex} \\
 &= 0,04 + 1,884 + 1,097 + 2,35 \\
 &= 5,371 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

Power pompa

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 - P_1 = 0 \text{ atm}$$

$$z_2 - z_1 = 10 \text{ ft}$$

$$v_2 - v_1 = 2,17 \text{ ft/s}$$

persamaan bernauli : Gen koplis per 2.7-28 hal 64

$$\begin{aligned}
 W_s &= -\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{(z_2 - z_1)g}{gc} + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2a} + \Sigma F \\
 &= -\frac{0}{64,375} + 10 + \frac{2,17}{2 \times 1} + 5,371 \\
 &= -16,46 \text{ lbf.ft/lbm}
 \end{aligned}$$



$$\text{Head pompa} = - W_s \frac{g}{gc}$$

$$= 16,46 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Diperoleh efisiensi pompa = 65% (peter&timmerhaus 5<sup>th</sup> ed fig12-37, hal 516)

$$W_s = (\eta \times W_p)$$

$$16,46 = 75\% \times W_p$$

$$W_p = 21,94 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Diketahui laju alir massa = 0,959 lb/s

$$\text{BHP} = \text{laju alir massa} \times W_p$$

$$= 0,959 \times 21,94$$

$$= 206,53 \text{ lbf.ft/s}$$

$$= 21,04 \text{ lbf.ft/s} \times \frac{1 \text{ hp}}{550 \text{ lbf.ft/s}}$$

$$= 0,038 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 80%

$$\text{Maka power motor} = \frac{0,038}{80\%}$$

$$= 0,047 \text{ Hp}$$

Maka digunakan power motor 0.5 Hp

## 21. TANGKI PENAMPUNG PRODUK BAWAH (F- 319)

Fungsi : untuk menampung produk bawah / gliserol reactor hidrolisa

Type : Bentuk silinder tegak tutup atas dan tutup bawah standart dish

Kondisi : Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm = 14,7 psi

Bahan : High Alloy SA 167 grade 3 tipe 304, f = 18.750 psi

sambungan las, dipilih tipe welded butt joint

e = 0,8 (ASME, Tabel UW - 12)

factor korosi = 1/16

Komponen keluar	(kg/jam)	(lb/jam)	Fraksi (Xi)	pi (kg/liter)	Xi x pi
H2O	106.208	233,66	0,067	1.000	0,067
GLISEROL	1462.874	3218,32	0,932	0.849	0,792
TOTAL	1531.517	3451,98	1.000		0,859

$$P \text{ campuran} = 0,859 \text{ g/cm}^3$$

$$= 52.627 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate bahan} = 3376.382 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Volume bahan} = (\text{laju alir volumetric/p campuran}) \times \text{waktu tinggal (2 jam)}$$

$$= 125.92 \text{ ft}^3$$

Bahan menempati 80% volume tangki, maka volume tangki (V)

$$\text{Volume tangki} = \frac{\text{volumebahan}}{80\%}$$

$$= 125.92 / 0,8$$

$$= 157.4 \text{ ft}^3$$

Menentukan dimensi Tangki

#### ID dan tinggi bejana

Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dish head digunakan dimensi  $H_s/ID = 1,5$

$$\text{Volume silinder (Vs)} = \frac{\pi}{4} \times DI^2 \times H_s \quad \text{dimana } H_s = 1,5 \text{ DI}$$

$$\text{Volume tutup (dish)} = 0,0847 \text{ DI}^3$$

$$\text{Volume total} = V_s + 2 \text{ V dish}$$

$$157.4 = 1.1786 \text{ DI}^3 + 0.169 \text{ DI}^3$$

$$\text{DI} = 4.889 \text{ ft}$$

$$= 58.664 \text{ in}$$

**Perhitungan tinggi liquid dalam silinder**

$$\begin{aligned} V_{\text{dish}} &= 0,0847 ID^3 \\ &= 9.89 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan dalam silinder (V1)} &= \text{volume bahan} - \text{volume dalam tutup bawah} \\ &= 125.92 - 9.89 \\ &= 116.02 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Tinggi larutan dalam tangki

$$\begin{aligned} L_{\text{ls}} &= \frac{V_{\text{ls}}}{p / 4 \times DI^2} \\ &= \frac{116.02 \times 4}{3.14 \times 4.89^2} = 6.71 \text{ ft} \\ &= 80.5 \text{ in} \end{aligned}$$

Tekanan design

$$P_{\text{operasi}} = 14,7 \text{ psi}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \rho \times (L_{\text{ls}} - 1) / 144 = 2.1 \text{ psi}$$

$$P_{\text{design}} = (P_{\text{operasi}} + p_{\text{hidrostatik}}) \times 1,05 = 17.668 \text{ psi}$$

**c. Tebal silinder**

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{p \times DI}{2(fE - 0,6P)} + C \\ &= \frac{17.668 \times 58.66}{2(18750 \times 0.85 - 0,6 \times 17.668)} + 0,0625 \\ &= 0,095 = 1.52 / 16 \end{aligned}$$

$$\text{Tebal standart} = 3/16 \text{ in}$$

**d.DO ( Outside Diameter)**

$$DO = DI + 2 t_s$$

$$= 58.664 + 2 (3/16)$$

$$= 59.04 \text{ in}$$

$$DO \text{ Standart} = 60 \text{ in}$$

$$DI \text{ standart} = DO \text{ standart} - 2t_s$$

$$= 60 - 2(3/16)$$

$$= 59.625 \text{ in}$$

$$L_s = 1,5 \times 59.625 = 89.4 \text{ in} = 7.45 \text{ ft}$$

**e. Menghitung dimensi tebal tutup atas**

Dari table 5.7 (brownel % young ) dengan DO = 60 dan ts = 3/16

Didapatkan r = 60

$$I_{cr} = 3 \frac{5}{8}$$

$$\begin{aligned} t_{ha} &= \frac{0,885 \times p \times d \times r}{f \times E - 0,1 \times p \times d} + C \\ &= \frac{0,885 \times 17.668 \times 60}{18750 \times 0,8 - 0,1 \times 17.66} + 0,0625 \\ &= 0,1201 = 1.9/16 \end{aligned}$$

Tha ( standart ) = 3/16 in

**Menentukan tinggi Tutup**

$$H_a = h_b = 0.169 d$$

$$= 0.169 \times 59.625 = 10.08 \text{ in}$$

Tinggi Tangki Total = 2 tinggi tutup + tinggi silinder

$$= 2 \times 10.08 + 89.4$$

$$= 110 \text{ in} = 9.1 \text{ ft}$$

**22. POMPA REAKTOR ESTERIFIKASI ( L-441)**

Fungsi : Memompa minyak ( asam lemak ) dari tangki penampung produk atas ke reactor esterifikasi

Komponen keluar	(kg/jam)	(lb/jam)	Fraksi (Xi)	pi (kg/liter)	Xi x pi
TGS	274.986	487.295	0.0132	1.093	0.014
FFA	13309.935	13197.195	0.3569	1.100	0.393
MGS	9.946	8.631	0.0002	1.172	0.000
H2O	16.554	36,42		1,00	
TOTAL	16773.791	36979.500	1.000		1.037

Type : Centrifugal pump

Bahan : cast iron

Jumlah : 2 buah

$$\begin{aligned}\text{Rate massa} &= 16773.791 \text{ kg/jam} \\ &= 36979.500 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{P liquid} &= 64.735 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 1036.96 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Viskositas liquid} &= 2.217 \text{ cp} \\ &= 0.001 \text{ lbm/ft.s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate volume} &= \frac{\text{ratemassa}}{\text{densitas}} \\ &= 571.246 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,159 \times \frac{7,481 \text{ gal}}{1 \text{ ft}^3} \times \frac{60 \text{ dt}}{1 \text{ min}} \\ &= 71.225 \text{ gal/menit}\end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen

Dari persamaan (12.15) hal 501 Peter & Timmerhaus untuk aliran turbulen

$$\begin{aligned}\text{ID optimum} &= 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,159^{0,45} \times 64,73^{0,13} \\ &= 3.052 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipakai pipa dengan ukuran 3" sch 40 (Gean koplis appA-5)

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in} = 0,292 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 3,068 \text{ in} = 0,256 \text{ ft}$$

$$\text{A} = 0.046 \text{ ft}^2$$

$$v = q/\text{A} = 3,459 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned}\text{Nre} &= \frac{\text{ID} \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,256 \times 3,459 \times 64,735}{0,002}\end{aligned}$$

$$= 54118.599 > 2100 \text{ (Aliran turbulen : asumsi benar)}$$

Persamaan Bernoulli : Gean koplis per 2.7-28 hal 64

$$-\frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{(z_2 - z_1)g}{gc} + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2a} + \sum F$$

$W_s =$

Perhitungan factor gesekan

Taksiran panjang pipa lurus 80 ft = 24 m

Terdapat 4 buah elbow 90°

Terdapat 2 buah globe valve

Perhitungan friction losses

1. Contraction loss at tank exit

$$K_c = 0,55 (1 - (A_1/A_2))$$

Dimana  $A_1 \gg A_2$

Didapat  $K_c = 0,55$

$\alpha = 1$  untuk aliran turbulen

$$h_c = K_c \frac{v^2}{2gc}$$

$$= 0.112 \text{ ft.lbf/lbm}$$

2. Friction loss pada pipa lurus

$$NRe = 36578.972 > 2100 \text{ (asumsi benar)}$$

Bahan pipa = commercial steel

$$e = 0,000046 \text{ m}$$

$$e/D = 0,001$$

Dari grafik 2.10-3 Gean koplis, fanning friction fact = 0,007

$$Fr = 4f \frac{Lv^2}{Dx2gc}$$

$$= 0.133 \text{ ft.lbf/lbm}$$

3. Friction pada elbow 90° (4 buah)  $k_f = 0,75 \times 4 = 3$

$$hf = k_f \frac{v^2}{2xgc}$$

$$= 0.279 \text{ ft.lbf/lbm}$$

4. friction pada globe valve wide open 1 buah  $k_f = 6$

$$hf = 2k_f \frac{v^2}{2xgc}$$

$$= 2.101 \text{ ft.lbf/lbm}$$

### 5. Sudden expansion

Asumsi : luas permukaan ( $A_2$ ) jauh lebih besar dari luas permukaan ( $A_3$ )

$$K_{ex} = 1 - \frac{A_3}{A_2}$$

$$= 1$$

$$h_{ex} = K_{ex} \frac{v^2}{2a}$$

$$= 1 \times \frac{3,459^2}{2 \times 1}$$

$$= 2.268 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\Sigma F = h_c + h_f + F_f + h_{ex}$$

$$= 4.893 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Power pompa

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 - P_1 = 0 \text{ atm}$$

$$Z_2 - Z_1 = 10 \text{ ft}$$

$$v_2 - v_1 = 3.459 \text{ ft/s}$$

persamaan bernauli : Gen koplis per 2.7-28 hal 64

$$W_s = -\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{(z_2 - z_1)g}{gc} + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2a} + \Sigma F$$

$$= -\frac{0}{64,375} + 10 + \frac{3,459}{2 \times 1} + 4.893$$

$$= -15.079 \text{ lbf.ft/lbm}$$

$$\text{Head pompa} = -W_s \frac{g}{gc}$$

$$= 15.079 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Diperoleh efisiensi pompa = 65% (peter&timmerhaus 5<sup>th</sup> ed fig12-37, hal 516)

$$W_s = (\eta \times W_p)$$

$$15.079 = 75\% \times W_p$$

$$W_p = 20.106 \text{ lbf/ft/lbm}$$

$$\text{Diketahui laju alir massa} = 10,272 \text{ lb/s}$$

$$\text{BHP} = \text{laju alir massa} \times W_p$$

$$= 10,272 \times 20,106$$

$$= 206,53 \text{ lbf/ft/s}$$

$$= 206,53 \text{ lbf/ft/s} \times \frac{1 \text{ hp}}{550 \text{ lbf} \cdot \text{ft} / \text{s}}$$

$$= 0,3754 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 80\%$$

$$\text{Maka power motor} = \frac{0,375}{80\%}$$

$$= 0.8 \text{ Hp}$$

Maka digunakan power motor 1Hp

### 23. TANGKI PENAMPUNG PRÓDUK TMP ester (F- 319)

Fungsi : untuk menampung produk TMP ester

Type : Bentuk silinder tegak tutup atas dan tutup bawah standart dish

Kondisi : Temperatur = 70 °C

$$\text{Tekanan} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

Bahan : High Alloy SA 167 grade 3 tipe 304,  $f = 18.750 \text{ psi}$

sambungan las, dipilih tipe welded butt joint

$$e = 0,8 \text{ (ASME, Tabel UW - 12)}$$

$$\text{factor korosi} = 1/16$$

$$\text{Rate Bahan Masuk} = 15151.515 \text{ kg/jam}$$

$$= 33393.94 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas campuran} = 0,859 \text{ g/cm}^3$$

$$= 52.627 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Volume bahan} = (\text{laju alir volumetric/p campuran}) \times \text{waktu tinggal (2 jam)}$$

$$= 1245.746 \text{ ft}^3$$



Bahan menempati 80% volume tangki, maka volume tangki (V)

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= \frac{\text{volume bahan}}{80\%} \\ &= 1245.746 / 0,8 \\ &= 1557.18 \text{ft}^3\end{aligned}$$

Menentukan dimensi Tangki

#### **ID dan tinggi bejana**

Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dish head digunakan dimensi  $H_s/ID = 1,5$

$$\text{Volume silinder (Vs)} = \frac{\pi}{4} \times DI^2 \times H_s \quad \text{dimana } H_s = 1,5 DI$$

$$\text{Volume tutup (dish)} = 0,0847 D^3$$

$$\text{Volume total} = V_s + 2 V \text{ dish}$$

$$1557.18 = 1.1786 DI^3 + 0.169DI^3$$

$$DI = 10.495 \text{ ft}$$

$$= 125.94 \text{ in}$$

#### **Perhitungan tinggi liquid dalam silinder**

$$V_{\text{dish}} = 0,0847 ID^3$$

$$= 97.92 \text{ft}^3$$

Volume bahan dalam silinder ( $V_1$ ) = volume bahan – volume dalam tutup bawah

$$= 1245.746 - 97.92 \text{ft}^3$$

$$= 1147.8220 \text{ft}^3$$

Tinggi larutan dalam tangki

$$L_{ls} = \frac{V_{ls}}{\pi/4 \times DI^2}$$

$$= \frac{1147.822 \times 4}{3,14 \times 10.495^2} = 6.71 \text{ ft}$$

$$= 172.87 \text{ in}$$

Tekanan design

$$P \text{ operasi} = 14,7 \text{ psi}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times (L_{ls} - 1) / 144 = 5 \text{ psi}$$

$$P \text{ design} = (P \text{ operasi} + p \text{ hidrostatik}) \times 1,05 = 20.677 \text{ psi}$$

**c. Tebal silinder**

$$\begin{aligned}
 ts &= \frac{pxDI}{2(fE - 0,6P)} + C \\
 &= \frac{20.677 \times 125.94}{2(18750 \times 0.85 - 0,6 \times 20.677)} + 0,0625 \\
 &= 0,1443 = 2.308/16
 \end{aligned}$$

Tebal standart = 3/16 in

**d.DO ( Outside Diameter)**

$$\begin{aligned}
 DO &= DI + 2 ts \\
 &= 125.94 + 2 (3/16) \\
 &= 126.32 \text{ in}
 \end{aligned}$$

DO Standart = 126 in

$$\begin{aligned}
 DI \text{ standart} &= DO \text{ standart} - 2ts \\
 &= 126 - 2(3/16) \\
 &= 125.625 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$Ls = 1,5 \times 125.625 = 188.438 \text{ in} = 10.5 \text{ ft}$$

**e. Menghitung dimensi tebal tutup atas**

Dari table 5.7 (brownel % young ) dengan  $\bar{D}O = 126$  dan  $ts = 3/16$

Didapatkan  $r = 120$

$$I_{cr} = 7 \frac{5}{8}$$

$$\begin{aligned}
 tha &= \frac{0,885pxdxr}{fxE - 0,1pd} + C \\
 &= \frac{0,885 \times 20.667 \times 120}{18750 \times 0,85 - 0,1 \times 20.667} + 0,0625 \\
 &= 0,207 = 3.3/16
 \end{aligned}$$

Tha ( standart) = 4/16 in

**Menentukan tinggi Tutup**

$$\begin{aligned}
 Ha = hb &= 0.169 d \\
 &= 0.169 \times 125.625 = 21.23 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi Tangki Total} &= 2 \text{ tinggi tutup} + \text{tinggi silinder} \\
 &= 2 \times 21.23 + 188.438
 \end{aligned}$$

## **APPENDIKS D**

### **PERHITUNAGN UTILITAS**

Utilitas merupakan salah satu unit yang sangat diperlukan untuk menunjang jalannya proses dalam industri. Pada plant design pabrik base oil pelumas dari biji jarak ini, terdapat 4 unit utilitas yang dibutuhkan, yaitu :

1. Air yang berfungsi sebagai air umpan boiler , air proses, air pendingin, air sanitasi , dan air untuk pemadam kebakaran
2. Steam Sebagai media pemanas dalam proses produksi
3. Dowterm sebagai media pendingin alam proses pendingin
4. Listrik sebagai sumber energy untuk menjalankan alat – alat produksi ,utilitas dan penerangan
5. Bahan Bakar untuk mengoprasikan boiler

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan maka utilitas tersebut dibagi menjadi 5 unit yaitu :

1. Unit Penyediaan air
2. Unit Penyediaan steam
3. Unit Penyediaan Dowtherm
4. Unit penyediaan Listrik
5. Unit Penyediaan bahan bakar

#### **A. . UNIT PENYEDIAAN AIR**

Air merupakan elemen yang sangat penting dalam industri kimia, demikian pula dalm pabrik base oil pelumas dari biji jarak. Kebutuhan akan air dalam jumlah yang cukup besar ini direncanakan dapat dipenuhi dari air PDAM harus diolah terlebih dahulu dalam unit pengolahan air agar layak dipakai

##### ***A.1 Air Sanitasi***

Air sanitasi digunakan untuk keperluan karyawan di lingkungan pabrik antara lain untuk konsumsi, mandi, laboratorium, perkantoran dll. Air sanitasi terkait langsung dengan kesehatan karena itu harus memenuhi standart kualitas tertentu sebagai berikut:

- Syarat fisik
  - Tidak berwarna
  - Tidak berbau
  - Tidak berasa
  - Tidak berbusa
  - pH netral
  - Tempertaur dibawah tempertaur udara
  - Kekeruhan < 1 ppm SiO<sub>2</sub>
- Syarat kimia
  - Tidak mengandung zat organic dan anorganik yang larut daalm air
  - Tidak mengandung racun
- Syarat Biologi
  - Tidak mengandung bakteri pathogen dan non pathogen yang dapat merusak sifat fisik air. Untuk memenuhi persaratan ini, setelah proses penjernihan harus diberi tambahan desenfektan seperti clor cair atau kaporit.

**Kebutuhan Air Sanitasi** Untuk air minum, masak, cuci, dan mandi

Jumlah karyawan : 156 orang

Kebutuhan air untuk 1 orang karyawan : 40 liter/ hari

Sehingga kebutuhan air sanitasi = 156 x 40 liter/ hari

$$= 6240 \text{ liter/ hari}$$

$$= 260 \text{ kg/jam}$$

**Untuk laboratorium dan taman**

Direncanakan sebesar 50% dari kebutuhan air sanitasi :

$$- 50\% \times 260 \text{ kg/jam}$$

$$= 130 \text{ kg/jam}$$

- Untuk kebutuhan pemadam kebakaran dan cadangan air

Direncanakan 40%berlebih dari dari kebutuhan air karyawan & laboratorium:

$$= 1,4 \times 390 \text{ kg/jam}$$

$$= 546 \text{ kg/jam}$$

Total kebutuhan Air Sanitasi :

No	Keperluan	Jumlah ( kg/jam )
1	Karyawan	260
2	Laboratorium & Alat	130
3	Pemadam & Cadangan air	546
	<b>Total</b>	<b>936</b>

### ***A1.2 Air Proses***

Kebutuhan air proses digunakan sebagai pelarut dan pereaksi. Air proses tidak memiliki syarat-syarat yang khusus dan persyaratannya hampir sama dengan air sanitasi

Syarat- syarat air proses tidak boleh mengandung

- **Hardness** = dapat menimbulkan efek pada pembentukan kerak
- **Besi** = menyebabkan korosi
- **Silica** = menyebabkan kerak
- **Minyak** = mcnyebabkan terganggu7unya film corrotion inhibitor

Menurunnya efisiensi perpindahan panas merupakan makanan microba yang menyebabkan terbentuknya endapan.

Kebutuihan air proses dalam pabruik :L

1. **Tangki Degumming 2**

Air yang digunakan adalah 285.006 Kg/jam

2. **Reactor Hidrolisa**

Air yang dibutuhkan adalah 857.9842 kg/jam

Total air proses yang digunakan = 1142,99 kg/jam

### ***A.3 Air Pendingin***

Pemakaian air pendingin memenuhi keperluan alat-alatt pendingin yaitu pada :

Cooler = 3562,430687 kg/jam

Direncanakan yang display 20 % berlebih, sehingga kebutuhan air pendingin :

$$1,2 \times 3562,430687 = 4274,917 \text{ kg/jam}$$

#### A.4 Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan steam yang berfungsi sebagai media pemanas. Walaupun sudah kelihatan bening tetapi tidak berarti air sudah terbebas dari kandungan substansi yang mengganggu, dalam penggunaannya tidak berbeda dengan air pendingin. Sebelum digunakan air umpan boiler harus mengalami pelunakan terlebih dahulu untuk menurunkan kesadahan. Adapun tujuannya untuk menghilangkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  yang mudah sekali membentuk kerak. Kerak inilah yang menghalangi proses pemindahan panas, sehingga terjadi over heating yang memusat dan juga dapat mengakibatkan pecahnya pipa pada boiler. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi untuk air umpan boiler adalah sebagai berikut.

- Bebas dari zat penyebab korosi seperti asam dan gas-gas terlarut
- Bebas dari penyebab kerak yang disebabkan oleh kesadahan dan suhu yang tinggi, yang biasanya berupa garam – garam karbonat dan silika
- Bebas dari penyebab foaming/busa seperti zat-zat organik, anorganik dan zat – zat yang tidak terlarut dalam jumlah besar. Selain itu oli dan produk peruraian buangan bisa juga menyebabkan busa. Efek busa terutama terjadi alkalinitas yang tinggi.
- Kandungan logam dari impurities harus seminimal mungkin

Kebutuhan air umpan boiler : 4499,904 kg/jam

Total Air yang dibutuhkan di Unit Penyediaan Air :

No	Keperluan	Jumlah kg/jam
1	Air sanitasi	936
2	Air Proses	1142,99
3	Air sebagai pendingin	4274,92
4	Air Umpan Boiler	4499,90
	<b>Total kebutuhan air</b>	<b>10853,81</b>

### B. Unit Penyediaan Steam

Unit penyediaan steam berfungsi untuk menyediakan kebutuhan steam yang digunakan sebagai media pemanas untuk:

No	Keperluan	Jumlah kg/jam
1	Heater Deguming	551,8617097
2	Deguming I	31,45347077
3	Deguming II	39,60732179
4	Heater Air	68,08296917
5	Reaktor Hidrolisa =	962,9931316
6	reaktor esterifikasi =	1755,019795
	<b>Total Steam</b>	<b>3409,018398</b>

Direncanakan steam yang disuplay 20% Excess dari total kebutuhan steam, sehingga:

$$= 1.2 \times 3409,018 \text{ kg/jam}$$

$$= 4090,89 \text{ kg/jam}$$

Make Up Water untuk kebutuhan steam direncanakan 10 % Excess

$$\text{Make Up Boiler} = 1.1 \times \text{Kebutuhan air umpan}$$

$$= 1.1 \times 4090,89 \text{ kg/jam}$$

$$= 4499,904 \text{ kg/jam} = 8291.184 \text{ lb/jam}$$

Data

Suhu Steam : 148 °C

Tekanan Steam :

Hl : 149,037 kcal/kg

Hv : 665,837

Kapasitas boiler :

$$Q = \frac{Ms(hv - hl)}{1000}$$

Keterangan:

Q = kapasitas boiler, kbtu/jam

Ms = massa steam yang harus dihasilkan, lb/jam

$H_v$  = Entalpy vapor, BTU/lb

$H_l$  = Entalpy liquid, BTU/lb

Maka :

$$Q = \frac{8291.184 \times (665,837 - 149,037)}{1000}$$

$$= 4284.88 \text{ kbtu/jam}$$

Power Boiler :

$$Q = \frac{m \times (h_v - h_l)}{970,3 \times 34,5}$$

Angka penyesuaian untuk penguapan sebesar 34,5 lb air/jam pada 100°C menjadi uap kering membutuhkan enthalpy penguapan sebesar 970 btu/lb

Maka :

$$Q = \frac{13216,362 \times (665,837 - 149,037)}{970,3 \times 34,5}$$

$$= 15 \text{ Hp}$$

Luas permukaan panas:

Untuk boiler dengan power 1 Hp membutuhkan luas permukaan panas sebesar 10 ft<sup>2</sup> (sheverns hal 140) sehingga :

$$\text{Total luas permukaan panas} = 10 \times 15 = 150 \text{ ft}^2$$

Kebutuhan bahan bakar

$$Q = \frac{m_f \times (h_v - h_l)}{E_b \times f}$$

Dengan

$M_f$  = Massa total bahan baker, lb/jam

$E_b$  = Efisiensi boiler, asumsi 80%

$f$  = nilai kalori bahan baker, btu/lb

untuk diesel oil,  $f$  = 19200 btu/lb (perry 3ed hal 16 24)

sehingga :

$$M_f = \frac{13216,649 \times (665,837 - 149,07)}{0,8 \times 19200}$$

$$= 444,657 \text{ lb diesel oil/jam}$$



**Spesifikasi alat**

Nama alat	: Boiler
Fungsi	: untuk menghasilkan steam yang digunakan sebagai media pemanas
Type	: Fire in tube boiler
Luas pemanas	: 150 ft <sup>2</sup>
Rate steam	: 13216,649 lb/jam
Horse power	: 15 Hp
Kapasitas boiler	: 6830,362 kbtu/jam
Efisiensi boiler	: 80%
Jumlah	: 1 buah

**C. Unit Pembangkit Listrik**

Kebutuhan listrik dari pabrik yang direncanakan ini diperoleh dari PLN sebagai sumber listrik utama dan generator set sebagai cadangan listrik jika terjadi gangguan listrik dari PLN. Penggunaan listrik pada pabrik ini adalah sebagai sumber penerangan pabrik dan memenuhi kebutuhan proses produksi. Adapun penyediaan tenaga listrik yang diperlukan untuk pengoperasian pabrik ini digunakan unit pembangkit tenaga listrik yaitu generator set dengan bahan bakar Diesel oil. Sedangkan untuk keperluan penerangan dari PLN. Tetapi bila terjadi kerusakan pada generator set, kebutuhan listrik bias diperoleh dari PLN. Demikian juga bila ada gangguan dari PLN kemudian listrik bisa diperoleh dari Generator set

**1. Tenaga Listrik Untuk Keperluan Proses**

Adapun perincian kebutuhan listrik untuk keperluan proses pabrik base oil

Tabel VII.3 Kebutuhan Listrik untuk proses

No	Peralatan Proses	Jumlah	Daya satuan	Daya
1	Belt conveyor	1	1	1
2	Bucket elevator	1	1	1
3	Screw press	1	50	50
4	Pompa	7	1	7
5	Mixing tank	4	0,5	2

Total kebutuhan listrik untuk proses sebesar

Kebutuhan listrik untuk proses disuply dari generator set, direncanakan generator set dengan bahan baker DO 33<sup>0</sup> API

Power factor = 80%

Kapasitas Generator =

Jika 1 kw = 56,869 btu/min, maka

Power generator jet =

Jumlah bahan baker yang dibutuhkan :

$$= \frac{\text{powergeneratorjet}}{\text{Heatngvalvedieseloil}}$$

## 2. Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan

Untuk penerangan dapat diperoleh dengan mengetahui luas bangunan dan areal

tanah dengan menggunakan rumus  $L = \frac{Axf}{UxD}$

Dimana .

L : Lumen per outlet

A : Luas daerah (ft<sup>2</sup>)

F : ft candle

U : Koefisien utilitas = 0,8

D : Efisiensi rata-rata penerangan = 0,75

Untuk 1 m<sup>2</sup> are membutuhkan kuat penerangan sebesar 0,0924 ft candle (PC Conversion Program) sedangkan 1 ft candle 10,76 m/m<sup>2</sup>

Tabel VII.4. Kebutuhan Listrik untuk penerangan

No	Ruang	Luas		Candle ft <sup>2</sup>	Lumen
		m <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>		
1.	Pos keamanan 1	10	107,636	10	1793,9333
2	Pos keamanan 2	10	107,636	10	1793,9333
3	Kantor	100	1076,36	20	35878,6667
4	Area proses	1000]	1076,6	20	358786,667
5	Gudang bahan baku	80	861,008	10	14351,4667
6	Aula serba guna	80	861,008	10	14351,4667
7	Laboratorium	45	484,362	20	16145,4
8	Ruang control kantin	60	645,816	15	16145,5
9	kantin	30	322,908	5	2690,9
10	Tempat parker	200	2152,72	10	35878,667
11	Musholla	40	430,544	10	7175,73
12	Gudang produksi	100	1076,36	10	17939,333
13	Toilet	40	430,54	5	7175,733
14	Unit PMK	25	269,09	10	2242,417
15	Bengkel	50	538,18	10	8969,667
16	Poliklinik	30	322,908	10	5381,8
17	Area utilitas	250	2690,9	15	67272,5
18	Ruang pembangkit	50	538,18	10	8969,167
19	Jalan dan halamn	200	2152,72	10	35878,667
20	Daerah perluasan	100	10763,6	10	179393,333

Penerangan untuk daerah proses, daerah utilitas, bengkel, tempat parker, jalan dan halaman, taman dan area perluasan digunakn lampu mercury 250 watt

Lumen output sebesar 10000

Jadi kebutuhan jumlah lampu mercury yang dibutuhkan :

$$= 655682,634/10000 = 65,56$$

$$= 65,56 \text{ lampu} = 67 \text{ lampu}$$

Untuk penerangan lain digunakan lampu TL jenis standart 230-250 volt atau 40 watt

lumen output sebesar – 1960 (Perry ed 7, table 18 hal 1758)

jumlah lampu TL yang dibutuhkan :

$$= 138580,947 / 2000$$

$$= 149,34 \text{ lampu} = 149 \text{ lampu}$$

kebutuhan listrik untuk penerangan:

$$= (67 \times 250) + (149 \times 40)$$

$$= 22710 \text{ watt} = 22,7 \text{ KW}$$

kebutuhan listrik untuk AC dan laboratorium = 5 kw

total kebutuhan listrik :

$$= \text{kebutuhan listrik penerangan} + \text{kebutuhan listrik untuk AC dan laboratorium}$$

$$= 27,7 \text{ kw}$$

Memperhatikan keamanan suplai listrik, maka dianggap 2x lipat

$$= 2 \times 27,7 = 55,42 \text{ kw}$$

## GENERATOR

Direncanakan digunakan : Generator set

Factor daya generator : 80%

Dipakai bahan baker : Diesel oil, 33<sup>o</sup> API

$$\text{Kapasitas generator set} = \frac{\text{totalkebutuhanlistrik}}{80\%}$$

$$= 55,42/80\%$$

$$= 69,27 \text{ kw}$$

1 kw = 56,9197 Btu/menit (Perry ed 4 hal 11-8)

tenaga generator jet = 69,27 x 56,9197

$$= 3942,64 \text{ btu/menit}$$

$$= 3942,64 \text{ btu/menit} \times 60 \text{ menit/1 jam}$$

$$= 236558,435 \text{ btu/jam}$$

Heating Value Diesel Oil = 19.200 BTU/LB

Kebutuhan bahan bakar untuk generator :

$$= 236558,435 \text{ btu/jam} / 19.200 \text{ BTU/LB}$$

$$= 12,32 \text{ lb/jam}$$

$$= 295,698 \text{ lb/hari}$$

demikian dalam perencanaan ini harus disediakan generator pembangkit tenaga listrik yang mempunyai daya minimum 69,3 kw, dengan kebutuhan bahan bakar = 295,698 lb/hari

#### D. Unit Kebutuhan Bahan Bakar

Jenis bahan bakar yang digunakan adalah diesel oil 33<sup>0</sup> API dengan heating valve 19.200 btu/lb.

Kebutuhan bahan bakar :

- boiler = 444,657 lb/jam
- kebutuhan Genset = 12,32 lb/jam
- kebutuhan bahan bakar = 456,977 lb/jam
- Faktor keamanan dipakai 20 % berlebih  
 $1,2 \times 456,977 \text{ lb/jam} = 548,372 \text{ lb/jam}$

$$\text{Density bahan bakar} = 56,85 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan bahan bakar total} &= 548,372 \text{ lb/jam} / 56,85 \text{ lb} \\ &= 9,7 \text{ ft}^3 = 0,28 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- jika  $1 \text{ m}^3$  = 35,315 ft<sup>3</sup>  
 $= 0,28 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ lt/ m}^3$   
 $= 280 \text{ lt /jam} = 6720 \text{ lt/ hari}$

## APPENDIKS E

### PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

#### A. Metode Penafsiran Harga

Harga alat-alat produksi setiap saat dapat berubah-ubah, tergantung pada perubahan ekonomi, apabila harga alat pada tahun-tahun sebelumnya diketahui maka harga alat-alat industri saat ini bisa ditaksir dengan Marshall and Swift Equipment Cost Index ,

Besarnya harga alat bisa dinyatakan sebagai berikut

$$\text{Harga alat sekarang} = \frac{\text{Indeks harga tahun sekarang}}{\text{Index harga tahun X}} \times \text{Harga tahun X}$$

Tabel E.1 Marshall & Swift Equipment Cost Index

No.	Tahun (y)	Indeks (x)	x2	x.y
1	1975	182	33124	359450
2	1976	192	36864	379392
3	1977	204	41616	403308
4	1978	219	47961	433182
5	1979	239	57121	472981
6	1980	261	68121	516780
7	1981	297	88209	588357
8	1982	314	98596	622348
9	1983	317	100489	628611
10	1984	323	104329	640832
11	1985	325	105625	645125
12	1986	318	101124	631548
13	1987	324	104976	643788
14	1988	343	117649	681884
15	1989	355	126025	706095
16	1990	356	126736	708440
		4569		1358565

Sumber: Timmerhaus, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*,

5th ed.,

table 6-2, hal.238

Dengan metode least square, dapat dilakukan penaksiran indeks harga rata-rata pada tahun 2014

Penyelesaian dengan least square menghasilkan persamaan :

$$Y = ax + b$$

Keter

Keterangan:

$$a = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{\sum Y - a \sum X}{n} \quad , \text{ slope garis least square}$$

Tabel E.2 Penaksiran harga dengan least square

No.	Tahun (y)	Indeks (x)	x <sup>2</sup>	x.y
1	1975	182	33124	359450
2	1976	192	36864	379392
3	1977	204	41616	403308
4	1978	219	47961	433182
5	1979	239	57121	472981
6	1980	261	68121	516780
7	1981	297	88209	588357
8	1982	314	98596	622348
9	1983	317	100489	628611
10	1984	323	104329	640832
11	1985	325	105625	645125
12	1986	318	101124	631548
13	1987	324	104976	643788
14	1988	343	117649	681884
15	1989	355	126025	706095
16	1990	356	126736	708440
		4569		1358565

Kenaikan harga tiap tahun merupakan fungsi linear, tahun dan indeks harga tahun merupakan persamaan garis lurus

sehingga :

$$Y = ax + b$$

dimana :

a	=	konstanta	0,0758
b	=	gradien	1960,86
Y	=	tahun	
x	=	indeks harga	

Indeks harga pada tahun 2014

adalah :

$$2009 = 0,0758 x + 1960,86$$

$$x = 635,322$$

$$2014 = 0,0758 x + 1960,86$$

$$x = 701,314$$

perbandingan indexes

$$2014/2009 = 1,1$$

Dengan menggunakan rumus pada metode penafsiran harga, didapatkan harga peralatan proses seperti pada tabel E.2 dan harga peralatan Utilitas pada tabel E.3

Contoh perhitungan peralatan :

Nama Peralatan : Centrifuge H114

Dari [www.matche.com](http://www.matche.com), diperoleh harga peralatan pada tahun 2009 \$ 15000

Sehingga harga peralatan tersebut pada tahun 2014 adalah :

Harga Centrifuge H114 thn 2014 = indexs harga th 2014 x harga th 2009

Indexs harga th 2009

$$= 701,314 \times \$ 15000$$

635,32

$$= \$ 16558,1$$

Asumsi 1\$

$$= \text{Rp } 10.000$$

Maka harga peralatan tersebut

$$= \text{Rp } 182.780.100$$

Dengan cara yang sama, harga peralatan proses bisa di lihat pada tabel E.3 dan E.4



## A. Harga Peralatan

Tabel E. 3 Harga Peralatan Proses

No.	Nama Alat	Kode	Harga / Unit (\$)		Jumlah	Harga Total Rp
			2009	2014		
1	Silo	J111	55000	60712,98	1	670.193.701
2	Belt Conveyor	J112	40000	44154,89	1	487.413.601
3	Bucket Elevator	J113	35000	38635,53	1	426.486.901
4	Screw Press	J110	25000	27596,81	1	304.633.501
5	Centrifuge	H114	15000	16558,08	1	182.780.100
6	Tangki Penampung	F115	48900	53979,35	1	595.863.127
7	Pompa Degumming I	L211	15000	16558,08	1	182.780.100
8	Heater Degumming	E212	28000	30908,42	1	341.189.521
9	Tangki Degumming I	R210	155000	171100,2	1	1.888.727.704
10	Pompa Degumming II	L221	11000	12142,6	1	134.038.740
11	Tangki Degumming II	R220	165400	182580,5	1	2.015.455.240
12	Pompa	L222	11000	12142,6	1	134.038.740
13	Centrifuge	H223	12900	14239,95	1	157.190.886
14	Pompa	L224	11000	12142,6	1	134.038.740
15	Tangki Penampung	F225	48900	53979,35	1	595.863.127
16	Pompa Reaktor Hidrolisa	L311	15000	16558,08	1	182.780.100
17	Heater Air	E313	17000	18765,83	2	414.301.561
18	Reaktor Hidrolisa	R310	350000	386355,3	2	8.529.738.017
19	Exspander Minyak	G - 316	32200	35544,69	2	784.735.898
20	Cooler	E 311	35000	38635,53	1	426.486.901
21	Tangki Penampung	F - 317	48900	53979,35	2	1.191.726.254
22	Exspander Gliserol	G - 315	40000	44154,89	2	974.827.202
23	Pompa Gliserol	L - 318	45000	49674,25	2	1.096.680.602
24	Tangki Gliserol	F - 319	48900	53979,35	2	1.191.726.254
25	Pompa Esterifikasi	L - 411	11000	12142,6	1	134.038.740
26	Tangki Katalis	F - 412	30100	33226,56	1	366.778.735
27	Belt Conveyor	J - 413	15300	16889,25	1	186.435.702
28	Tangki Penampung TMP	F - 414	48900	53979,35	1	595.863.127
29	Pompa TMP	L - 415	15000	16558,08	1	182.780.100
30	Reaktor Esterifikasi	R - 410	375000	413952,1	1	4.569.502.509
31	Barometrik Condensor	E - 416	35000	38635,53	1	426.486.901
32	Steam Ejektor	E - 417	15000	16558,08	1	182.780.100
33	Pompa Minyak	L - 418	15000	16558,08	1	182.780.100
34	Cooler	E - 419	95200	105088,6	1	1.160.044.370
35	Centrifuge	H - 420	25500	28148,74	1	310.726.171
36	Storage TMP Ester	F - 421	48900	53979,35	1	595.863.127
						<b>31.937.776.203</b>

Tabel E.4 Harga Peralatan Utilitas

No.	Nama Alat	Kode	Harga / Unit (\$)		Jumlah (Unit)	Harga Total (Rp)
			2009	2014		
1	(Kation Exchanger)	D-222A	35000	38635,53	1	386.355.297
2	(Anion Exchanger)	L-221	35000	38635,53	1	386.355.297
3	Pompa Air Sungai	D-222B	7000	7727,106	1	77.271.059
4	Bak Skimer	F-210	8500	9382,914	1	93.829.143
5	Pompa Skimer	L-211	7000	7727,106	1	77.271.059
6	Bak Clarifier	F-223	7300	8058,268	1	80.582.676
7	Tangki Sand Filter	L-224	6700	7395,944	1	73.959.443
8	Bak Air Bersih	Q-220	35000	38635,53	1	386.355.297
9	Pompa Air Bersih	D-225	8700	9603,689	1	96.036.888
10	Bak Air Lunak	L-231	7000	7727,106	1	77.271.059
11	Pompa Deaerator	F-232	11550	12749,72	1	127.497.248
12	Boiler	L-233	350000	386355,3	1	3.863.552.967
13	Deaerator	L-241	115000	126945,3	1	1.269.453.118
14	Pompa Boiler	L-243	7000	7727,106	1	77.271.059
15	Pompa Air Pendingin	F-240	7000	7727,106	1	77.271.059
16	Bak Air Pendingin	F-242	8000	8830,978	1	88.309.782
17	Pompa Sanitasi	P-230	7000	7727,106	1	77.271.059
18	Bak Air Sanitasi	L-226	7300	8058,268	1	80.582.676
19	Cooling Tower	L-227	15000	16558,08	1	165.580.841
20	Penampung Dowterm J	L-234	8000	8830,978	1	88.309.782
						<b>7.650.386.811</b>

Dari tabel di atas dapat diketahui jumlah harga peralatan, yaitu :

Harga peralatan Proses = Rp 31.937.776.203

Harga Peralatan Utilitas = Rp 7.650.386.811 +

Harga Peralatan Total = **Rp 39.588.163.014**

Dengan safety factor sebesar 20 % maka harga peralatan total menjadi,

1,2 x Rp 39.588.163.014 = **Rp. 47.505.795.617**

**B. Gaji Pegawai.**

Tabel E.5 Daftar Gaji Pegawai

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	Total (Rp)
1	Dewan komisaris	5	20.000.000	100.000.000
2	Direktur Utama	1	25.000.000	25.000.000
3	Direktur Teknik	1	15.000.000	15.000.000
4	Direktur Administrasi	1	15.000.000	15.000.000
5	Staff Litbang	5	10.000.000	50.000.000
6	Sekretaris Direktur	3	10.000.000	30.000.000
7	Kabag Teknik	1	15.000.000	15.000.000
8	Kasie Perawatan	1	8.000.000	8.000.000
9	Karyawan Perawatan	15	3.000.000	45.000.000
10	Kasie Utilitas	1	10.000.000	10.000.000
11	Karyawan Utilitas	15	2.500.000	37.500.000
12	Kasie K3	1	8.000.000	8.000.000
13	Karyawan K3	2	2.500.000	5.000.000
14	Kabag Produksi	1	15.000.000	15.000.000
15	Kasie Proses	1	10.000.000	10.000.000
16	Karyawan Proses	45	3.000.000	135.000.000
17	Kasie Gudang	1	8.000.000	8.000.000
18	Karyawan Gudang	15	2.500.000	37.500.000
19	Kasie QC & Lab	1	10.000.000	10.000.000
20	Karyawan QC & Lab	5	3.000.000	15.000.000
21	Kabag Pemasaran	1	10.000.000	10.000.000
22	Kasie Market & Riset	1	8.000.000	8.000.000
23	Karyawan Market & Riset	5	3.000.000	15.000.000
24	Kasie Pemasaran	1	8.000.000	8.000.000
25	Karyawan Pemasaran	5	3.000.000	15.000.000
26	Kabag Umum	1	10.000.000	10.000.000
27	Kasie Personalia	1	8.000.000	8.000.000
28	Karyawan Personalia	2	3.000.000	6.000.000
29	Kasie Humas	1	8.000.000	8.000.000
30	Karyawan Humas	2	2.500.000	5.000.000
31	Kasie Kesejahteraan Pekerja	1	8.000.000	8.000.000
32	Karyawan Kesejahteraan Pekerja	2	2.500.000	5.000.000
33	Kasie Keamanan	1	8.000.000	8.000.000
34	Karyawan Keamanan	15	2.500.000	37.500.000
35	Kabag Keuangan	1	10.000.000	10.000.000
36	Kasie Keuangan & Pembukuan	1	8.000.000	8.000.000
37	Karyawan Keuangan & Pembukuan	5	3.000.000	15.000.000
38	Kasie Penyediaan & Pembelian	1	8.000.000	8.000.000
39	Karyawan Penyediaan & Pembelian	4	3.000.000	12.000.000

40	Dokter	1	4.000.000	4.000.000
41	Karyawan Poliklinik	4	2.500.000	10.000.000
42	Karyawan Kebersihan & Taman	15	2.000.000	30.000.000
43	Karyawan Perpustakaan	3	1.500.000	4.500.000
44	Sopir	5	2.000.000	10.000.000
Total		200		857.000.000

Total Gaji Pegawai per bulan = Rp. 857.000.000  
 Total Gaji pegawai per tahun = Rp. 857.000.000 x 12  
 = **Rp 10.284.000.000**

### C. Biaya Utilitas

- Listrik

Kebutuhan listrik = 853,1731 kW

Harga listrik per kW = 500 /kW hari/th

Biaya listrik per tahun = 426586,6 kW x 330 /th  
 = 140773569,5
- Bahan bakar

Kebutuhan bahan bakar = 85,97014 kg/jam x 24 jam/hari  
 = 2063,283 kg/hari x 330 hari  
 = 680883,5 kg/th

Harga bahan bakar = 5325 /kg

Biaya bahan bakar per tahun = 680883,5 kg/th  
 = 3625704779
- Air

Pemakaian jumlah air = 9491,982 kg/jam

Harga air tiap m<sup>3</sup> = 300 /m<sup>3</sup>

Densitas air = 1000 kg/m<sup>3</sup>

Biaya pemakaian air = 9491,982 kg/jam  
 = Rp 2847594540 /thn

Biaya Utilitas total per tahun = Rp.664.072.888

**D.Harga Bahan Baku**

1.	Biji Jarak				
	Harga	Rp	5.000		
	Kebutuhan	6409	kg/jam	50757696	kg/tahun
	Total	Rp	253.788.480.000		
2.	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>				
	Harga	Rp	90.000	-	
	Kebutuhan	4,7	kg/jam	37577,1	kg/tahun
	Total	Rp	3.381.936.164		
3.	ZnCl <sub>2</sub>				
	Harga	Rp	75.000		
	Kebutuhan	8,7	kg/jam	68556,7	kg/tahun
	Total	Rp	5.141.749.005		
4.	Trimethylolpropane				
	Harga	Rp	90.000		
	Kebutuhan	709,41	kg/jam	5618508,291	kg/tahun
	Total	Rp	3.985.812.552		

**Biaya bahan baku total per tahun      Rp 266.297.977.722**

**E.Harga Produk**

1.	TMP Ester				
	Kapasitas	5051	kg/jam	40.000.047	kg/tahun
	Harga TMP Ester	Rp.	15000		
	Penjualan/thn	Rp	600.000.701.534		
2.	Gliserol				
	Kapasitas	831,5	kg/jam	6585514	kg/tahun
	Harga gliserol	Rp.	15000 /kg		
	Penjualan cake / th	Rp.	98.782.713.132		

Total penjualan per tahun      **Rp.698.783.414.666**

---

= 15% x Rp. 181.282.116.076

= **Rp 27.192.317.411**

**I. Modal Perusahaan**

a.	Modal sendiri	60%	TCI	Rp	108.769.269.645
b.	Modal pinjaman	40%	TCI	Rp	72.512.846.430
<b>Total</b>				<b>Rp</b>	<b>181.282.116.076</b>

**J. Penentuan Total Production Cost (TPC)****A. Manufacturing Cost (MC)****a. Biaya Produksi Langsung (DPC)**

<b>Direct Production Cost (DPC)</b>			
Bahan Baku untuk 1 tahun			Rp 266.297.977.722
Gaji Karyawan untuk 1 tahun		GK	Rp 10.284.000.000
Utilitas untuk 1 tahun			Rp 6.614.072.888
Biaya Pengemasan untuk 1 thn			Rp 17.917.523.453
Pemeliharaan	1%	FCI	Rp 1.540.897.987
Laboratorium	8%	GK	Rp 822.720.000
Patent dan Royalti	1%	DC +IC	Rp 1.453.677.346
Supervisi	15%	FCI	Rp 154.089.798.664
Operation Supplies	20%	FCI	Rp 30.817.959.733
<b>Total Direct Production Cost</b>			<b>Rp 489.838.627.793</b>

**b. Biaya Tetap (FC)**

<b>Fixed Cost (FC)</b>			
Depresiasi Alat	13%	FCI	Rp 20.031.673.826
Depresiasi Bangunan	1%	FCI	Rp 1.540.897.987
Pajak Kekayaan	2%	FCI	Rp 3.081.795.973
Asuransi	3%	FCI	Rp 4.622.693.960
Bunga Pinjaman	14%	MP	Rp 10.151.798.500
<b>Total Fixed Cost</b>			<b>Rp 59.460.534.073</b>

**c. Biaya Overhead (OPC)**

Biaya Overhead	=	40% Gaji Karyawan
	=	<b>Rp 4.113.600.000</b>

$$\begin{aligned} \text{Manufacturing Cost (MC)} &= \text{DPC} + \text{FC} + \text{OPC} \\ &= \text{Rp } 553.412.761.866 \end{aligned}$$

**B. General Expenses (GE)**

General Expenses (GE)			
Administrasi	0,15	GK	Rp 1.542.600.000
Distribusi	0,02	DPC	Rp 9.796.772.556
Litbang (R&D)	0,03	DPC	Rp 14.695.158.834
<b>Total General Expenses</b>			<b>Rp 26.034.531.390</b>

### C. Total Production Cost (TPC)

$$\begin{aligned}
 \text{TPC} &= \text{MC} + \text{GE} \\
 &= \text{Rp. } 553.412.761.866 + \text{Rp. } 26.034.531.390 \\
 &= \text{Rp. } 579.447.293.255
 \end{aligned}$$

### K. Penentuan Laba Perusahaan

Hasil Penjualan untuk 1 tahun

Total penjualan	Rp. 698.783.414.666
Biaya produksi ( <i>Total Production Cost</i> )	Rp. 579.447.293.255
Laba kotor ( <i>Gross Earning</i> )	Rp 119.336.121.411
Pajak penghasilan	Rp 41.767.642.494
Laba bersih ( <i>Net Earning</i> )	Rp 77.568.478.917

Ditetapkan untuk pajak penghasilan

Besarnya Penghasilan (Rp)	Prosentase Pajak
0 – 500.000.000	15%
500.000.000 – 750.000.000	25%
> 750.000.000	35%

Nilai penerimaan *Cash Flow* setelah pajak ( $C_A$ )

$$\begin{aligned}
 C_A &= \text{labu bersih} + \text{deperesiasi alat} \\
 &= \text{Rp } 77.568.478.917 + \text{Rp } 20.031.673.826 \\
 &= \text{Rp } 97.600.152.743
 \end{aligned}$$

### L. Waktu Pengembalian Modal / *Pay Out Time* (POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung dikurangi penyusutan atau waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal investasi.

$$\text{POT} = \frac{\text{FCI}}{\text{Cash Flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun}$$

$$\text{POT} = \frac{\text{Rp. 154.089.798.664}}{\text{Rp 97.600.152.743}} \times 1 \text{ tahun}$$

$$= 1,57 \approx 2 \text{ tahun}$$

### M. Laju Pengembalian Modal / *Rate Of Investment* (ROI)

Laju Pengembalian Modal / *Rate Of Investment* (ROI) adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

# ROI sebelum pajak

$$\text{ROI}_{\text{BT}} = \frac{\text{laba kotor}}{\text{FCI}} \times 100\%$$

$$\text{ROI}_{\text{BT}} = \frac{\text{Rp 119.336.121.411}}{\text{Rp. 154.089.798.664}} \times 100\%$$

$$= 77,46\%$$

# ROI setelah pajak

$$\text{ROI}_{\text{AT}} = \frac{\text{laba bersih}}{\text{FCI}} \times 100\%$$

$$\text{ROI}_{\text{AT}} = \frac{\text{Rp 77.568.478.917}}{\text{Rp. 154.089.798.664}} \times 100\%$$

$$= 50,34\%$$

$\text{ROI}_{\text{AT}} >$  bunga pinjaman yang ditetapkan (14%), maka pabrik layak didirikan.



### M. Break Event Point (BEP)

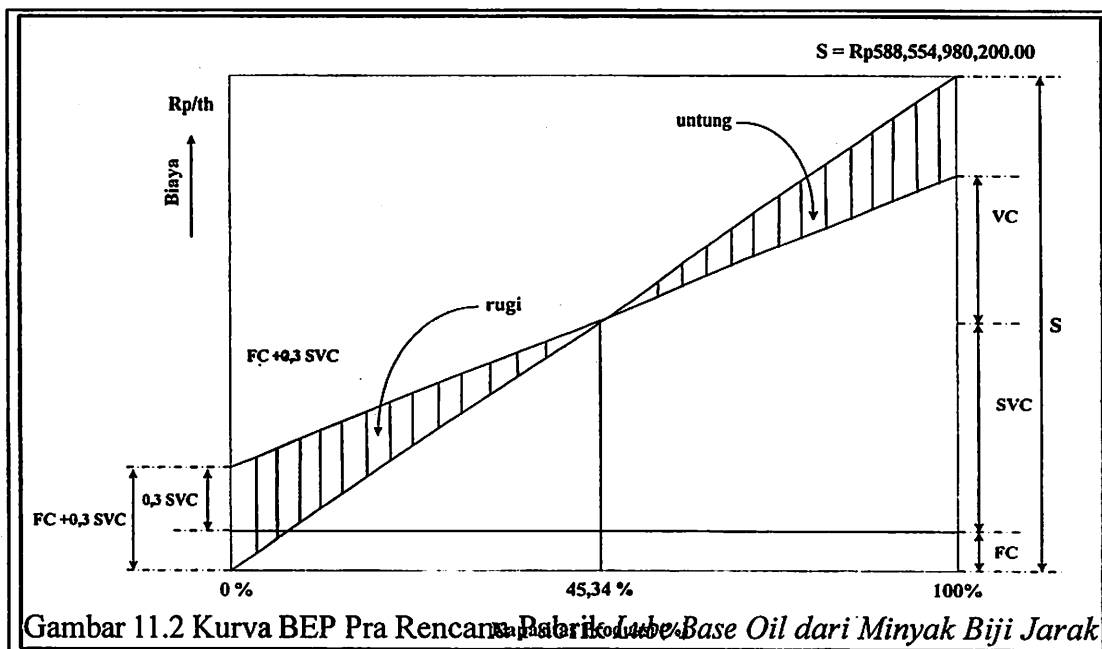
<b>A</b>	<b>Biaya produksi tetap (FC)</b>	<b>Rp 59.460.534.073</b>
<b>B</b>	<b>Biaya Semi Variabel (SVC)</b>	
	Biaya Umum (GE)	Rp 26.034.531.390
	Biaya Overhead	Rp 4.113.600.000
	Biaya Laboratorium	Rp 822.720.000
	Gaji Karyawan	Rp 10.284.000.000
	Supervisi	Rp 154.089.798.664
	Perawatan dan Pemeliharaan	Rp 1.540.897.987
	<b>TOTAL</b>	<b>Rp 196.885.548.041</b>
	<b>C</b>	<b>Biaya Variabel (VC)</b>
Bahan baku		Rp 266.297.977.722
Utilitas		Rp 6.614.072.888
Biaya Pengemasan		Rp 17.917.523.453
<b>TOTAL</b>		<b>Rp 290.829.574.063</b>
<b>D</b>	<b>Total Penjualan Produk ( S )</b>	<b>Rp 698.783.414.666</b>

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + (0,3 \text{ SVC})}{\text{S} - 0,7 \text{ SVC} - \text{VC}} \times 100\%$$

=

Rp 59.460.534.073	+	Rp 59.065.664.412			
Rp 698.783.414.666	-	Rp 137.819.883.628	-	Rp 290.829.574.063	

= 43,88%



$$\begin{aligned}\text{Titik BEP terjadi pada kapasitas produksi} &= 43,88\% \times 40000 \text{ ton/th} \\ &= 17.550,73 \text{ ton/th}\end{aligned}$$

Nilai BEP untuk Pabrik *Lube Base Oil* dari Minyak Biji Jarak berada di antara nilai 40% - 60%, sehingga nilai BEP di atas memadai.

Untuk produksi tahun pertama, kapasitas pabrik 80% dari kapasitas yang sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{P_{Bi}}{P_B} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \% \text{kapasitas})}{(100 - BEP)}$$

Di mana :  $P_{Bi}$  = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (di bawah 100%)  
 $P_B$  = keuntungan pada kapasitas 100%  
 % kapasitas = % kapasitas yang tercapai

P <sub>Bi</sub>	=	(100 - 43,88) - (100 - 80)
Rp 77.568.478.917		100 - 43,88

$$P_{Bi} = \text{Rp } 49.924.687.428$$

sehingga, *Cash Flow* setelah pajak untuk tahun pertama adalah :

$$\begin{aligned}C_{A-1} &= P_{Bi} + \text{depresiasi alat} \\ &= \text{Rp } 49.924.687.428 + \text{Rp } 20.031.673.826 \\ &\text{Rp } 69.956.361.255\end{aligned}$$

#### N. Shut Down Point (SDP)

*Shut Down Point* adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal suatu pabrik yang masih boleh beroperasi.

$$SDP = \frac{0,3 SVC}{S - 0,7SVC - VC} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\frac{\text{Rp } 59.065.664.412}{\text{Rp } 270.133.956.975} &\times 100\% \\ &= 21,87 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Titik SDP terjadi pada kapasitas produksi} &= 21,87\% \times 40000 \text{ ton/th} \\ &= 8748 \text{ ton/th}\end{aligned}$$

### M. *Net Present Value* (NPV)

Metode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih dengan nilai investasi sekarang.

Langkah-langkah menghitung NPV :

a. Menghitung  $C_{A-0}$  (tahun ke-0) untuk masa konstruksi 2 tahun

$$\begin{aligned}C_{A-2} &= 40\% \times \text{FCI} \times (1+i)^2 \\ &= 40\% \times \text{Rp. 154.089.798.664} \times (1 + 0.2)^2 \\ &= \text{Rp } 88.755.724.031\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{A-1} &= 60\% \times \text{FCI} \times (1+i)^1 \\ &= 60\% \times \text{Rp. 154.089.798.664} \times (1 + 0.2)^1 \\ &= \text{Rp}110.944.655.038\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{A-0} &= - (C_{A-2} + C_{A-1}) \\ &= - ( \text{Rp.88.755.724.031} + \text{Rp.110.944.655.038} ) \\ &= - \text{Rp}199.700.379.069\end{aligned}$$

b. Menghitung NPV tiap tahun

$$\text{NPV} = C_A \times F_d$$

dimana :

$C_A$  = *Cash flow* setelah pajak

$F_d$  = faktor diskon =  $\frac{1}{(1+i)^n}$

$n$  = tahun ke-n

$i$  = tingkat bunga bank ( bunga bank = 14% )

Tabel E.6. *Cash Flow* untuk NPV selama 10 tahun

Tahun (n)	Cash Flow/CA (Rp)	Fd (i = 0,14)	PV
0	-199.700.379.069	1	-199.700.379.069
1	69.956.361.255	0,877	61.365.229.171
2	97.600.152.743	0,769	75.100.148.310
3	97.600.152.743	0,675	65.877.323.079
4	97.600.152.743	0,592	57.787.125.508
5	97.600.152.743	0,519	50.690.460.972
6	97.600.152.743	0,456	44.465.316.642
7	97.600.152.743	0,400	39.004.663.721
8	97.600.152.743	0,351	34.214.617.299
9	97.600.152.743	0,308	30.012.822.192
10	97.600.152.743	0,270	26.327.037.011
Nilai Sisa	0	0,1615	0,0000
WCI	27.192.317.411	0,2697	7.334.959.288
Jumlah			292.479.324.123

Karena harga NPV = (+), maka pabrik *Lube Base Oil* dari *Minyak Biji Jarak* layak untuk didirikan.

#### O. *Internal Rate of Return (IRR)*

Metode ini digunakan untuk menghitung tingkat bunga yang menyamakan nilai investasi sekarang dengan nilai penerimaan kas bersih yang akan datang.

Tabel E.7 *Cash flow* untuk IRR

Tahun (n)	Cash Flow/CA (Rp)	Fd (i = 0,14)	PV1	Fd (i = 0,3)	PV2
0	-199.700.379.069	1,0000	-199.700.379.069	1,0000	-199.700.379.069
1	69.956.361.255	0,8772	61.365.229.171	0,7692	53.812.585.581
2	97.600.152.743	0,7695	75.100.148.310	0,5917	57.751.569.671
3	97.600.152.743	0,6750	65.877.323.079	0,4552	44.424.284.362
4	97.600.152.743	0,5921	57.787.125.508	0,3501	34.172.526.432
5	97.600.152.743	0,5194	50.690.460.972	0,2693	26.286.558.794
6	97.600.152.743	0,4556	44.465.316.642	0,2072	20.220.429.842
7	97.600.152.743	0,3996	39.004.663.721	0,1594	15.554.176.801
8	97.600.152.743	0,3506	34.214.617.299	0,1226	11.964.751.386
9	97.600.152.743	0,3075	30.012.822.192	0,0943	9.203.654.912
10	97.600.152.743	0,2697	26.327.037.011	0,0725	7.079.734.548
Nilai Sisa	0	0,2697	0	0,0725	0
WCI	27.192.317.411	0,2697	7.334.959.288	0,0725	1.972.480.407
Jumlah			292.479.324.123		82.742.373.666

$$\begin{aligned} \text{IRR} &= i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \times (i_2 - i_1) \\ &= 14\% + \frac{\text{Rp } 292.479.324.123}{\text{Rp } 292.479.324.123 - \text{Rp } 82.742.373.666} \times (30\% - 14\%) \\ &= 36,3\% \end{aligned}$$

Karena  $\text{IRR} > \text{bunga bank (14\%)}$ , maka Pabrik *Lube Base Oil dari Minyak Biji Jarak* layak untuk didirikan.