

**PRA RENCANA PABRIK**

**SABUN PADAT DARI REFINED BLEACHED DEODORIZED PALM  
STEARIN (RBDPS) DENGAN PROSES NETRALISASI ASAM  
LEMAK KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
REAKTOR NEUTRALIZER**

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh :**

**SOLEKAH 1014902**

**MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2012**

3013

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MAGANG  
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK KIMIA



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MAGANG

NO. 1014005

Disusun Oleh :

SKRIPSI

BEKTIK NEPTUNIS  
BEKTIK NEPTUNIS

REVISI 20.000 TON/TAMBAH  
STABILISER (BUBUK) BEKTIK NEPTUNIS  
SABUN BUBUK DARI BEKTIK NEPTUNIS DEODORIZED BUBUK

BY BEKTIK NEPTUNIS

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PRA RENCANA PABRIK**

**SABUN PADAT DARI REFINED BLEACHED DEODORIZED  
PALM STEARIN (RBDPS) DENGAN PROSES NETRALISASI  
ASAM LEMAK KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
REAKTOR NEUTRALIZER**

**SKRIPSI**

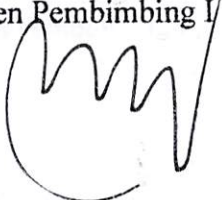
**Diajukan Sebagai Syarat Menempuh Wisuda  
Sarjana Pada Jenjang Strata Satu (S-1)  
Di Institut Teknologi Nasional Malang**

**Disusun Oleh :**

**SOLEKAH 1014902**

**Malang, 23 Februari 2012**

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I/



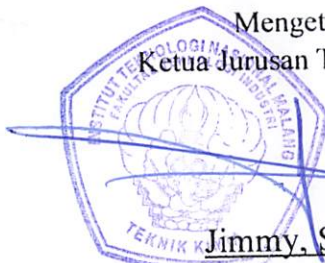
Ir. Hj. Harimbi Setyawati, MT  
NIP. 19630307 199203 2 002

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing II



Elvianto Dwi Daryono, ST, MT  
NIP. Y 1030000351

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia




Jimmy, ST, MT  
NIP. Y. 1039900330


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

Nama : SOLEKAH  
NIM : 1014902  
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA  
Judul Skripsi : PRA RENCANA PABRIK SABUN PADAT DARI  
REFINED BLEACHED DEODORIZED PALM STEARIN  
(RBDPS) DENGAN PROSES NETRALISASI ASAM  
LEMAK


Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

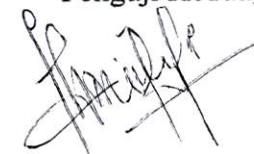
Hari : Sabtu  
Tanggal : 18 Februari 2012  
Nilai : B +

Ketua,  
  
Jimmy, ST, MT  
NIP. Y. 1039900330

Sekretaris,  
  
M. Istnaeny Hudha, ST, MT  
NIP. Y. 1030400400

Anggota Penguji,

Penguji Pertama,  
  
Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT  
NIP. 195808021991032001

Penguji Kedua,  
  
Faidliyah Nilna Minah, ST, MT  
NIP. P. 1030400392

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : SOLEKAH  
NIM : 1014902  
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

**PRA RENCANA PABRIK  
SABUN PADAT DARI REFINED BLEACHED DEODORIZED PALM  
STEARIN (RBDPS) DENGAN PROSES NETRALISASI ASAM LEMAK  
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN  
PERANCANGAN ALAT UTAMA  
REAKTOR NEUTRALIZER**

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

Malang, Februari 2012

Yang membuat pernyataan,



**SOLEKAH**

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah S.W.T., yang telah memberikan rahmat dan hidayah kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Prarencana Pabrik Sabun Padat dari Refined Bleached Deodorized Palm Stearin (RBDPS) dengan Proses Netralisasi Asam Lemak Kapasitas 50.000 ton/tahun” tepat pada waktunya.

Juga kami ucapkan rasa terimakasih kepada para Dosen yang telah membimbing dan mengampuh kami dalam kuliah serta semua pihak yang telah berjasa baik langsung maupun tidak langsung.

1. Bapak Jimmy, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia ITN Malang
2. Ibu Ir. Hj. Harimbi Setyawati, MT selaku Dosen Pembimbing kami
3. Bapak Elvianto Dwi Daryono, ST, MT selaku Dosen Pembimbing kami
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT selaku Dosen Penguji kami
5. Ibu Faidliyah Nilna M, ST, MT selaku Dosen Penguji kami.
6. Bapak Mohammad Istnaeny Hudha, ST, MT selaku Sekretaris Jurusan
7. Rekan-rekan Teknik Kimia ITN Malang yang telah membantu dalam penyusunan skripsi kami.

Akhirnya penyusun berharap semoga skripsi ini dapat menambah pengetahuan dan dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Malang, Februari 2012

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN .....	i
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
ABSTRAKSI .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	I-1
1.2. Sejarah Sabun di Indonesia.....	I-1
1.3. Kegunaan Sabun .....	I-1
1.4. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk.....	I-3
<b>BAB II SELEKSI PROSES DAN URAIAN PROSES</b>	
2.1. Seleksi Proses.....	II-1
2.2. Pemilihan Proses.....	II-4
2.3. Uraian Proses .....	II-5
<b>BAB III NERACA MASSA</b>	
3.1. Neraca Massa Hydrolyzer .....	III-1
3.2. Neraca Massa Evaporator .....	III-2
3.3. Neraca Massa Flash Tank .....	III-3
3.4. Neraca Massa Reaktor Neutralizer .....	III-3
3.5. Neraca Massa Spray Vacuum Chamber.....	III-4
3.6. Neraca Massa Amalgamator .....	III-5
3.7. Neraca Massa Plodder.....	III-6
<b>BAB IV NERACA PANAS</b>	
4.1. Melter .....	IV-1
4.2 Hydrolyzer .....	IV-2
4.3. Flash Tank.....	IV-3
4.4 Evaporator.....	IV-3
4.5. Reaktor Neutralizer .....	IV-4
4.6 Spray Vacuum Chamber .....	IV-5

4.7. Amalgamator.....	IV-5
4.8 Heater .....	IV-6
4.1. Cooler.....	IV-8
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN .....	V-1
BAB VI ALAT UTAMA.....	VI-1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA.....	VII-1
BAB VIII UTILITAS PABRIK.....	VIII-1
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK .....	IX-1
BAB X STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN .....	X-1
BAB XI ANALISA EKONOMI.....	XI-1
BAB XII KESIMPULAN .....	XII-1
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
APPENDIX A .....	APP. A-1
APPENDIX B .....	APP. B-1
APPENDIX C .....	APP. C-1
APPENDIX D .....	APP. D-1
APPENDIX E .....	APP. E-1



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.5.1.	Data kebutuhan sabun dalam negeri dan ekspor tahun 2006-2010.....	I-7
Tabel 2.2.1.	Perbandingan proses antara saponifikasi, netralisasi asam lemak dan metil ester asam lemak.....	II-4
Tabel 7.1.1.	Pemasangan alat kontrol pada prarencana pabrik sabun .....	VII-2
Tabel 9.2.1.	Perincian luas daerah pabrik .....	IX-7
Tabel 10.5.1.	Jadwal kerja karyawan shift.....	X-8
Tabel 10.7.1.	Perincian kebutuhan tenaga kerja .....	X-10
Tabel 10.9.1.	Daftar upah (gaji) karyawan .....	X-14

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.1.1 Diagram alir proses pembuatan sabun dari RBDPS proses saponifikasi..	II-2
Gambar 2.1.2.1 Diagram alir proses pembuatan sabun dari RBDPS proses netralisasi asam lemak.....	II-3
Gambar 2.1.3.1 Diagram alir proses pembuatan sabun dari RBDPS proses metil ester asam lemak.....	II-4
Gambar 6.1.1. Dimensi tutup atas dan tutup bawah reaktor .....	VI-8
Gambar 6.1.2. Dimensi tangki reaktor .....	VI-9
Gambar 6.4.1. Dimensi gasket dan bolting .....	VI-25
Gambar 9.1.2.1. Peta lokasi pabrik sabun.....	IX-6
Gambar 9.2.1. Plant lay out pra rencana pabrik sabun .....	IX-9
Gambar 9.2.2. Lay out peralatan proses.....	IX-11
Gambar 10.3.1. Bagan struktur organisasi pabrik sabun .....	X-3

## ABSTRAKSI

Sabun adalah garam alkali dari asam lemak dan dihasilkan menurut reaksi asam basa. Jumlah sabun yang dihasilkan belum mencukupi kebutuhan dalam negeri sehingga untuk memenuhinya Indonesia harus mengimpor dari luar negeri. Berdasarkan kenyataan tersebut, maka pendirian pabrik sabun ini diharapkan mampu memenuhi akan kebutuhan sabun di Indonesia sehingga akan mengurangi jumlah impor sabun.

Proses yang digunakan dalam pembuatan sabun ini yaitu hidrolisis RBDPS diikuti netralisasi asam lemak yang terbentuk menggunakan sodium hidroksida. Hidrolisis RBDPS dilakukan pada suhu 252°C dan tekanan 41 atm di dalam *Continuous flow column*. Netralisasi dilakukan pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm di dalam tangki berpengaduk. Sabun terbentuk dikeringkan dengan *vacuum spray chamber*, selanjutnya ditambahkan aditif di dalam *amalgamator* dan dicetak dengan mesin pencetak.

Pabrik ini direncanakan didirikan di Kalimantan Timur dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Utilitas yang digunakan meliputi air, steam, nitrogen cair, listrik dan bahan bakar. Bentuk perusahaan ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi berbentuk garis dan staff. Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi didapatkan TCI = \$ 33.242.851; TPC=\$ 99.443.765; ROI = 19%; POT = 4,2Tahun; BEP = 51,6; IRR=22,19 % > 15 % bunga bank. Menurut analisa ekonomi tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

**Katakunci : sabun, RBDPS, netralisasi, asam lemak**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sabun adalah garam alkali dari asam lemak dan dihasilkan menurut reaksi asam basa. Basa alkali yang umum digunakan untuk membuat sabun adalah natrium (NaOH), dan ammonium ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) sehingga rumus molekul sabun selalu dinyatakan sebagai  $\text{RCOONa}$  atau  $\text{RCOOK}$  atau  $\text{RCOONH}_4$ . Sabun natrium ( $\text{RCOONa}$ ) disebut sabun keras dan umumnya digunakan sebagai sabun cuci dalam industri logam. Sedangkan sabun kalium ( $\text{RCOOK}$ ) disebut sebagai sabun lunak dan umumnya digunakan untuk sabun mandi [Wikipedia Indonesia, 2011].

Saat ini, telah ditemukan berbagai macam jenis bahan baku sabun antara lain dari daun – daun, akar, kacang-kacangan atau biji – bijian yang bisa digunakan untuk membentuk sabun yang mudah larut dan membawa kotoran dari pakaian. Yaitu dengan memakai dasar material yang disebut sebagai saponin yang mengandung pentasiklis triterpena asam karboksilat, seperti asam olenolat atau asam ursolat, zat kimia berkombinasi. Saponin lebih dikenal sebagai sabun.

Kebutuhan akan sabun di Indonesia terus meningkat, walaupun banyak pabrik yang memproduksinya, di antaranya PT. Unilever Indonesia Tbk, PT. Total Chemindo Loka, PT. Wings Indonesia, PT. Naga Corigo Kencana, tetapi jumlah sabun yang dihasilkan oleh pabrik – pabrik tersebut belum bisa mencukupi kebutuhan di dalam negeri, sehingga untuk memenuhinya Indonesia harus mengimpor dari Singapura, India, Korea, Jepang, Amerika, Jerman, dan Bulgaria.

Berdasarkan kenyataan tersebut, maka pendirian pabrik sabun ini diharapkan mampu memenuhi akan kebutuhan sabun di Indonesia sehingga akan mengurangi jumlah impor sabun.

### 1.2. Sejarah Sabun di Indonesia

Sabun adalah salah satu senyawa kimia paling tua yang pernah ditemukan. Pada tahun 2500 sebelum Masehi, masyarakat Sumeria telah menemukan sabun kalium yang digunakan untuk mencuci wol. Sabun ini dibuat dari minyak dan abu tumbuhan yang kaya akan kalium karbonat. Informasi tentang sabun juga ditulis dalam literatur – literatur bangsa Mesir yang berhubungan dengan kedokteran [Unilever, 2009].

Nama Sapo atau soap atau sabun menurut legenda Romawi kuno (2800 SM) berasal dari Gunung Sapo, dimana binatang dikorbankan untuk acara keagamaan. Lemak yang berasal dari binatang tersebut (kambing) dicampur dengan abu kayu untuk menghasilkan sabun atau sapo, pada masa itu. Ketika hujan, sisa lemak dan abu kayu tersebut mengalir ke sungai Tiber yang berada di bawah gunung Sapo. Ketika masyarakat mencuci pakaian di sungai Tiber, mereka mendapati air tersebut berbusa dan pakaian mereka lebih bersih. Sejak saat itulah asal-usul sabun dimulai. Cara pembuatan sabun memakai abu kayu dapat dijelaskan sebagai berikut, masyarakat memanaskan batu kapur untuk menghasilkan kapur. Kapur yang dibasahkan ditaburkan ke atas abu kayu yang masih panas kemudian diaduk sampai rata. Selanjutnya, dengan sebuah sekop, masyarakat menyedok bubur kelabu yang dihasilkan ke dalam sebuah bejana berisi air panas dan mendidihkannya dengan tambahan beberapa potong lemak domba selama beberapa jam. Ketika lapisan buih berwarna coklat kotor yang tebal terbentuk di permukaannya, dan menjadi keras setelah dingin, mereka memotong-motong lapisan keras tadi, dan potongan tersebut dinamakan sabun. Sabun atau yang disebut '*soap*' dalam bahasa Inggris berasal dari bahasa latin *sapo* yang pertama kali digunakan oleh Plinny pada tahun 77 Masehi. Plinny membuat sabun dari campuran *tallow* (lemak binatang) dengan abu dari kayu *beech* yang dapat digunakan sebagai pewarna rambut. Pada awalnya, sabun tidak digunakan sebagai pembersih tubuh tetapi digunakan sebagai pembersih pakaian karena perkembangan budaya saat itu [Unilever, 2009].

Sabun adalah surfaktan yang digunakan dengan air, untuk banyak sabun merupakan campuran garam natrium atau kalium dari asam lemak yang dapat diturunkan dari minyak atau lemak dengan direaksikan dengan alkali (seperti natrium atau kalium hidroksida) pada suhu 80–100 °C melalui suatu proses yang dikenal dengan saponifikasi. Lemak akan terhidrolisis oleh basa, menghasilkan gliserol dan sabun mentah. Secara tradisional, alkali yang digunakan adalah kalium yang dihasilkan dari pembakaran tumbuhan, atau dari arang kayu. Sabun dapat dibuat pula dari minyak tumbuhan, seperti minyak zaitun [Sabun-Wikipedia.com, 2009].

Seni pembuatan sabun mulai berkembang dengan pesat selama abad pertengahan di Perancis, Italia dan Inggris. Sabun transparan dengan nama "*Pears transparent soap*" dikenal di Inggris pada tahun 1789. Sabun mengalami kemajuan yang sangat pesat

khususnya di Marseilles pada abad ke-18. Sabun pertama kali dipatenkan pada tahun 1791 (abad ke-17) oleh seorang kimiawan dari Prancis yang bernama Nicholas Leblanc. Dimana pada saat itu Leblanc membuat sabun dari soda abu (natrium karbonat) dari garam. Sabun menjadi barang yang murah sejak berkembangnya proses Le Blanc pada abad ke-17 untuk pembuatan alkali yang merupakan bahan baku pembuatan sabun.

### 1.3. Kegunaan Sabun

Kegunaan sabun antara lain :

1. Sabun alkali digunakan sebagai sabun mandi dan untuk mencuci pakaian.
2. Industri tekstil menggunakan sejumlah sabun dalam pembuatan kain katun, kain wol, dan kain sutera untuk menghilangkan kotoran – kotoran dan membuat tekstur kain tersebut lebih halus.
3. Sabun memegang peranan penting dalam proses emulsi - polimerisasi yang digunakan dalam industri karet dan industri plastik.
4. Sabun berperan sebagai emulsi antara monomer terdispersi dan fasa larutan selama polimerisasi dalam produksi SBR ( *Stirena-butadinea rubber* ).
5. Sabun secara luas digunakan dalam industri kosmetik untuk mengemulsi sejumlah pembersih dan kondisioner. Sabun ini terbuat dari minyak nabati, asam-asam lemak, lilin, dan minyak mineral. Produk sabun ini berbentuk cairan, pasta, atau gel.
6. Sabun natrium dan sabun litium digunakan untuk mengentalkan minyak mineral.
7. Sabun merupakan salah satu komponen insektisida dan fungisida dalam pertanian.

### 1.4. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk

#### A. Bahan Baku

##### 1. *Refined Bleached Deodorized Palm Stearin (RBDPS)*

◆ Sifat-sifat fisika, [Perry, 1997].

Berat Molekul	: 312 gr/mol
Titik leleh	: 67 °C
Titik didih	: 291 °C
Bentuk	: padatan
Warna	: putih kekuningan

- ◆ Sifat kimia, [Othmer, 1993].

Dengan alkohol membentuk asam lemak menurut reaksi esterifikasi biasa,



## 2. **Sodium Hidroksida**

- ◆ Sifat-sifat fisika, [Perry, 1997].

Berat molekul : 40 gr/mol

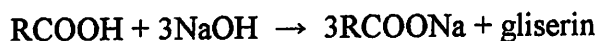
Titik leleh : 318 °C

Titik didih : 1390 °C

Densitas : 2,130 gr/cm<sup>3</sup>

- ◆ Sifat kimia, [Othmer, 1993].

Bereaksi dengan trigliserida membentuk sabun dan gliserol.



## B. **Bahan Pembantu**

### 1. **Air**

- ◆ Sifat-sifat fisika, [Perry, 1997].

Rumus molekul : H – O – H

Berat molekul : 18,0153 gr/mol

Titik beku : 0 °C

Titik didih : 100 °C

Densitas : 998,68 kg/m<sup>3</sup>

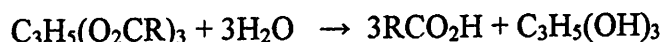
Temperatur Kritis : 374,15 °C

Panas Jenis : 4184 J/(kg.K) (cairan pada 20 °C)

Tidak berbau, berasa dan tidak berwarna

- ◆ Sifat kimia, [Othmer, 1993].

Bereaksi dengan trigliserida menghasilkan asam lemak dan gliserol.



### 2. **Gliserin**

- ◆ Sifat-sifat fisika, [Perry, 1997].

Berat molekul : 92 gr/mol

Titik lebur : 17,9 °C

Titik didih : 290 °C

Densitas : 1,26 gr/cm<sup>3</sup>

- ◆ Sifat-sifat kimia, [Othmer, 1993].

Bersifat higroskopis sehingga digunakan sebagai pelembab.

### 3. Surfaktan

Surfaktan yang digunakan adalah *Etilen Diamin Tetra Asetat* (EDTA).

- ◆ Sifat-sifat fisika EDTA, [Perry, 1997].

Berat molekul	: 118 gr/mol
Titik lebur	: 11 °C
Titik didih	: 117 °C
Densitas	: 0,919 gr/cm <sup>3</sup>

Zat cair bening pada suhu kamar

- ◆ Sifat-sifat kimia EDTA, [Othmer, 1993].

Larut dalam air.

Berbasis sebagai antioksidan, mencegah oksidasi berkataliskan ion logam.

### 4. Pewangi

Pewangi yang ditambahkan pada produk dengan tujuan untuk menutupi bau yang tidak enak dari bahan lain dan untuk memberikan aroma wangi. Jumlah yang ditambahkan sesuai dengan kebutuhan, namun biasanya pemberian aroma wangi berkisar antara 0,5-5% dari bahan keseluruhan. Pewangi yang direncanakan adalah *Essential Oils*.

### C. Produk

- ◆ Sifat-sifat fisika

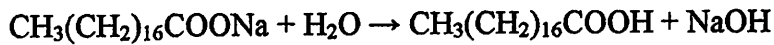
Penampilan	: Padat
Pelarutnya	: NaOH
Warna larutan terhadap pelarut	: Putih
Titik leleh	: 65,55 – 82,22 °C
Rumus molekul	: RCOO <sup>-</sup> Na <sup>+</sup>
Rumus Kimia	: CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COONa
Panas Jenis	: 0,56 Kal/g
Densitas :	0,96 g/ml – 0,99 g/ml

- ◆ Sifat – sifat kimia, [<http://yissaprayogo.wordpress.com/2010/05/07/bahan-bahan-dalam-pembuatan-sabun>].



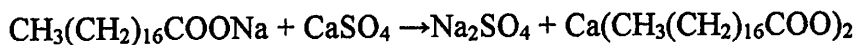
a. Hidrolisis

Sabun bersifat basa. Reaksi hidrolisis antara sabun dan air akan menghasilkan air yang bersifat basa, menurut reaksi:



b. Buih

Jika larutan sabun dalam air diaduk maka akan menghasilkan buih. Dalam hal ini, sabun dapat menghasilkan buih setelah garam-garam Mg atau Ca dalam air mengendap.



c. Sabun mempunyai sifat membersihkan.

Sifat ini disebabkan proses kimia koloid, sabun (garam natrium dari asam lemak) digunakan untuk mencuci kotoran yang bersifat polar maupun non polar, karena sabun mempunyai gugus polar dan non polar. Molekul sabun mempunyai rantai hydrogen  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}$  yang bertindak sebagai ekor yang bersifat hidrofobik (tidak suka air) dan larut dalam zat organik sedangkan  $\text{COONa}^+$  sebagai kepala yang bersifat hidrofilik (suka air) dan larut dalam air.

### 1.5. Perkiraan Kapasitas Produksi

Dalam pendirian suatu pabrik, diperlukan perkiraan kapasitas produksi yang bertujuan agar produk yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan. Untuk memenuhi kebutuhan akan sabun dan untuk meningkatkan devisa negara, maka ditentukan perhitungan kapasitas produksi.

Tabel 1.5.1 Data kebutuhan sabun dalam negeri dan ekspor tahun 2006 – 2010

Tahun	Import (kg)	Pertumbuhan (%)
2006	1423	-
2007	1390	-2,319
2008	2084	49,928
2009	2910	39,635
2010	1872	-35,670
<b>Jumlah</b>	<b>9679</b>	<b>51,574</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>1935,8</b>	<b>10,3148</b>

Sumber: Manajemen dan Usahawan, (2010)

Kebutuhan sabun pada tahun 2014 dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan :

$$M = P ( 1 + i)^n$$

Dimana:

M = Jumlah kebutuhan tahun 2014 (kg/tahun)

P = Jumlah kebutuhan 2010 (kg/tahun)

i = Persentase kenaikan rata – rata per tahun (10,3148%)

n = Selisih waktu perkiraan (2014 – 2010 = 4 tahun)

Dari data kebutuhan sabun di Indonesia, maka dapat diperkirakan kapasitas import sabun pada tahun 2014 adalah :

$$\begin{aligned} M &= P ( 1 + i)^n \\ &= 1872 ( 1 + 10,3148 )^4 \\ &= 30.682.685,71 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

Pada umumnya kegiatan ekspor dapat memperlancar kinerja dari pabrik, dimana umumnya asumsi eksport suatu pendirian pabrik berkisar antara 30 – 60 %. Oleh karena itu pendirian pabrik ini diambil asumsi untuk ekspor sebesar 40% dari kapasitas pabrik dan ditambahkan dalam kapasitas pabrik, sehingga kapasitas pabrik ini adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas pabrik baru} &= \text{import} + \text{eksport} \\ &= 30.682.685,71 + ( 0,4 \times 30.682.685,71 ) \\ &= 42.955,75999 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka rencana pendirian Pabrik Sabun pada tahun 2014 sebesar 50.000 ton /tahun.

## BAB II

### SELEKSI PROSES DAN URAIAN PROSES

#### 2.1. Seleksi Proses

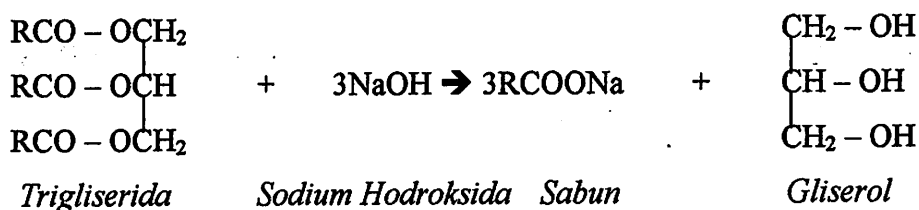
Berdasarkan bahan baku yang digunakan untuk pembuatan sabun maka sampai saat ini telah dikenal tiga macam proses pembuatan sabun, yaitu :

1. proses saponifikasi
2. trigliserida netralisasi asam lemak
3. proses saponifikasi metil ester asam lemak.

Perbedaan antara kategori proses ini terutama disebabkan oleh senyawa impurities yang ikut dihasilkan pada proses pembuatan sabun. Senyawa impurities ini harus dihilangkan untuk memperoleh sabun yang sesuai dengan standar mutu yang diinginkan. Karena perbedaan sifat dari masing-masing proses, maka unit operasi yang terlibat dalam pemurnian ini pun berbeda pula.

##### 2.1.1. Proses saponifikasi trigliserida

Proses ini merupakan proses yang paling tua diantara proses-proses yang ada, karena bahan baku untuk proses ini sangat mudah diperoleh. Dahulu digunakan minyak hewani dan sekarang telah digunakan pula minyak nabati. Pada saat ini telah digunakan proses trigliserida sistim kontinyu sebagai pengganti proses trigliserida sistim *batch*. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah:

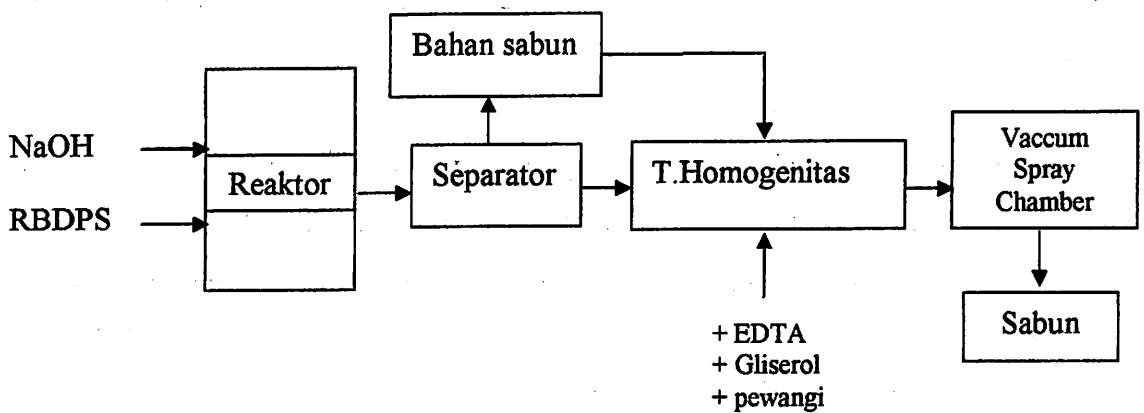


Tahap pertama dari proses saponifikasi trigliserida ini adalah mereaksikan trigliserida dengan basa alkali (NaOH, KOH atau NH<sub>4</sub>OH) untuk membentuk sabun dan gliserol, serta impurities. Lebih dari 99,5% lemak/minyak berhasil disaponifikasikan pada proses ini. Kemudian hasil reaksi dipompakan ke unit pemisah statis (*separator*) yang bekerja dengan prinsip perbedaan densitas. Pada unit ini akan dibentuk dua lapisan, yaitu lapisan sabun pada bagian atas dan lapisan *recycle* pada bagian bawah. *Recycle* terdiri dari gliserin, sisa alkali, sodium klorida, *impurities* dan air yang secara

keseluruhan membentuk lapisan yang lebih berat dari sabun sehingga berada pada lapisan bagian bawah di dalam pemisah statis.

Proses selanjutnya adalah penambahan aditif dan pengeringan sabun dalam unit pengering (*dryer*). Zat aditif yang ditambahkan adalah gliserol yang berfungsi sebagai pelembut dan pelembab pada kulit. EDTA yang berfungsi sebagai surfaktan yang dapat mengangkat kotoran pada kulit. Dan gliserin (*Additive*) yang berfungsi sebagai pelembab (*Moisturizer*) pada sabun. Zat tambahan ini dicampurkan pada tangki pencampur yang dilengkapi oleh jaket pemanas untuk menjaga sabun tetap cair (suhu tetap). Jumlah aditif yang ditambahkan sesuai dengan spesifikasi mutu yang diinginkan.

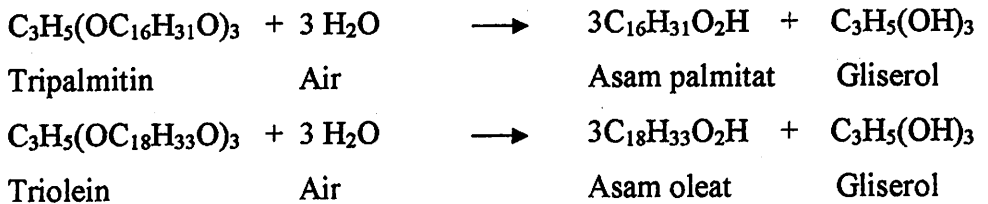
Tahap berikutnya adalah proses pengeringan sabun, kandungan air dalam sabun biasanya diturunkan dari 30 – 35 % ke 8 – 18 %, [Riegel, 1985]. Unit pengeringan sabun ini biasanya berupa unit *vaccum spray chamber*.



Gambar: 2.1.1.1 Diagram alir proses pembuatan sabun dari RBDPS dengan proses saponifikasi

**2.1.2. Proses netralisasi asam lemak**

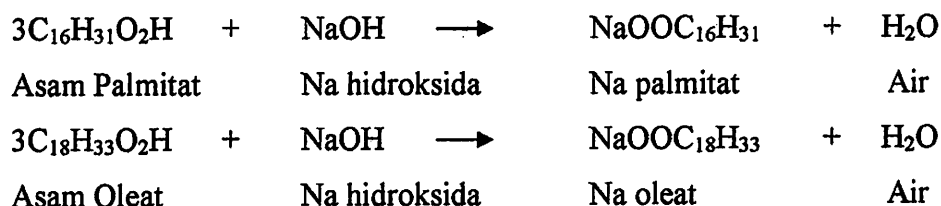
Proses netralisasi asam lemak dimulai dari memecah *palm stearin* dengan proses hidrolisis di *Hydrolyzer*. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut [Simmons, 2007]:



Suhu reaksi pada proses ini berkisar antara 80 – 95 °C [Othmer, 1993], dan tekanan operasi 1 atm. Reaksi netralisasi berlangsung dalam Reaktor-*Neutralizer*.

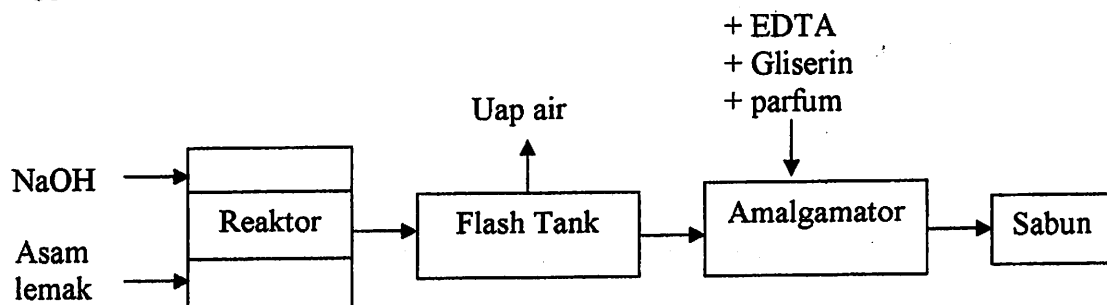
Konversi *palm stearin* menjadi asam lemak diperoleh dengan cara ini mencapai 99 % [Kent, 2007].

Setelah reaksi hidrolisis tuntas, selanjutnya dilakukan proses netralisasi. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut [Kent, 2007] :



Reaksi berlangsung sangat cepat, dengan konversi reaksi asam lemak diperoleh dengan cara ini dapat mencapai lebih dari 99,9 % [Shahidi, 2005]. Sabun keluar Reaktor-*Neutralizer* mengandung 30-35% air selanjutnya diumpankan ke dalam *Spray Vacuum Chamber* [Kent, 2007].

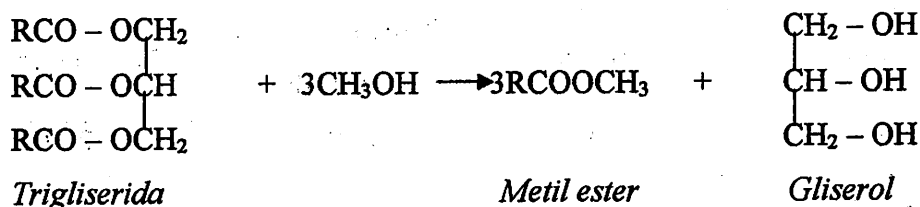
Proses netralisasi ini pertama kali dikembangkan oleh Mazzoni. Proses ini telah dikembangkan dengan menggunakan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  bersama-sama dengan  $\text{NaOH}$  dan prosesnya disebut dengan nama Mazzoni CC. sedangkan proses yang hanya menggunakan  $\text{NaOH}$  dikenal dengan nama Mazzoni LB.



Gambar 2.1.2.1. Diagram alir proses pembuatan Sabun dari RBDPS dengan proses netralisasi asam lemak

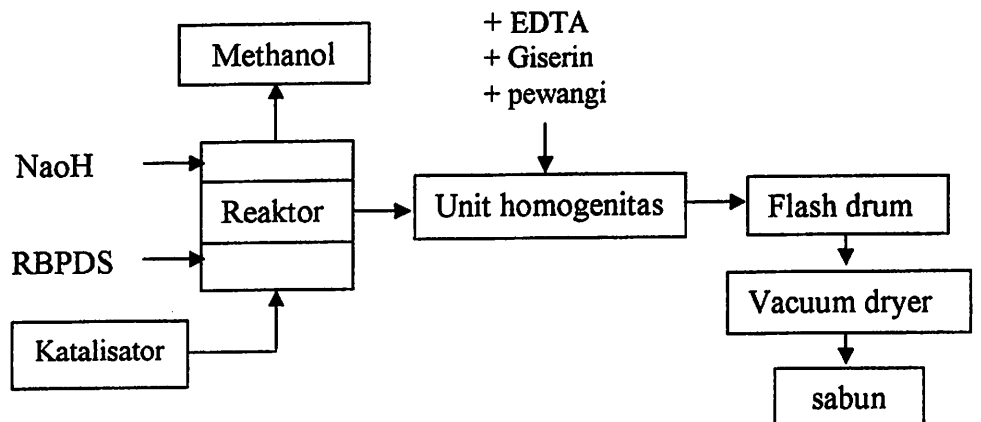
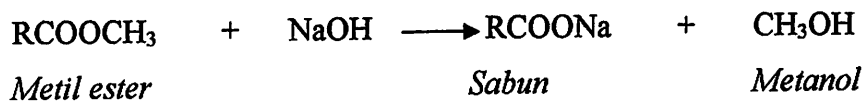
### 2.1.3. Proses saponifikasi metil ester asam lemak

Metil ester asam lemak dihasilkan dari reaksi inter-esterifikasi trigliserida dengan methanol melalui bantuan katalis tertentu. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Reaksi saponifikasi metil ester asam lemak dengan basa NaOH menghasilkan sabun dan methanol. Reaksi ini berlangsung dalam reaktor air tubular pada suhu 120 °C tekanan 1 atm dengan konversi reaksi yang cukup tinggi. Methanol yang terdapat dalam campuran reaksi dipisahkan menggunakan *Flash Drum*, dan kemudian campuran sabun ini dimasukkan kembali ke reaktor alir tubular kedua untuk menyempurnakan reaksi penyabunan. Sabun yang dihasilkan kemudian dikeringkan dengan pengering vakum.

Proses ini hampir sama dengan proses saponifikasi asam lemak, perbedaannya terletak pada produk samping yang dihasilkan, yaitu air pada proses netralisasi asam lemak dan methanol pada proses metil ester asam lemak. Reaksi penyabunan metil ester asam lemak adalah sebagai berikut:



Gambar: 2.1.3.1. Diagram alir pembuatan sabun dari RBDPS dengan proses metil ester asam lemak

**2.2. Pemilihan Proses**

Untuk memilih proses yang tepat dalam mendirikan suatu pabrik dapat dilakukan dengan membandingkan suatu proses yang lain. Untuk itu perbandingannya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2.1 Perbandingan proses antara saponifikasi, netralisasi asam lemak dan metil ester asam lemak

Parameter	Saponifikasi	Netralisasi asam lemak	Metil ester lemak
a. Aspek bahan baku	RBDPS	RBDPS	RBDPS
b. Aspek teknis:			

1. Kondisi proses			
- konversi	>99,5 %	>99,9 %	>98 %
- katalis	NaCl	NaCl	Ada
- proses	Ada proses pendahuluan fat splitting	Ada proses pendahuluan fat splitting	Membutuhkan lebih dari 1 reaktor
2. Kondisi operasi:			
- waktu tinggal	1,8 jam	15 menit	-
- tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
- temperatur	80-95 °C	90 °C	120 °C
c. Aspek ekonomis	Mahal	Murah	Mahal
d. Aspek produk:			
- hasil utama	Sabun	Sabun	Sabun
- hasil samping	Gliserol	Gliserol	Methanol

Pada semua proses pembuatan sabun umumnya variabel-variabel proses utama yang cukup menentukan pemilihan proses yang akan digunakan. Pemilihan proses didasarkan pada pertimbangan kerumitan proses dan keuntungan. Dalam rencana ini dipilih proses netralisasi asam lemak dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Adanya proses pendahuluan yaitu fat splitting seperti pada proses saponifikasi, sehingga cara ini sudah umum dilakukan.
2. Produk samping berupa gliserol. Hal ini memungkinkan untuk mendapatkan nilai tambah apabila gliserol yang dihasilkan dapat dijual.
3. Proses lebih mudah dibanding dengan proses saponifikasi dan metil ester yang cenderung lebih rumit.

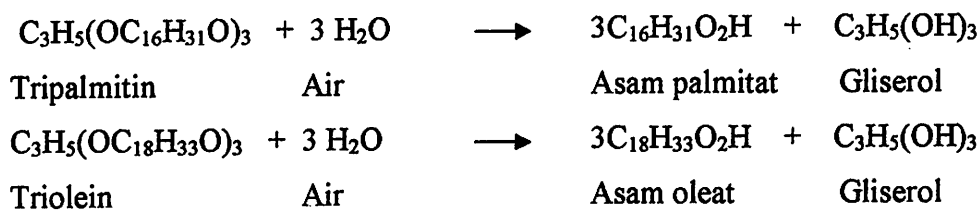
### 2.3. Uraian Proses

Proses diuraikan menjadi tiga tahap yaitu:

1. Tahap reaksi hidrolisis ( fat splitting )
2. Tahap reaksi netralisasi asam lemak
3. Tahap pengeringan dan *finishing* sabun.

### 2.3.1. Tahap reaksi hidrolisis

Umpan *Refined Bleached Deodorized Palm Stearin* (RBDPS) berupa padatan putih [www.alibaba.com] dengan komposisi  $C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$  70% dan  $C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$  30% dari gudang (F-111) [Gunstone, 2002] dikirim menggunakan *screw conveyor* (J-112) untuk dilelehkan di dalam *Melter* (M-113) pada suhu 67 °C. Lalu hasil lelehan RBDPS dipompa (L-114 A) sampai tekanan 41 atm dan dipanaskan dalam *Heater* (E-115 A) sampai suhu 210 °C. Umpan  $H_2O$  dipompa (L-114 B) sampai tekanan 41 atm dan dipanaskan dalam *Heater* (E-115 B) sampai 210 °C. RBDPS cair diumpankan ke bagian bawah *Hydrolyzer* (R-110) sedangkan  $H_2O$  diumpankan ke bagian atas *Hydrolyzer* (R-110) [Ali, 2005]. Di dalam *Hydrolyzer* (R-110) terjadi proses hidrolisis *palm stearin* secara *counter current*. Reaksi yang terjadi [Simmons, 2007] :

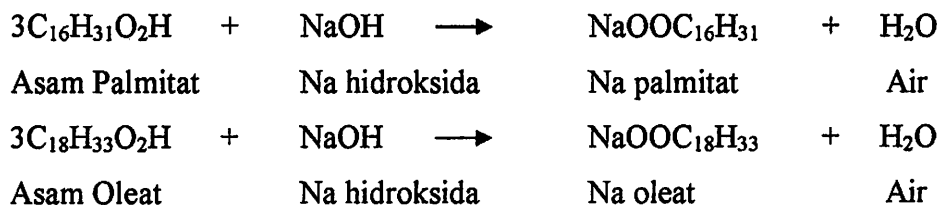


Konversi *palm stearin* menjadi asam lemak sebesar 99% [Kent, 2007]. Larutan gliserol dalam  $H_2O$  keluar sebagai hasil bawah *Hydrolyzer* (R-110), selanjutnya diturunkan tekanannya menjadi 1 atm menggunakan *ekspansi valve* (K-126 C) dan dipisahkan kadar gliserolnya menjadi 80% [Shahidi, 2005] menggunakan *Evaporator* (V-132) [Ali, 2005]. Asam lemak terbentuk, sisa minyak, dan sedikit  $H_2O$  keluar sebagai hasil atas *Hydrolyzer* (R-110), selanjutnya diturunkan tekanannya menjadi 7 atm menggunakan *ekspansi valve* (K-126 A). Uap air yang terbentuk karena penurunan tekanan dipisahkan di dalam *Flash Tank* (D-127) [Ali, 2005].

### 2.3.2. Tahapan reaksi netralisasi asam lemak

Asam lemak dari *Flash Tank* (D-127) dialirkan ke *Reaktor-Neutralizer* (R-120) bersama-sama dengan NaCl (F-121) dan NaOH (F-125) 50% [Ali, 2005]. Reaksi netralisasi dijalankan pada suhu 90°C. Sebanyak 1 % sodium klorida ditambahkan dalam larutan guna mengurangi viskositas hasil reaksi sehingga memudahkan transportasi hasil reaksi melalui pompa (L-124 A) [Shahidi, 2005]. Reaksi yang terjadi [Kent, 2007] :





Reaksi berlangsung sangat cepat, dengan konversi reaksi asam lemak diperoleh dengan cara ini mencapai lebih dari 99,9 % [Shahidi, 2005]. Sabun keluar Reaktor-*Netralizer* (R-120) mengandung 30-35%  $H_2O$  selanjutnya diumpankan ke dalam *Spray Vacuum Chamber* (D-130) [Kent, 2007].

### 2.3.3. Tahap pengeringan dan *finishing* sabun

Pengeringan sabun dilakukan dalam *Spray Vacuum Chamber* (D-130). Sabun keluar Reaktor-netralizer (R-120) dipanaskan menjadi 155 °C menggunakan Heater (E-134) lalu disemprotkan ke dalam ruangan silinder (D-130). Lapisan tipis sabun kering yang terbentuk dipindahkan dengan *rotating scraper*. Sabun keluar *Spray Vacuum Chamber* dalam bentuk pellet mempunyai kandungan air 10 % [Kent, 2007].

Dari unit pengeringan ini sabun dengan bantuan *Screw Conveyor* (J-136 A) dikirim ke unit *finishing* yang terdiri *Amalgamator* (P-137 A), *Plodder* (P-137 B), dan *Cutter* (P-137 C). Unit pertama yaitu *Amalgamator* (P-137 A) berfungsi mencampur sabun dengan bahan-bahan aditif. Gliserol sebanyak 10% ditambahkan untuk memberi kelembutan pada kulit. Pewangi (F-135 B) sejumlah 0,7 % ditambahkan untuk menutupi aroma lemak dan memberikan daya tarik bagi konsumen. Anti oksidan Ethylendiaminetetraacetic acid (EDTA) (F-135 A) sebanyak 0,1% menambah stabilitas sabun selama penyimpanan [Shahidi, 2005].

Selanjutnya sabun yang telah diberi aditif dimasukkan ke dalam *Plodder* (P-137 B) yang berfungsi membentuk sabun berbentuk batangan panjang. Sabun keluar *Plodder* (P-137 B) dipotong sesuai ukuran yang diinginkan dengan menggunakan *Cutter* (P-137 C) [Kent, 2007]. Sabun keluar *Cutter* (P-137 C) dikemas lalu *ditransfer* ke unit penyimpanan untuk disimpan dalam gudang (F-135 C).

## BAB III

### NERACA MASSA

Hasil perhitungan neraca massa pada Prarencana Pembuatan Sabun dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun adalah sebagai berikut :

Pabrik : Sabun Padat

Kapasitas Produksi : 50.000 ton/tahun

$$: \left( 50.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \right) \times \left( 1000 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \right)$$

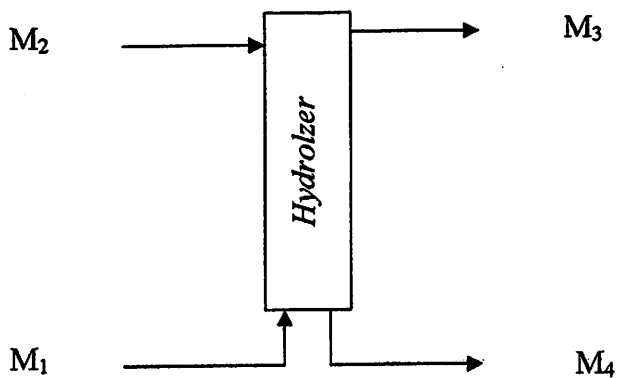
: 6.313,13 kg/jam

Basis perhitungan : 5.088,51 kg/jam

Waktu operasi : 330 hari/th

: 24 jam/hari

#### 3.1. Neraca Massa *Hydrolyzer* ( R-110 )



Fungsi : untuk memecah tripalmitin dan triolein dengan mereaksikannya dengan H<sub>2</sub>O.

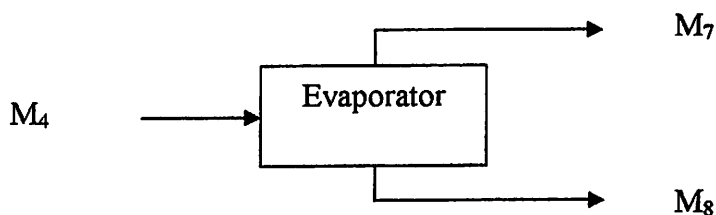
Kondisi operasi :

- Temperatur 252 °C
- Tekanan 41 atm.

Neraca massa *Hydrolyzer* ( R-110 )

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	kg/j	Arus	Senyawa	kg/j
1	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	3.561,96	3	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	35,62
	$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	1.526,55		$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	15,27
		$C_{16}H_{31}O_2H$		3.360,09	
		$C_{18}H_{33}O_2H$		1.446,32	
		$H_2O$		817,09	
2	$H_2O$	2.544,26	4	$H_2O$	1.398,59
				$C_3H_5(OH)_3$	559,79
Jumlah		7.632,77	Jumlah		7.632,77

## 3.2. Neraca Massa Evaporator (V-132)



Fungsi : untuk memekatkan larutan yang terdiri dari zat terlarut yang tak mudah menguap dan pelarut yang mudah menguap.

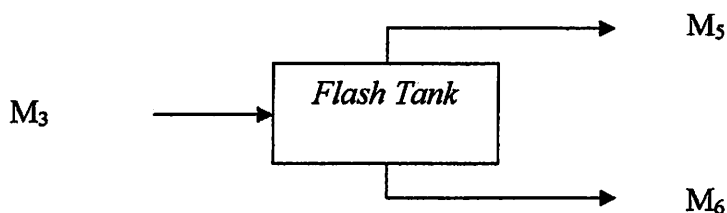
Kondisi operasi :

- Temperatur 110 °C
- Tekanan 1 atm.

## Neraca massa pada Evaporator (V-132)

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	kg/j	Arus	Senyawa	kg/j
4	$H_2O$	1.398,59	7	$H_2O$	1.322,26
	$C_3H_5(OH)_3$	559,79	8	$H_2O$	76,34
		$C_3H_5(OH)_3$		559,79	
Jumlah		1.958,39	Jumlah		1.958,39

### 3.3. Neraca Massa *Flash Tank* (D-127)



Fungsi : untuk memisahkan asam lemak dengan uap air

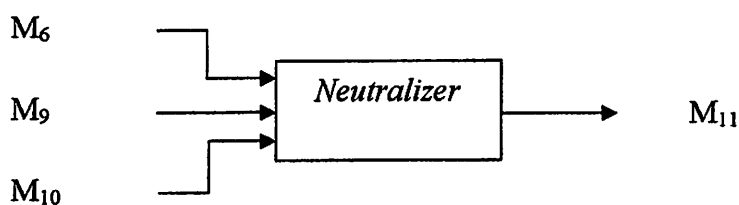
Kondisi operasi :

- Temperatur 158,81 °C
- Tekanan 7 atm.

Neraca massa pada *Flash Tank* (D-127)

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	kg/j	Arus	Senyawa	kg/j
3	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	35,62	6	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	35,62
	$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	15,27		$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	15,27
	$C_{16}H_{31}O_2H$	3.360,09		$C_{16}H_{31}O_2H$	3.360,09
	$C_{18}H_{33}O_2H$	1.446,32		$C_{18}H_{33}O_2H$	1.446,32
	$H_2O$	817,09		$H_2O$	81,71
			5	$H_2O$	735,38
Jumlah		5.674,39	Jumlah		5.674,39

### 3.4. Neraca Massa Reaktor– *Neutralizer* (R-120)



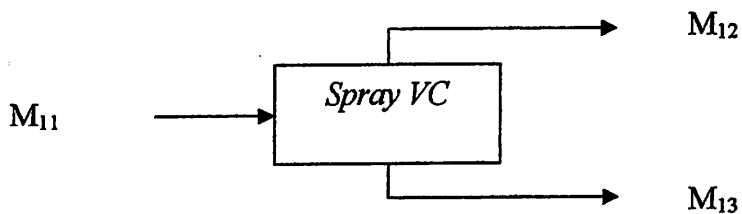
Fungsi : untuk menetralkan asam-asam dengan menambahkan natrium hidroksida dan pembentukan sabun.

Kondisi operasi :

- Temperatur 90 °C
- Tekanan 1 atm.

Neraca massa pada Reaktor – *Neutralizer* (R-120)

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	kg/j	Arus	Senyawa	kg/j
6	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	35,62	11	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	35,62
	$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	15,27		$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	15,27
	$C_{16}H_{31}O_2H$	3.360,09		$NaOOC_{16}H_{31}$	3.612,36
	$C_{18}H_{33}O_2H$	1.446,32		$NaOOC_{18}H_{33}$	1.543,57
	$H_2O$	81,71		$H_2O$	1.574,37
9	$NaCl$	49,39	$NaCl$	49,39	
	$H_2O$	444,51	$C_{16}H_{31}O_2H$	33,60	
10	$NaOH$	722,86	$C_{18}H_{33}O_2H$	14,46	
	$H_2O$	722,86			
Jumlah		6.878,63	Jumlah		6.878,63

3.5. Neraca Massa *Spray Vacuum Chamber* (D-130)

Fungsi : untuk mengurangi kadar air di dalam sabun

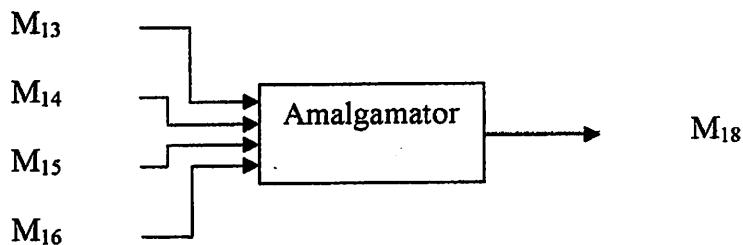
Kondisi operasi :

- Temperatur 37,409 °C
- Tekanan *vacuum*.

Neraca massa pada *Spray Vacuum Chamber* (D-130)

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	Kg/j	Arus	Senyawa	Kg/j
11	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	35,62	13	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	35,62
	$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	15,27		$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	15,27
	$NaOOC_{16}H_{31}$	3.612,36		$NaOOC_{16}H_{31}$	3.612,36
	$NaOOC_{18}H_{33}$	1.543,57		$NaOOC_{18}H_{33}$	1.543,57
	$H_2O$	1.574,37		$H_2O$	589,36
	$NaCl$	49,39		$NaCl$	49,39
	$C_{16}H_{31}O_2H$	33,60		$C_{16}H_{31}O_2H$	33,60
	$C_{18}H_{33}O_2H$	14,46		$C_{18}H_{33}O_2H$	14,46
			12	$H_2O$	985,01
	Jumlah	6.878,63		Jumlah	6.878,63

## 3.6. Neraca Massa Amalgamator (P-137 A)



Fungsi : untuk mencampurkan sabun dengan zat-zat additif

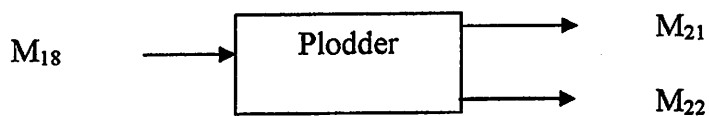
Kondisi operasi :

- Temperatur 38,459 °C
- Tekanan 1 atm.

## Neraca massa pada Amalgamator (P-137 A)

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	Kg/j	Arus	Senyawa	Kg/j
13	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	35,62	18	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	35,62
	$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	15,27		$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	15,27
	$NaOOC_{16}H_{31}$	3.612,36		$NaOOC_{16}H_{31}$	3.612,36
	$NaOOC_{18}H_{33}$	1.543,57		$NaOOC_{18}H_{33}$	1.543,57
	$H_2O$	589,36		$H_2O$	638,87
	$NaCl$	49,39		$NaCl$	49,39
	$C_{16}H_{31}O_2H$	33,60		$C_{16}H_{31}O_2H$	33,60
	$C_{18}H_{33}O_2H$	14,46		$C_{18}H_{33}O_2H$	14,46
14	$C_3H_5(OH)_3$	363,05		$C_3H_5(OH)_3$	363,05
15	Pewangi	64,83		Pewangi	64,83
16	EDTA	5,89		EDTA	5,89
	Jumlah	6.376,90		Jumlah	6.376,90

## 3.7. Neraca Massa Plodder (P-137 B)



Fungsi : untuk memadatkan sabun sebagai persiapan pencetakan.

Kondisi operasi :

- Temperatur 38,459 °C
- Tekanan 1 atm.

## Neraca massa pada Plodder (P-137 B)

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	Kg/j	Arus	Senyawa	Kg/j
18	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	35,62	21	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	35,26
	$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	15,27		$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	15,11
	$NaOOC_{16}H_{31}$	3.612,36		$NaOOC_{16}H_{31}$	3.576,23
	$NaOOC_{18}H_{33}$	1.543,57		$NaOOC_{18}H_{33}$	1.528,13
	$H_2O$	638,87		$H_2O$	632,48
	$NaCl$	49,39		$NaCl$	48,90
	$C_{16}H_{31}O_2H$	33,60		$C_{16}H_{31}O_2H$	33,26
	$C_{18}H_{33}O_2H$	14,46		$C_{18}H_{33}O_2H$	14,32
	$C_3H_5(OH)_3$	363,05		$C_3H_5(OH)_3$	359,42
	Pewangi	64,83		Pewangi	64,18
	EDTA	5,89		EDTA	5,83
			22	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	0,36
				$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	0,15
				$NaOOC_{16}H_{31}$	36,12
				$NaOOC_{18}H_{33}$	15,44
				$H_2O$	6,39
				$NaCl$	0,49
				$C_{16}H_{31}O_2H$	0,34
				$C_{18}H_{33}O_2H$	0,14
				$C_3H_5(OH)_3$	3,63
				Pewangi	0,65
				EDTA	0,06
	Jumlah	6.376,90		Jumlah	6.376,90



## NERACA MASSA TOTAL

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	Kg/j	Arus	Senyawa	Kg/j
1	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	3.561,96	5	H <sub>2</sub> O	735,38
	$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	1.526,55	7	H <sub>2</sub> O	1.322,26
10	NaOH	722,86	12	H <sub>2</sub> O	985,01
	H <sub>2</sub> O	722,86	17	$C_3H_5(OH)_3$	196,75
15	Pewangi	64,83		H <sub>2</sub> O	26,83
16	EDTA	5,89	21	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	35,26
19	NaCl	49,39		$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	15,11
23	H <sub>2</sub> O	2.988,77		NaOOC <sub>16</sub> H <sub>31</sub>	3.576,23
				NaOOC <sub>18</sub> H <sub>33</sub>	1.528,13
				H <sub>2</sub> O	632,48
				NaCl	48,90
				$C_{16}H_{31}O_2H$	33,26
				$C_{18}H_{33}O_2H$	14,32
				$C_3H_5(OH)_3$	359,42
				Pewangi	64,18
			EDTA	5,83	
				$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	0,15
				NaOOC <sub>16</sub> H <sub>31</sub>	36,12
				NaOOC <sub>18</sub> H <sub>33</sub>	15,44
				H <sub>2</sub> O	6,39
				NaCl	0,49
				$C_{16}H_{31}O_2H$	0,34
				$C_{18}H_{33}O_2H$	0,14
				$C_3H_5(OH)_3$	3,63
				Pewangi	0,65
				EDTA	0,06
	Jumlah	9.643,12		Jumlah	9.643,12

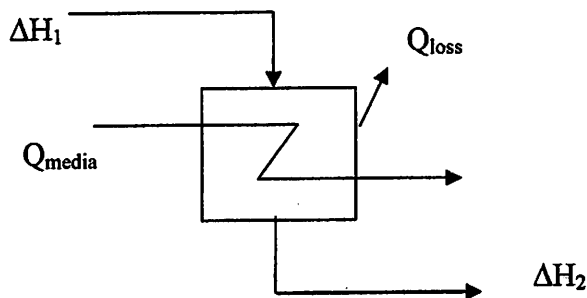
## BAB IV

### NERACA PANAS

Pabrik	:	Sabun
Waktu Operasi	:	330 Hari/Tahun
	:	24 Jam/Hari
Kapasitas Produksi	:	50.000 Ton/Tahun
	:	$\frac{50.000 \text{ Ton}}{\text{Tahun}} \times \frac{1.000 \text{ Kg}}{\text{Ton}} \times \frac{1 \text{ Tahun}}{330 \text{ Hari}} \times \frac{1 \text{ Hari}}{24 \text{ Jam}}$
	:	6.313.13 kg/Jam
Suhu Referensi	:	25 °C = 298,15 K

#### 4.1 Melter (E-113)

Fungsi : Melelehkan RBDPS dari 30°C sampai dengan 67°C.



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_{\text{media}} = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$$

- Dimana :
- $\Delta H_1$  = Panas dalam *feed*
  - $\Delta H_2$  = Panas dalam produk
  - $Q_{\text{media}}$  = Panas dari media pemanas
  - $Q_{\text{loss}}$  = Panas hilang

$$\Delta H_1 = \sum m_i \int_{T_R}^{T_1} C_p dT$$

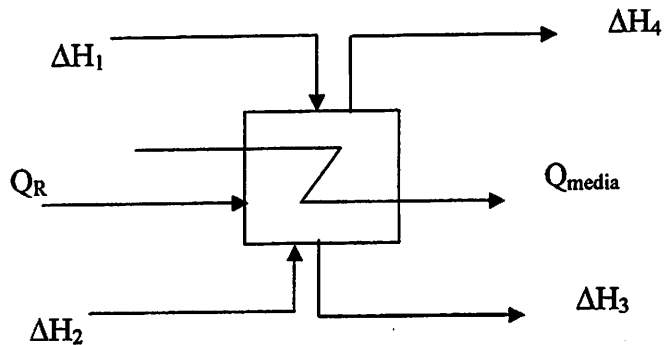
$$\Delta H_1 + Q_{\text{media}} = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$$

### Neraca Panas Melter

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	70.140,53	$\Delta H_2$	1.714.833,65
$Q_{\text{media}}$	1.687.563,95	$Q_{\text{loss}}$	42.870,84
Jumlah	1.757.704,49	Jumlah	1.757.704,49

### 4.2 Hydrolyzer (R-110)

Fungsi : Mereaksikan RBDPS dengan air membentuk asam lemak dan gliserol



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_R + \Delta H_2 = Q_{\text{media}} + \Delta H_3 + \Delta H_4$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan air

$\Delta H_2$  = Panas dalam umpan RBDPS

$\Delta H_3$  = Panas dalam produk gliserol

$\Delta H_4$  = Panas dalam produk asam lemak

$Q_R$  = panas timbul karena reaksi

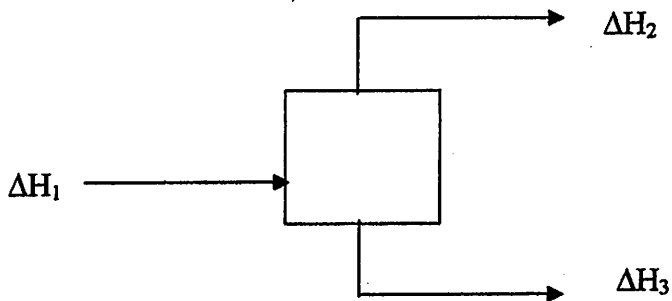
$Q_{\text{media}}$  = Panas dibuang ke pendingin

### Neraca Panas Hydrolizer

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	2.023.391,35	$\Delta H_3$	1.722.967,67
$\Delta H_2$	2.716.592,23	$\Delta H_4$	3.650.815,89
$Q_R$	951.774,58	$Q_{\text{media}}$	317.974,59
Jumlah	5.691.758,16	Jumlah	5.691.758,16

### 4.3 Flash Tank (D-112)

Fungsi : Memisahkan uap air dari asam lemak.



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam *feed*

$\Delta H_2$  = Panas produk uap air

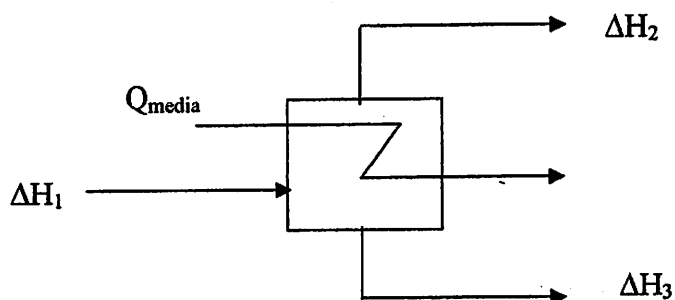
$\Delta H_3$  = Panas produk asam lemak

#### Neraca Panas Flash Tank

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	3.650.815,89	$\Delta H_2$	1.913.475,82
		$\Delta H_3$	1.737.340,07
Jumlah	3.650.815,89	Jumlah	3.650.815,89

### 4.4 Evaporator (V-125)

Fungsi : Menguapkan air dari produk gliserol keluar hydrolyzer



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_{media} = \Delta H_2 + \Delta H_3$$

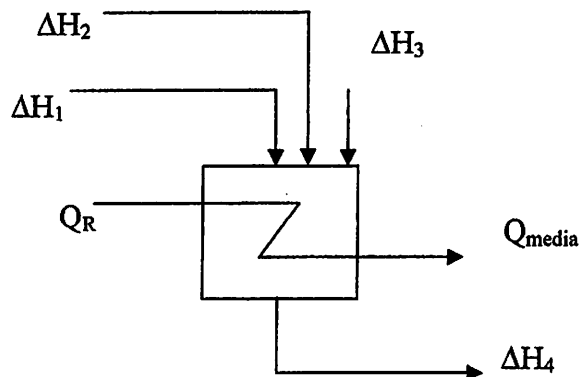
Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam *feed*  
 $\Delta H_2$  = Panas produk uap air  
 $\Delta H_3$  = Panas produk asam lemak  
 $Q_{media}$  = Panas dari media pemanas

### Neraca Panas Evaporator

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	1.722.967,67	$\Delta H_2$	3.335.860,52
$Q_{media}$	1.756.816,16	$\Delta H_3$	143.923,31
Jumlah	3.479.783,83	Jumlah	3.479.783,83

### 4.5 Reaktor- Neutralizer (N-120)

Fungsi : mereaksikan asam lemak dengan sodium hidroksida membentuk sabun



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + Q_R = Q_{media} + \Delta H_4$$

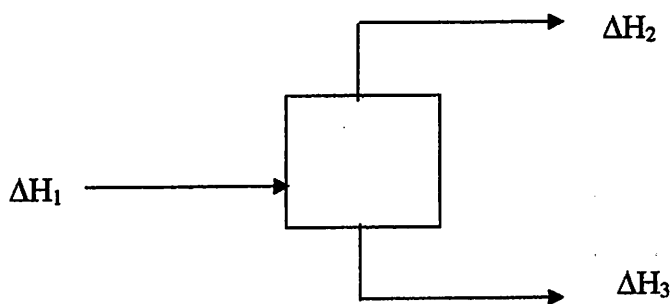
Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan asam lemak  
 $\Delta H_2$  = Panas dalam umpan sodium hidroksida  
 $\Delta H_3$  = Panas dalam umpan sodium klorida  
 $\Delta H_4$  = Panas dalam produk sabun  
 $Q_R$  = panas timbul karena reaksi  
 $Q_{media}$  = Panas dibuang ke pendingin

### Neraca Panas Mixer-Neutralizer

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	479.827,08	$\Delta H_4$	1.263.551,68
$\Delta H_2$	23.744,15	$Q_{media}$	821.031,51
$\Delta H_3$	10.353,07		
$Q_R$	1.570.658,88		
Jumlah	2.084.583,19	Jumlah	2.084.583,19

### 4.6 Spray Vacuum Chamber (P-128 A)

Fungsi : Mengeringkan sabun keluar dari Reaktor-Neutralizer.



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$$

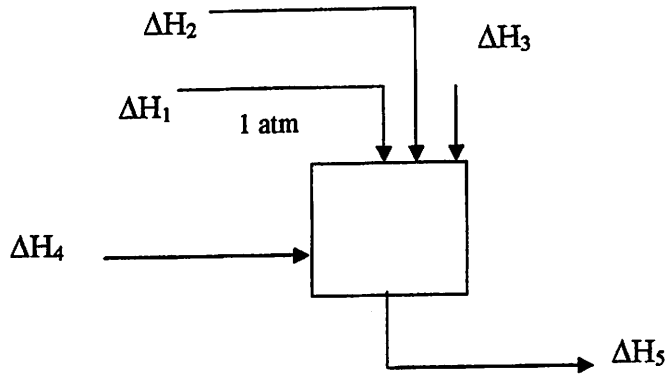
Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam *feed*  
 $\Delta H_2$  = Panas produk uap air  
 $\Delta H_3$  = Panas produk sabun

### Neraca Panas Spray Vacuum Chamber

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	2.566.472,16	$\Delta H_2$	2.361.628,79
		$\Delta H_3$	203.297,24
Jumlah	2.566.472,16	Jumlah	2.564.926,03

### 4.7 Amalgamator (P-128 C)

Fungsi : Mencampur sabun dengan aditif gliserol, EDTA, dan parfum.



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 = \Delta H_5$$

Dimana :

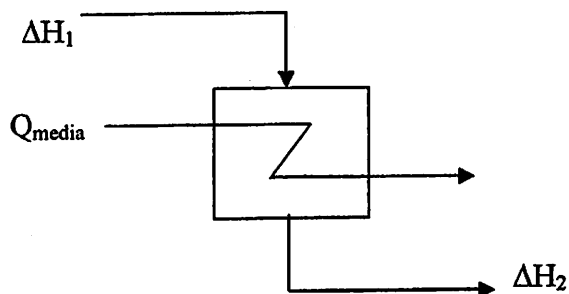
- $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan sabun
- $\Delta H_2$  = Panas dalam umpan gliserol
- $\Delta H_3$  = Panas dalam umpan EDTA
- $\Delta H_4$  = Panas dalam umpan parfum
- $\Delta H_5$  = Panas dalam produk

**Neraca Panas Amalgamator**

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	204.843,37	$\Delta H_4$	222.119,02
$\Delta H_2$	16.300,79		-
$\Delta H_3$	81,24		
$\Delta H_4$	893,62		
Jumlah	222.119,02	Jumlah	222.119,02

**4.8 Heater (E-115 B)**

Fungsi : memanaskan air umpan Hydrolyzer dari 30°C menjadi 210°C



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_{\text{media}} = \Delta H_2$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan

$\Delta H_2$  = Panas dalam produk

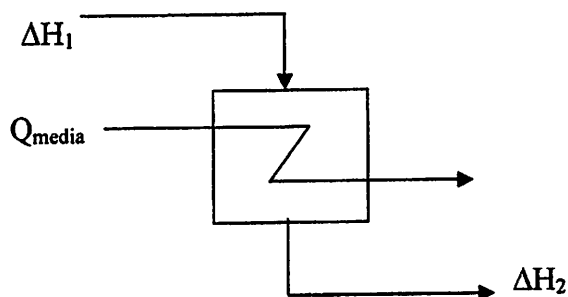
$Q_{\text{media}}$  = Panas dimasukkan dari pemanas

#### Neraca Panas Heater

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	54.968,55	$\Delta H_2$	2.023.391,35
$Q_{\text{media}}$	1.968.422,80		
Jumlah	2.023.391,35	Jumlah	2.023.391,35

#### 4.9 Heater (E-115 A)

Fungsi : memanaskan RBDPS umpan Hydrolyzer dari 67°C menjadi 210°C



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_{\text{media}} = \Delta H_2$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan

$\Delta H_2$  = Panas dalam produk

$Q_{\text{media}}$  = Panas dimasukkan dari pemanas

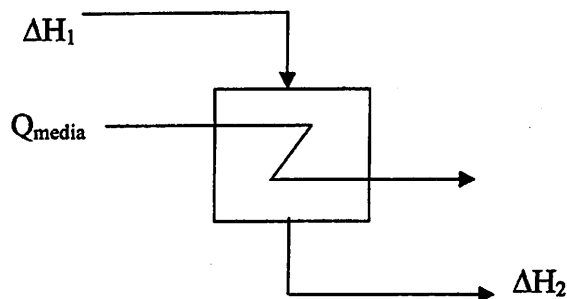


### Neraca Panas Heater

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	1.714.833,65	$\Delta H_2$	2.716.592,23
$Q_{media}$	1.001.758,59		
Jumlah	2.716.592,23	Jumlah	2.716.592,23

#### 4.10 Heater (E-115 C)

Fungsi : memanaskan sabun umpan Vacuum Spray chamber dari 90°C menjadi 155°C



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_{media} = \Delta H_2$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan

$\Delta H_2$  = Panas dalam produk

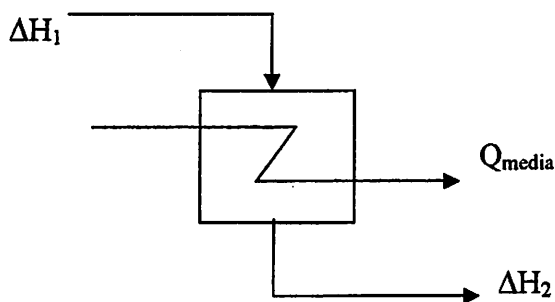
$Q_{media}$  = Panas dimasukkan dari pemanas

### Neraca Panas Heater

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	1.263.551,68	$\Delta H_2$	2.566.472,16
$Q_{media}$	1.302.920,48		
Jumlah	2.566.472,16	Jumlah	2.566.472,16

#### 4.11 Cooler (E-124 A)

Fungsi : Mendinginkan produk keluar flash tank dari 165,2°C menjadi 65°C.



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_{\text{media}} = \Delta H_2$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan

$\Delta H_2$  = Panas dalam produk

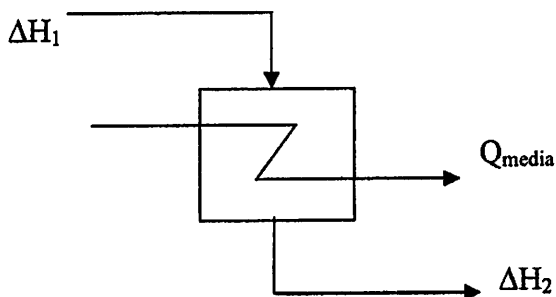
$Q_{\text{media}}$  = Panas dibuang ke pendingin

#### Neraca Panas Cooler

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	1.737.340,07	$\Delta H_2$	479.827,08
		$Q_{\text{media}}$	1.257.512,99
Jumlah	1.737.340,07	Jumlah	1.737.340,07

#### 4.12 Cooler (E-124 B)

Fungsi : Mendinginkan produk keluar evaporator dari 110°C menjadi 40°C



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_{\text{media}} = \Delta H_2$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan

$\Delta H_2$  = Panas dalam produk

$Q_{\text{media}}$  = Panas dibuang ke pendingin

**Neraca Panas Cooler**

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	143.923,31	$\Delta H_2$	25.134,70
		$Q_{media}$	118.788,61
Jumlah	143.923,31	Jumlah	143.923,31

## BAB V

### SPESIFIKASI PERALATAN

#### 5.1 Gudang RBDPS (F-111)

- Kapasitas : 12.551,9 m<sup>3</sup>
- Dimensi
  - Panjang : 63 m
  - Lebar : 30 m
  - Tinggi tumpukan : 5 m
- Jumlah : 1 buah

#### 5.2 Screw Conveyor (J-112)

- Fungsi : Memindahkan RBDPS dari gudang (F-111) ke Melter (M-113)
- Dimensi
  - Panjang screw : 10 ft
  - Diameter screw : 0,333 ft
- Kecepatan maks : 220 rpm
- Power motor : 0,5 hp
- Bahan : carbon steel
- Jumlah : 2 buah

#### 5.3 Melter (M-113)

- Fungsi : Untuk melelehkan RBDPS
- Type : silinder tegak, tutup atas = tutup bawah berbentuk dished head
- Kapasitas : 62,08 ft<sup>3</sup>
- Dimensi
  - Diameter dalam (di) : 53,6250 in
  - Tebal tutup atas (tha) : 3/16 in
  - Tebal tutup bawah (thb) : 3/16 in
  - Tebal Silinder (ts) : 3/16 in
  - Tinggi tutup atas, bawah : 9,704 in
  - Tinggi (H) : 62,5983 in
- Bahan Konstruksi : Carbon steel SA 240 Grade M Type 316

- Jumlah : 1 buah
- Power motor : 2 hp

#### 5.4 Pompa (L-114 A)

- Fungsi : mengalirkan RBDPS dari Melter (M-113) ke Hydrolyzer (R-110)
- Type : Multistage centrifugal pump
- Kondisi operasi
  - Suhu : 67 °C
  - Tekanan masuk : 1 atm
  - Tekanan keluar : 41 atm
  - Kapasitas : 6,71 m<sup>3</sup>/jam
  - Head : 456 m
  - Daya motor : 50 hp
- Jumlah : 2 buah

#### 5.5 Heater (E-115 A)

- Fungsi : memanaskan umpan RBDPS sebelum masuk hydrolyzer
- Type : *double pipe heat exchanger*
- Luas transfer panas : 58,688 ft<sup>2</sup>
- Panjang : 8 ft
- Jumlah pipa : 8
- Bahan Konstruksi : Carbon steel
- Jumlah : 2 buah
- Kapasitas : 5593,13 lb/jam
- Steam digunakan : 1248,4419 lb/jam
- Ukuran DPHE : 3/4 in x 1/4 in

##### Bagian annulus :

Luasan aliran di annulus ( $a_{an}$ )	: 2,73E-03 ft <sup>2</sup>
Diameter perpindahan panas ( $d_e$ )	: 0,167 ft
Diameter penurunan tekanan ( $d_e'$ )	: 0,0417 ft

##### Bagian pipa :

Luasan aliran di pipa ( $a_p$ )	: 0,051 ft <sup>2</sup>
Diameter dalam ( $d_i$ )	: 0,256 ft
Luas permukaan luar per panjang ( $a''$ )	: 0,917 ft <sup>2</sup> /ft

### 5.6 Gudang NaCl (F-121)

- Fungsi : menyimpan NaCl selama 4 minggu
- Kapasitas : 204,361 m<sup>3</sup>
- Dimensi
  - Panjang : 14 m
  - Lebar : 5 m
  - Jumlah : 1 buah

### 5.7 Belt Conveyor (J-122)

- Fungsi : Memindahkan NaCl dari gudang (F-121) ke Melter (M-123)
- Tipe : belt conveyor continuous closed
- Dimensi
  - Panjang belt : 47,23 ft
  - Lebar belt : 1,167 ft
- Kecepatan : 0,21 rpm
- Power motor : 0,5 hp
- Jumlah : 2 buah

### 5.8 Tangki Pengencer NaCl (M-123)

- Type: Silinder tegak dengan tutup bawah = tutup atas berbentuk standard dished dan dilengkapi pengaduk
- Dimensi vessel
  - Diameter luar (do) : 24 in
  - Diameter dalam (di) : 23,6264 in
  - Tinggi tangki (H) : 27,17 in
- Bahan : carbon steel SA 240 Grade M Type 316
- Jumlah : 1 buah
- Jenis pengaduk : 6 blades turbine
- Dimensi pengaduk :
  - Diameter impeller (Di) : 6,022 in
  - Tinggi Impeller dari dasar tangki (Zi) : 6,022 in
  - Panjang Impeler (L) : 1,5039 in
  - Lebar Impeler (W) : 1,8071 in
- Bahan Carbon steel, SA 240 grade M type 316

- Jumlah : 2 buah

### 5.9 Pompa NaCl (L-124 A)

- Type : Single stage centrifugal pump
- Daya pompa : 0,5 hp
- Kondisi operasi
  - Suhu : 30 °C
  - Tekanan masuk : 1 atm
  - Tekanan keluar : 1 atm
- Kapasitas : 0,59 m<sup>3</sup>/jam
- Head : 3,22 m
- Jumlah : 2 buah

### 5.10 Pompa Air (L-114 B)

- Fungsi : mengalirkan H<sub>2</sub>O menuju Heater (E-115 B)
- Type : Multistage centrifugal pump
- Kondisi operasi
  - Suhu : 30 °C
  - Tekanan masuk : 1 atm
  - Tekanan keluar : 41 atm
  - Kapasitas : 6,71 m<sup>3</sup>/jam
  - Head : 456 m
  - Daya motor : 50 hp
- Jumlah : 2 buah

### 5.11 Heater (E-115 B)

- Fungsi : memanaskan umpan H<sub>2</sub>O sebelum masuk hydrolyzer
- Type : *double pipe heat exchanger*
- Luas transfer panas : 58,688 ft<sup>2</sup>
- Panjang : 8 ft
- Jumlah pipa : 8
- Bahan Konstruksi : Carbon steel
- Jumlah : 2 buah
- Kapasitas : 5593,13 lb/jam
- Steam yang digunakan : 2453,147435 lb/jam

- Ukuran DPHE : 3/4 in x 1/4 in

Bagian annulus :

- Luasan aliran di annulus ( $a_{an}$ ) : 2,04E-02 ft<sup>2</sup>
- Diameter perpindahan panas ( $d_e$ ) : 0,625 ft
- Diameter penurunan tekanan ( $d_e'$ ) : 0,1250 ft

Bagian pipa :

- Luasan aliran di pipa ( $a_p$ ) : 0,051 ft<sup>2</sup>
- Diameter dalam ( $d_i$ ) : 0,256 ft
- Luas permukaan luar per panjang ( $a''$ ) : 0,917 ft<sup>2</sup>/ft

### 5.12 Reaktor *Hydrolyzer* (R-110)

Lihat Bab VI Perancangan Alat Utama yang disusun oleh AHMAD KHUZAINI

### 5.13 *Flash Tank* (D-127)

- Fungsi : memisahkan uap air dari asam lemak
- Tipe : silinder tegak dengan tutup atas dan bawah standard dished head
- Kondisi operasi
  - Suhu : 158,81 °C
  - Tekanan : 7 atm
- Dimensi
  - Diameter : 24 in
  - Tinggi : 114,96 in
  - Tinggi lubang feed : 91 in
  - Tebal shell : 1/4 in

### 5.14 Kondensor (E – 128 A)

- Fungsi : Untuk mengembunkan uap air dari flash tank (D-127) dengan menggunakan air injeksi secara kontak langsung dengan tutup atas berbentuk standard dish head dan tutup bawah conical dengan alpha 60 °.
- Bahan : Carbon stell SA-240 grade M type 316
- Dimensi
  - Diameter dalam ( $d_i$ ) : 19,4694 in
  - Tebal Tutup Atas ( $t_{ha}$ ) : 3/16 in
  - Tebal Tutup Bawah ( $t_{hb}$ ) : 3/16 in



Tebal Silinder (ts) :  $\frac{3}{16}$  in

- Jumlah kondensor 1 buah

### 5.15 Cooler (E-129)

- Fungsi : mendinginkan asam lemak yang keluar dari *flash tank* (D-127) sebelum masuk ke Reaktor *Neutralizer* (R-120).
- Type : *double pipe heat exchanger*
- Luas transfer panas : 58,688 ft<sup>2</sup>
- Panjang : 16 ft
- Jumlah pipa : 4
- Bahan Konstruksi : Carbon steel
- Jumlah : 2 buah
- Kapasitas : 4935,2680 kg/jam
- Air digunakan : 20051,4 kg/jam
- Ukuran DPHE :  $\frac{3}{4}$  in x  $\frac{1}{4}$  in

#### Bagian annulus :

Luasan aliran di annulus ( $a_{an}$ ) : 0,008 ft<sup>2</sup>  
 Diameter perpindahan panas ( $d_e$ ) : 0,077 ft  
 Diameter penurunan tekanan ( $d_e'$ ) : 0,0342 ft

#### Bagian pipa :

Luasan aliran di pipa ( $a_p$ ) : 0,010 ft<sup>2</sup>  
 Diameter dalam ( $d_i$ ) : 0,115 ft  
 Luas permukaan luar per panjang ( $a''$ ) : 0,917 ft<sup>2</sup>/ft

### 5.16 Evaporator (V – 132)

- Tipe : Single Effect Evaporator
- Fungsi : Menguapkan air pada larutan gliserol
- Bahan : Stainless stell SA-240 grade M type 316
- Dimensi
  - Diameter Luar ( $D_o$ ) : 38 in
  - Diameter Dalam ( $D_i$ ) : 37,5 in
  - Tebal Tutup Atas ( $t_{ha}$ ) :  $\frac{3}{16}$  in
  - Tebal Tutup Bawah ( $t_{hb}$ ) :  $\frac{3}{16}$  in
  - Tebal Silinder (ts) :  $\frac{3}{16}$  in

Tinggi evaporator (H) : 76,1094 in

Susunan tube : segitiga

- Jumlah evaporator : 1 buah

#### 5.17 Kondensor (E – 128 B)

- Fungsi : Untuk mengembunkan uap air dari evaporator (V-132) dengan menggunakan air injeksi secara kontak langsung dengan tutup atas berbentuk standard dish head dan tutup bawah conical dengan alpha 60 °.

- Bahan : Carbon stell SA-240 grade M type 316

- Dimensi

Diameter Dalam (Di) : 23,6286 in

Tebal Tutup Atas (tha) :  $\frac{3}{16}$  in

Tebal Tutup Bawah (thb) :  $\frac{3}{16}$  in

Tebal Silinder (ts) :  $\frac{3}{16}$  in

- Jumlah kondensor : 1 buah

#### 5.18 Pompa (L-131 A)

- Fungsi : Untuk memompa gliserol dari evaporator (V-132) menuju amalgamator (P-137 A) dan tangki gliserol (F-135 D).

- Type : single stage centrifugal pump

- Daya pompa : 0,5 Hp

- Kapasitas : 0,76 m<sup>3</sup>/jam

- Bahan : Carbon steel

- Jumlah : 2 buah

#### 5.19 Cooler (E-133)

- Fungsi : mendinginkan gliserol yang keluar dari *evaporator* (V-132).

- Type : *double pipe heat exchanger*

- Luas transfer panas : 14,672 ft<sup>2</sup>

- Panjang : 16 ft

- Jumlah pipa : 1

- Bahan Konstruksi : Carbon steel

- Jumlah : 2 buah

- Kapasitas : 635,6481 kg/jam

- Air yang digunakan : 1894,1 kg/jam

- Ukuran DPHE : 3/4 in x 1/4 in

Bagian annulus :

Luasan aliran di annulus ( $a_{an}$ )	: 0,008 ft <sup>2</sup>
Diameter perpindahan panas ( $d_e$ )	: 0,077 ft
Diameter penurunan tekanan ( $d_e'$ )	: 0,0342 ft

Bagian pipa :

Luasan aliran di pipa ( $a_p$ )	: 0,010 ft <sup>2</sup>
Diameter dalam ( $d_i$ )	: 0,115 ft
Luas permukaan luar per panjang ( $a''$ )	: 0,917 ft <sup>2</sup> /ft

### 5.20 Tangki NaOH (F-125)

- Fungsi : menyimpan bahan baku NaOH selama 4 minggu
- Tipe : silinder tegak dengan atap kerucut
- Kondisi operasi
  - Suhu : 30 °C
  - Tekanan : 1 atm
- Bahan konstruksi : stainless stell
- Dimensi
  - Diameter : 50 ft
  - Tinggi silinder : 18 ft
  - Tebal silinder :  $\frac{3}{16}$  in

### 5.21 Pompa (L-124 B)

- Fungsi : Untuk memompa NaOH menuju *Neutralizer* (R-120)
- Type : single stage centrifugal pump
- Daya pompa : 0,5 Hp
- Kapasitas : 1,17 m<sup>3</sup>/jam
- Head : 1,87 m
- Jumlah : 2 buah

### 5.22 Reaktor *Neutralizer* (R-120)

Lihat Bab VI Perancangan Alat Utama yang disusun oleh SOLEKAH

### 5.23 Pompa (L-131B)

- Fungsi : memompa sabun dari *Neutralizer* (R-120) menuju *heater* (E-134)
- Type : single stage centrifugal pump

- Daya pompa : 0,5 hp
- Kapasitas : 8,06 m<sup>3</sup>/jam
- Head : 1,81 m
- Jumlah : 2 buah

#### 5.24 Heater (E-134)

- Fungsi : memanaskan sabun yang keluar dari *neutralizer* (R-120) sebelum masuk *spray vacuum chamber* (D-130).
- Type : *double pipe heat exchanger*
- Luas transfer panas : 36,68 ft<sup>2</sup>
- Panjang : 8 ft
- Jumlah pipa : 5
- Bahan Konstruksi : Carbon steel
- Jumlah : 2 buah
- Kapasitas : 15153,65 lb/jam
- Steam digunakan : 1628,228796 lb/jam
- Ukuran DPHE : 3/4 in x 1/4 in

##### Bagian annulus :

- Luasan aliran di annulus ( $a_{an}$ ) : 2,04E-02 ft<sup>2</sup>
- Diameter perpindahan panas ( $d_e$ ) : 0,625 ft
- Diameter penurunan tekanan ( $d_e'$ ) : 0,1250 ft

##### Bagian pipa :

- Luasan aliran di pipa ( $a_p$ ) : 0,051 ft<sup>2</sup>
- Diameter dalam ( $d_i$ ) : 0,256 ft
- Luas permukaan luar per panjang ( $a''$ ) : 0,917 ft<sup>2</sup>/ft

#### 5.25 Spray Vacuum Chamber (D – 130)

- Fungsi : Menguapkan air yang masih terkandung di dalam sabun
- Tipe : silinder tegak, tutup atas standard dished head dan tutup bawah conical
- Bahan : Stainless stell AISI 304 (Soaptech, 2012)
- Dimensi
  - Diameter Luar ( $D_o$ ) : 78 in
  - Diameter Dalam ( $D_i$ ) : 77 in
  - Tebal Tutup Atas ( $t_{ha}$ ) : 1/4 in

Tebal Tutup Bawah (thb)	: $\frac{1}{4}$ in
Tebal Silinder (ts)	: $\frac{1}{2}$ in
Tinggi (H)	: 291,9222 in

### 5.26 Kondensor (E – 138)

- Fungsi : Untuk mengembunkan uap air dari spray vacuum chamber dengan menggunakan air injeksi secara kontak langsung
- Bahan : Carbon stell SA-240 grade M type 316
- Dimensi
 

Diameter Luar (Do)	: 21,8881 in
Diameter Dalam (Di)	: 21,5133 in
Tebal Tutup Atas (tha)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal Tutup Bawah (thb)	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal Silinder (ts)	: $\frac{3}{16}$ in
- Jumlah kondensor : 1 buah

### 5.27 Jet Ejector (G-139)

- Fungsi : Untuk membuat vakum *spray vacuum chamber* (D-130)
- Bahan : Carbon stell SA-240 grade M type 316
- Pa/Pob : 2,6153
- Pob/Poa : 0,0813
- Po/Pob : 5
- $A_2/A_1$  : 17
- $W_b/W_a$  : 0,18
- Steam yang dipakai : 6,3960 lb/jam
- Jumlah Jet Ejector : 1 buah

### 5.28 Tanki EDTA (F-135 A)

- Fungsi : menyimpan bahan pembantu EDTA selama 4 minggu
- Tipe : silinder tegak dengan tutup kerucut
- Kondisi operasi
 

Suhu	: 30 °C
Tekanan	: 1 atm
- Bahan konstruksi : stainless stell
- Dimensi

Diameter	: 4,9035 ft
Tinggi silinder	: 4,9035 ft
Tebal silinder	: $\frac{3}{16}$ in

### 5.29 Tangki Parfum (F-135 B)

- Fungsi : menyimpan bahan pembantu parfum selama 4 minggu
- Tipe : silinder tegak dengan tutup kerucut
- Kondisi operasi :
  - Suhu : 30 °C
  - Tekanan : 1 atm
- Bahan konstruksi : stainless stell
- Dimensi
  - Diameter : 10 ft
  - Tinggi silinder : 12 ft
  - Tebal silinder :  $\frac{3}{16}$  in

### 5.30 Pompa (L-131 D)

- Fungsi : Untuk memompa EDTA ke amalgamator (P-137 A)
- Type : single stage centrifugal pump
- Daya pompa : 0,5 hp
- Kapasitas : 0,01 m<sup>3</sup>/jam
- Head : 1 m
- Jumlah : 2 buah

### 5.31 Pompa (L-131 E)

- Fungsi : Untuk memompa parfum ke amalgamator (P-137 A)
- Type : single stage centrifugal pump
- Daya pompa : 0,5 hp
- Kapasitas : 0,08 m<sup>3</sup>/jam
- Head : 1,17 m
- Jumlah : 2 buah

### 5.32 Screw Conveyor (J-136 A)

- Fungsi : Memindahkan sabun yang berupa pellet dari *spray vacuum chamber* (D-130) ke amalgamator (P-137 A)
- Dimensi

- Panjang screw : 10 ft
- Diameter screw : 0,333 ft
- Kecepatan maks : 220 rpm
- Power motor : 0,5 hp
- Bahan : carbon steel
- Jumlah : 1 buah

### 5.33 Amalgamator (P-137 A)

- Tipe : NHJ 750 dan NHJ 1200
- Produktifitas : 750 dan 1200 kg/siklus
- Tenaga : 37 x 2 dan 55 x 2 kW

### 5.34 Screw Conveyor (J-136 A)

- Fungsi : Memindahkan sabun yang berupa pellet dari amalgamator (P-137 A) menuju plodder (P-137 B)
- Dimensi
  - Panjang screw : 10 ft
  - Diameter screw : 0,333 ft
- Kecepatan maks : 220 rpm
- Power motor : 0,5 hp
- Bahan : carbon steel
- Jumlah : 1 buah

### 5.35 Plodder (P-137 B)

- Tipe : Sela Z 400
- Worm : twin worm
- Diameter screw : 400 mm
- Daya motor : 90 kW
- Kapasitas : 7000 kg / jam

### 5.36 Cutter (P-137 C)

- Tipe : Rico HV
- Dimensi sabun
  - Lebar : 5 cm
  - Panjang : 8 cm
  - Tebal : 2 cm

- Kapasitas produksi : 6313,8385 kg/jam

### 5.37 Gudang (F-135 C)

- Fungsi : Untuk menyimpan produk sabun padat
- Bahan : Beton
- Dimensi
  - Panjang : 70 m
  - Lebar : 40 m
  - Tinggi : 275,59 in
- Jumlah : 1 buah

### 5.38 Tangki Gliserol (F-135 C)

- Perancangan sama dengan tangki NaOH



## **BAB VI**

### **PERANCANGAN ALAT UTAMA**

Nama : Solekah  
Nim : 10 149 02  
Nama alat : Mixer Neutralizer  
Fungsi : Mereaksikan asam lemak dengan sodium hidoksida menjadi sabun  
Kode alat : R-120  
Tipe : Continuous Stirred Tank Reactor

#### **Prinsip Kerja**

Asam lemak dengan sodium hidoksida bereaksi menjadi sabun dengan reaksi netralisasi. Reaksi netralisasi berjalan sangat cepat sehingga yang mengontrol adalah pengadukan. Panas reaksi dibuang melalui pendingin yang dialirkan dalam jaket.

#### **Kondisi Operasi**

Suhu reaksi = 90°C  
Tekanan reaksi = 1 atm  
Waktu operasi = 15 menit  
Kecepatan aliran keluar reaktor = 6888,02 kg/j  
Densitas cairan = 1025,5485 kg/m<sup>3</sup>  
Debit cairan = 6,7164 m<sup>3</sup>/j

#### **Direncanakan**

Perlengkapan : Jaket pendingin dan pengaduk

Perlengkapan

: stainless steel SA-240 grade M

## 6.1 Rancangan Dimensi Reaktor

### A. Menentukan volume reaktor

Volume cairan selama waktu tinggal:

$$V_L = \frac{6,71643}{(15 \times 60)}$$

$$V_L = 1,68 \text{ m}^3 = 62,1891 \text{ ft}^3$$

Over design digunakan 20%, serta ruang pengaduk 5%

$$V_{\text{total}} = V_{\text{liq}} + V_{\text{rk}} + V_{\text{pengaduk}}$$

$$V_{\text{total}} = 62,1891 + 0,20 V_{\text{tot}} + 0,05 V_{\text{tot}}$$

$$0,75 V_{\text{total}} = 62,1891$$

$$V_{\text{total}} = 82,9189 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{rk}} = 20\% \times 82,9189$$

$$= 16,5837 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{pengaduk}} = 5\% \times 82,9198$$

$$= 4,1459 \text{ ft}^3$$

Untuk tangki berpengaduk, rasio  $L_s / D$  antara 1 s/d 2 (Tabel 4-16, Ulrich, hal 168-169):

dimana :  $L_s$  = tinggi reaktor

$D$  = diameter reaktor

Dipilih tangki silinder dengan  $L_s = 1,5 D$

Jenis head yang dipilih dished head

Volume Head,  $V_H = 0.0847 D^3$  ( $D = \text{ft}$  ;  $V = \text{ft}^3$ )

(Brownell&amp; Young, p.88)

$$V_{\text{tot}} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H + 2 \cdot V_H$$

$$V_{\text{tot}} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (D) + 2 \times 0,0847 D^3$$

$$82,9189 \text{ ft}^3 = 22/28 D^3 + 0.1694 D^3$$

$$D^3 = 86,8156 \text{ ft}^3$$

$$D = 4,4279 \text{ ft} = 1,3284 \text{ m}$$

Maka:

$$L_s = 1,5 \times 4,4279 = 6,64185 \text{ ft} = 2,0243 \text{ m}$$

$$L_s = 0.0847 D^3$$

$$= 7,3533 \text{ ft}^3$$

Volume cairan dalam shell

$$L_{ls} = V_L - L_s$$

$$L_{ls} = 62,1891 - 7,3533$$

$$L_{ls} = 54,8359 \text{ ft}^3$$

Tinggi cairan dalam shell,

$$L_{ls} = \frac{4 \cdot V_c}{\pi \cdot D^2}$$

$$L_{ls} = 3,5628 \text{ ft} = 42,7541 \text{ in}$$

$$= 1,0859 \text{ m}$$

**B. Menentukan Tebal silinder (Shell)**

Dipilih dinding dengan jenis Stainless Steel SA-316

$$t_s = \frac{Pr}{fE - 0.6P} + C \quad (\text{Brownell n Young, hal.254})$$

Dimana :

$t_s$  = Tebal dinding reaktor minimum, in

P = Tekanan design, psig

r = jari-jari reaktor, in = 25,6506 in

f = Tekanan maksimum yang diizinkan = 18963 psi

E = Effisiensi penyambungan = 0,9 (Brownell&Young )

C = Faktor korosi = 0,1181 in (Ulrich, hal 250)

Tekanan Hidrostatik

$$\begin{aligned} P &= \rho \times g \times l \\ &= 1025,5142 \times 9,8 \times 1,7802 \\ &= 17891,5814 \text{ Pa} = 0,1766 \text{ Atm} \end{aligned}$$

Tekanan Operasi = 1 Atm

$$\begin{aligned} P &= 0,1766 + 1 \\ &= 1,1766 \text{ Atm} = 2,5957 \text{ Psig} \end{aligned}$$

Faktor kelonggaran = 5%

Maka :

$$\begin{aligned} P_{\text{design}} &= 5\% + 2,5957 \\ &= 2,6457 \text{ Psig} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{3,0505 \times 53,1569}{18963 \times 0,85 - 0,6 \times 3,0505} + 0,11811 \\ &= 0,12817 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih tebal standar 3/16 in 0,1875 in

$$\text{OD} = \text{ID} + 2 t_s$$

$$OD = 53,5312 \text{ in}$$

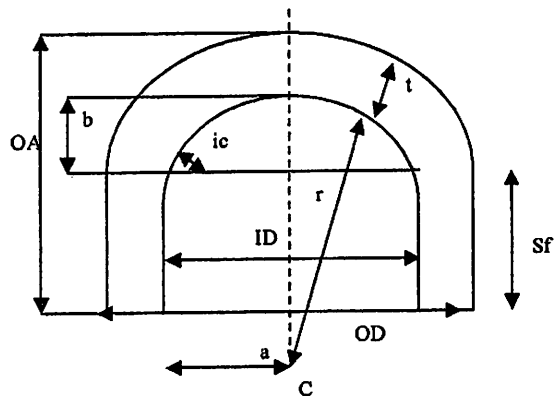
Standarisasi dari table 5.7 Brownell & Young, hal 91, didapat:

$$OD = 54 \text{ in} = 1,3716 \text{ m} \quad (OD = \text{diameter luar dari shell})$$

$$ID = 1,3621 \text{ m} = 53,6250 \text{ in} \quad (ID = \text{diameter dalam dari shell})$$

### C. Menghitung tebal dan tinggi tutup atas dan bawah

Tutup atas dan bawah berbentuk *standart dished*



Keterangan Gambar: (Brownell n young, hal 87)

ID = diameter dalam head

OD = diameter luar head

a = jari-jari dalam head

t = tebal head

r = jari-jari luar dish

icr = jari-jari dalam sudut dish

b = tinggi head

sf = straight flange

OA = tinggi head total

Untuk menghitung tebal head digunakan persamaan:

$$t_H = \frac{0885Pr}{fE-01P} + C \quad (\text{Brownell n young, hal 258})$$

$$= 0,1226 \text{ in}$$

Dipilih tebal standar 3/16 in

$$OD = ID + t_H$$

$$OD = 53,8125 \text{ in}$$

Standarisasi dari table 5.7 Brownell & Young, hal 91, didapat:

$$OD = 54 \text{ in} = 1,3716 \text{ m}$$

$$icr = 3 \text{ in} = 0,0762 \text{ m}$$

$$r = 54 \text{ in} = 1,3716 \text{ m}$$

$$a = 0.5 \times D$$

$$= 25,6506 \text{ in} = 0,6515 \text{ m}$$

$$AB = a - icr$$

$$= 22,6506 \text{ in} = 0,5753 \text{ m}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 51,000 \text{ in} = 1,2954 \text{ m}$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$$= 45,6941 \text{ in} = 1,1606 \text{ m}$$

$$b = r - AC$$

$$= 8,306 \text{ in} = 0,2109 \text{ m}$$

Dari tabel 5.8 Brownell & Young, hal 93, didapat  $sf = 2$  in

$$OA = t_H + b + sf$$

$$OA = 10,428 \text{ in} = 0,2648756 \text{ m}$$

$$\text{Jadi tinggi head total} = 0,2649 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas, maka diperoleh dimensi reaktor sebagai berikut:

Tinggi reaktor = Tinggi (tutup bawah + silinder + tutup atas)

$$= hb + Ls + ha$$

$$= 10,4282 + 86,78832 \text{ in} + 10,4282 \text{ in}$$

$$= 107,6396 \text{ in}$$

#### E. Menghitung Ukuran dan power pengaduk

Kecepatan putaran dibuat tinggi agar pencampuran berlangsung dengan baik.

Digunakan pengaduk jenis turbin dengan 6 sudu (six blades turbine) karena dapat digunakan untuk kecepatan putaran yang cukup tinggi. Data pengaduk diperoleh dari Brown "Unit Operation" hal. 507.

Ukuran Pengaduk:

# Diameter pengaduk ( $D_o$ )

$$D_o = ID/3$$

$$= 0,4275 \text{ m} = 1,4 \text{ ft} = 16,8309 \text{ in}$$

# Lebar sudu pengaduk ( $w$ )

$$w = D_o/5$$

$$= 0,0855 \text{ m} = 3,4 \text{ in}$$

# Panjang sudu pengaduk ( $l$ )

$$l = D_o/4$$

$$= 0,1069 \text{ m} = 4,2 \text{ in}$$

# lebar baffle(J)

$$J = 0.1 \times ID$$

$$= 0,1283 \text{ m} = 5 \text{ in}$$

# Jarak pengaduk dengan dasar tangki

$$Z_i/d = 0.75 - 1.3 ; \text{ dipilih } 1$$

$$= 0,4275 \text{ m}$$

# Kecepatan putar pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi \cdot d} \sqrt{\frac{WELH}{2 \cdot d}} \quad (\text{Rase,H.F.,Pers.8.8,p.345})$$

$$WELH = Z_L \times S_g$$

Dimana :

N = kecepatan putar pengaduk, rpm

d = diameter pengaduk, m

Z<sub>L</sub> = tinggi cairan dalam tangki, m

S<sub>g</sub> = specific gravity

WELH = water equivalent liquid Height, ft

$\rho_{\text{campuran}} = 1025,55 \text{ kg/m}^3$

$\rho_{\text{air}} = 998 \text{ kg/m}^3$

S<sub>g</sub> = ( $\rho_{\text{campuran}}/\rho_{\text{air}}$ )

$$= 1,0276$$



$$Zl = 1,1806 \text{ m} = 3,9353 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{WELH} &= Zl \times Sg \\ &= 4,0439 \text{ ft} = 1,2131 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \# \text{ Jumlah Pengaduk} &= \text{WELH/ID} \\ &= 0,9459 \\ &\approx 1 \text{ BUAH} \end{aligned}$$

# Kecepatan putar pengaduk

$$N = 163,5760 \text{ rpm} = 2,7262 \text{ rps}$$

$$\text{Pakai } N = 165 \text{ rpm} = 2,75 \text{ rps}$$

# Menghitung power pengaduk

$$P = \frac{Np \cdot \rho \cdot N^3 \cdot d^5}{g_c}$$

(Brown, "Unit Operation" hal.508)

Dimana:

$$P = \text{ daya pengaduk, lb.ft/s}$$

$$Np = \text{ power number}$$

$$N = \text{ kecepatan putar pengaduk, rps}$$

$$\rho = \text{ densitas campuran, lbm/ft}^3$$

$$d = \text{ diameter pengaduk, ft}$$

$$g_c = \text{ gravitasi} = 32,17 \text{ ft.lbm/s}^2 \cdot \text{ lbf}$$

$$\text{Nre} = \frac{N \times d^2 \times \rho}{\mu}$$

$$\text{viskositas cairan} = 0,00592 \text{ g/cm det}$$

$$= 2,1321 \text{ kg/m j}$$

$$N_{re} = 870335$$

dari fig 19-13 , untuk  $N_{re} = 870335$  dan pengaduk jenis turbin dengan 6 sudu, diperoleh  $N_p = 6$

$$P = 1827,4 \text{ Watt}$$

$$= 2,4 \text{ HP}$$

$$\text{Efisiensi motor penggerak} = 80\%$$

$$\text{Daya penggerak motor} = \frac{P}{\eta}$$

$$= 3,01 \text{ HP}$$

$$\text{Dipilih motor standard} = 5 \text{ Hp}$$

#### F. Pendingin

Ada pilihan antara jaket atau koil. Jaket lebih murah dibandingkan koil untuk total volume tangki yang sama (figure 5-23 Ulrich, hal 297). Koil dipilih bila luas transfer panas yang diperlukan tidak mampu dipenuhi jaket

Menghitung kebutuhan pendingin :

$$\text{Panas yang harus dibuang (} Q_p \text{)} = 818.329 \text{ kJ/j} = 779.361 \text{ Btu/j}$$

$$\text{Panas jenis pendingin (} c_p \text{)} = 1,2695 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu pendingin masuk (} t_1 \text{)} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu pendingin keluar (} t_2 \text{)} = 45 \text{ }^\circ\text{C} = 113 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Massa pendingin (} m_c \text{)} = Q_p / c_p / (t_2 - t_1) = 22.737 \text{ lb/j}$$

Dicoba memakai jaket:

$$\text{Diameter dalam reaktor (ID)} = 53,6 \text{ in} = 4,47 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar reaktor (OD)} = 54,0 \text{ in} = 4,50 \text{ ft}$$

$$\text{Jarak dinding jaket dengan dinding reaktor (Y)} = 7,5 \text{ cm} = 2,95 \text{ in} = 0,25 \text{ ft}$$

$$\text{Sekat antar spiral jaket (Z)} = 20 \text{ cm} = 7,87 \text{ in} = 0,66 \text{ ft}$$

Diameter ekivalen jaket ( $d_e$ ) :

$$d_e = \frac{4 Y Z}{2 ( Y + Z )}$$

$$= 0,36 \text{ ft}$$

$$\text{Luas penampang saluran dalam jaket (A}_j\text{)} = Y Z$$

$$= 0,1615 \text{ ft}^2$$

Menghitung koefisien transfer panas di dalam jaket ( $h_o$ ) :

Sifat fisis pendingin :

$$\text{densitas } (\rho_c) = 63,425 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{konduktifitas } (k_c) = 35,966 \text{ Btu/j/ft}^\circ\text{F}$$

$$\text{panas jenis } (c_{pc}) = 1,2695 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$$

$$\text{viskositas } (\mu_c) = 1,6978 \text{ lb/ft}^\cdot\text{j}$$

$$\text{Kecepatan melalui saluran } (v) = mc / \rho_c / A_j$$

$$= 2.220 \text{ lb/j} = 0,62 \text{ lb/det}$$

$$\text{Bilangan Reynolds } (Re) = \rho_c v d_e / \mu_c$$

$$= 29.688$$

$$\text{Bilangan Prandtl } (Pr) = c_{pc} \mu_c / k_c$$

$$= 0,0599$$

Koefisien transfer panas (Pers 12.11 Coulson v.6 )

$$h_o = \frac{k}{d_e} 0,023 Re^{0,8} Pr^{1/3}$$

$$= 3423,3 \text{ Btu/j/ft}^2/^{\circ}\text{F}$$

Koreksi ho :

$$\begin{aligned} h_{oi} &= OD/ID \times h_o \\ &= 3447,2 \text{ Btu/j/ft}^2/^{\circ}\text{F} \end{aligned}$$

Menghitung koefisien transfer panas di dalam reaktor ( $h_i$ ) :

Sifat fisis fluida proses :

$$\begin{aligned} \text{densitas } (\rho_h) &= 64,015 \text{ lb/ft}^3 \\ \text{konduktifitas } (k_h) &= 0,3548 \text{ Btu/j/ft/F} \\ \text{panas jenis } (c_{ph}) &= 0,799 \text{ Btu/lb/F} \\ \text{viskositas } (\mu_h) &= 1,4332 \text{ lb/ft/j} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan putar pengaduk } (N) = 9.815 \text{ rph} = 163,6 \text{ rpm}$$

$$\text{Diameter pengaduk } (d) = 1,4 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynolds } (Re) &= d^2 N \rho_h / \mu_h \\ &= 862.365 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Prandtl } (Pr) &= c_{ph} \mu_h / k_h \\ &= 3,2273 \end{aligned}$$

Koefisien transfer panas (Pers 12.86c Coulson v.6 )

$$\begin{aligned} h_i &= \frac{k_h}{d} 0,74 Re^{2/3} Pr^{1/3} \\ &= 2506,5 \text{ Btu/j/ft}^2/^{\circ}\text{F} \end{aligned}$$

Menghitung koefisien transfer panas overall ( $U_d$ ) :

Koefisien transfer panas overall saat masih bersih ( $U_c$ ) :

$$U_c = \frac{h_{oi} h_i}{h_{oi} + h_i}$$

$$= 1451,3 \text{ Btu/j/ft}^2/\text{F}$$

Dirt factor (Rd) :

$$\text{Fluida proses} = 0,001 \text{ j ft}^2\text{°F/Btu}$$

$$\text{Pendingin} = 0,001 \text{ j ft}^2\text{°F /Btu}$$

$$\text{Rd} = 0,002 \text{ j ft}^2\text{°F /Btu}$$

$$\begin{aligned} 1/\text{Ud} &= 1/\text{Uc} + \text{Rd} \\ &= 0,0027 \text{ j ft}^2\text{°F /Btu} \end{aligned}$$

$$\text{Ud} = 371,88 \text{ Btu/j/ft}^2/\text{F}$$

Menghitung kebutuhan luas transfer panas (A) :

$$\text{Suhu reaktor (TR)} = 90 \text{ °C} = 194 \text{ °F}$$

Log mean temperatur difference (LMTD) :

$$\begin{aligned} \text{LMTD} &= \frac{(T_R - t_2) - (T_R - t_1)}{\ln \left[ \frac{T_R - t_2}{T_R - t_1} \right]} \\ &= 93,854 \text{ °F} \end{aligned}$$

$$A = Q/\text{Ud} / \text{LMTD} = 22 \text{ ft}^2$$

A yang diperoleh dari persamaan di atas tidak boleh lebih besar dari luas shell yang tercelup cairan proses + luas bottom.

Luas shell tercelup cairan (Ashell) :

$$\text{A shell} = \text{ID} \times 3,14 \times \text{L}$$

$$\begin{aligned} \text{ID} &= \text{diameter dalam reaktor} = 4,47 \text{ ft} \\ \text{L} &= \text{tinggi cairan di reaktor} = 3,87 \text{ ft} \\ \text{A shell} &= 54,35 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Luas bottom ( Abot)

Luas bottom didekati dengan luas lingkaran :

$$\begin{aligned} \text{Abot} &= 3,14/4 \times \text{ID}^2 \\ &= 15,676 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Luas total (Aj) :

$$A_j = A_{\text{shell}} + A_{\text{bot}} = 70,027 \text{ ft}^2$$

$A < A_j$ , maka jaket mencukupi kebutuhan transfer panas.

### G. Nozzle

a. Nozzle pemasukan asam lemak

$$\text{Rate umpan masuk} = 4935,2680 \text{ kg/jam} = 10885,2271 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas umpan} = 56,8 \text{ lb/ft}^3$$

Perhitungan :

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \text{Rate umpan masuk} / \rho_{\text{umpan}}$$

$$= 10885,2271 / 56,8000$$

$$= 191,6413 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0532 \text{ ft}^3/\text{det}$$

$$\text{Di opt} = 3,9 (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13}$$

$$= 1,0419 \times 1,6907$$

$$= 1,7616 \text{ in}$$

$$= 0,1468 \text{ ft}$$

Dari kern, Tabel 11 halaman 844, maka dipilih :

$$\text{IPS} = 2 \text{ in}$$

$$\text{Sch} = 40$$

$$\text{ID} = 2,07 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 2,38 \text{ in}$$

$$A = 3,35 \text{ in}^2$$

b. Nozzle pemasukan larutan garam

$$\text{Rate umpan masuk} = 493,5267979 \text{ kg/jam} = 1088,5227 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas umpan} = 69 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \text{Rate umpan masuk} / \rho \text{ umpan}$$

$$= 1088,5227/69$$

$$= 15,7757 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0044 \text{ ft}^3/\text{det}$$

$$\text{Di opt} = 3,9 (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13}$$

$$= 0,3387 \times 1,7340$$

$$= 0,5873 \text{ in}$$

$$= 0,0489 \text{ ft}$$

Dari kern, Tabel 11 halaman 844, maka dipilih:

$$\text{IPS} = 0,5 \text{ in}$$

$$\text{Sch} = 40$$

$$\text{ID} = 0,62 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 0,84 \text{ in}$$

$$A = 0,304 \text{ in}^2$$

c. Nozzle pemasukan larutan NaOH

$$\text{Rate umpan masuk} = 1459,226885 \text{ kg/jam} = 3218,4708 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas umpan} = 70 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \text{Rate umpan masuk} / \rho \text{ umpan}$$

$$= 3218,4708 / 70$$

$$= 46,6445 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0130 \text{ ft}^3/\text{det}$$

$$\text{Di opt} = 3,9 (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13}$$

$$= 0,5516 \times 1,7372$$

$$= 0,9584 \text{ in}$$

$$= 0,0799 \text{ ft}$$

Dari kern, Tabel 11 halaman 844, maka dipilih:

$$\text{IPS} = 1 \text{ in}$$

$$\text{Sch} = 40$$

$$\text{ID} = 1,049 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 1,32 \text{ in}$$

$$A = 0,864 \text{ in}^2$$

d. Nozzle pemasukan dan pengeluaran pendingin

$$\text{Rate air pendingin masuk} = 22737,3042 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas air pendingin} = 62,15827 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \text{Rate umpan masuk} / \rho \text{ umpan}$$

$$= 22737,3042 / 62,1582$$



$$\begin{aligned}
 &= 365,7969 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 0,1016 \text{ ft}^3/\text{det} \\
 \text{Di opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13} \\
 &= 1,3938 \times 1,7106 \\
 &= 2,3842 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari kern, Tabel 11 halaman 844, maka dipilih pipa :

$$\begin{aligned}
 \text{IPS} &= 2,5 \text{ in Sch} = 40 \\
 \text{ID} &= 2,469 \text{ in} \\
 \text{OD} &= 2,88 \text{ in} \\
 A &= 4,79 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

e. Nozzle pengeluaran produk

$$\text{Rate produk kelua} = 6888,0217 \text{ kg/jam} = 15192,2206 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas produk} = 64,01450421 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = \text{Rate umpan masuk} / \rho \text{ umpan}$$

$$= 15192,2206 / 64,0145$$

$$= 237,3247 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0659 \text{ ft}^3/\text{det}$$

$$\text{Di opt} = 3,9 (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13}$$

$$= 1,1471 \times 1,7171$$

$$= 1,9699 \text{ in}$$

$$= 0,1642 \text{ ft}$$

Dari kern, Tabel 11 halaman 844, maka dipilih pipa no.2 in sch 40 dengan ukuran :

$$\text{ID} = 2,067 \text{ in} = 0,1723 \text{ ft}$$

$$\text{OD} = 2,38 \text{ in} = 0,1983 \text{ ft}$$

$$A = 3,35 \text{ ft}^2$$

f. Nozzle untuk manhole

Lubang manhole dibuat berdasarkan standart yang ada yaitu : 20 in (Brownell & Young fig 3,15 hal 51 dengan data item 3,4,5 hal 351). Berdasarkan fig 12,2 brownell & Young hal 221, didapatkan dimensi pipa:

Ukuran pipa nominal (NPS)	= 20,0 in
Diameter luar pipa	= 27,5 in
Ketebalan flange minimum (T)	= 1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> in
Diameter bagian lubang menonjol ( R )	= 23,0 in
Diameter hubungan pada titik pengelasan ( K )	= 20,0 in
Diameter hubungan pada alas ( E )	= 22,0 in
Panjang julukan ( L )	= 5 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> in
Diameter dalam flange ( B )	= 19,25 in
Jumlah lubang baut	= 20,0 buah
Diameter Baut	= 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> in

Dari Brownell & Young tabel 12,2 hal 221 diperoleh dimensi flunge untuk semua nozzle, dipilih flange standart type welding neck dengan dimensi nozzle sebagai berikut:

Nozzle A	= Nozzle untuk pemasukan asam lemak
Nozzle B	= Nozzle untuk pemasukan larutan garam
Nozzle C	= Nozzle untuk pemasukan larutan NaOH
Nozzle D	= Nozzle untuk pengeluaran produk
Nozzle E	= Nozzle untuk pemasukan dan pengeluaran pendingin

Nozzle F = Nozzle untuk manhole

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	2	6	3/4	$\frac{3}{5/8}$	3 1/16	2,38	2 1/2	2,07
B	0,5	3 1/2	7/16	$\frac{1}{3/8}$	1 3/16	5/6	1 7/8	0,62
C	1	4 1/4	9/16	$\frac{2}{15/16}$	1 15/16	1,32	$\frac{2}{3/16}$	1,05
D	2	6	3/4	$\frac{3}{5/8}$	3 1/16	2,38	2 1/2	2,07
E	2,5	7	7/8	$\frac{4}{1/8}$	3 9/16	2,88	2 3/4	2,47
F	20	27,5	$\frac{1}{11/16}$	23	22	20	$\frac{5}{11/16}$	19,25

## H. Sambungan tutup (Head ) dengan dinding Reaktor

### 1. Flange

Dari Brownell & Young, App. D-4 hal. 342, didapatkan:

Bahan Konstruksi : High Alloy SA 240 Grade M type 316

Tensile strength minimum : 75000 psia

Allowable stress (f) : 18750

Type flange : Ring flange loose type

### 2. Bolting

Dari Brownell & Young, App. D-4 hal. 342, didapatkan:

Bahan Konstruksi : High Alloy steel SA 193 Grade B type 347

Tensile strength minimum : 75000 psia

Allowable stress (f) : 15000

### 3. Gasket

Dari Brownell & Young, App. D-4 hal. 342, didapatkan:

Bahan Konstruksi : Flange metal, jacketed, asbestos filled stainless steel

Gasket factor : 3,75

Min Design seating stress (y) : 9000 psia

### Perhitungan Tebal gasket

Dari Brownell & Young, persamaan 12.2 hal. 226

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{y - p \cdot m}{y - p(m + 1)}}$$

Dimana:

$d_o$  = diameter luar gasket

$d_i$  = diameter dalam gasket

y = yield stress (9000 psia)

p = internal pressure (14,7 psia)

m = gasket factor 3,75

Diketahui  $d_i$  gasket =  $d_o$  shell = 54 in = 4,5 ft

Maka didapatkan :

$$\frac{d_o}{4,5} = \sqrt{\frac{9000 - 14,7 \cdot 3,75}{9000 - 14,7(3,75 + 1)}}$$

$d_o$  = 4,5037 ft

= 54,0444 in

Lebar gasket minimum =  $(d_o - d_i)/2$

= 0,0222

Diambil Gasket (n) = 0,1875 in = 3/16 in

Diameter rata-rata gasket (G) =  $d_i + n$

$$= 54 + 0,1875$$

$$= 54,1875 \text{ in}$$

$$= 4,5156 \text{ ft}$$

### Perhitungan Tebal flange

Dari Brownell & Young, persamaan 12.58 hal. 239 :

$$f_T = \frac{Y \cdot M_0}{t^2 \cdot B}$$

Sehingga didapatkan rumus :

$$t = \sqrt{\frac{Y \times M}{f \times B}}$$

dan  $k = A/B$

Dimana ;

$A =$  Diameter luar flange = 54,1875 in = 4,5156 ft

$B =$  Diameter dalam flange = 54 in = 4,5000 ft

$f =$  Stress yang diijinkan untuk bahan flange ( 18750 psia )

Maka:

$$k = A/B = 4,5156 : 4,50 \text{ ft}$$

$$= 1,0035$$

Dari Brownell & Young , fig 12.22 hal 238, didapatkan:

$$Y = 65$$

$$M = 548907,3060 \text{ lb/in}$$

Sehingga tebal flange

$$t = \sqrt{\frac{Y \times M}{f \times B}}$$

$$t = 5,9362 \text{ in}$$

$$= 0,4947 \text{ ft}$$

### Perhitungan jumlah dan ukuran Baut (Bolting)

Perhitungan beban baut

Dari Brownell & Young , persamaan 12.88 hal. 240

$$W_{m2} = H_y = \pi \cdot b \cdot G \cdot y$$

Dari Brownell & Young , persamaan 12.12 hal. 229

Lebar setting gasket bawah =  $b_o = n/2$

$$= 0,1875 : 2$$

$$= 0,0938$$

- Sehingga didapatkan  $H_y$  :

$$H_y = W_{m2} = \pi \times 0,0938 \times 54,1875 \times 9000$$

$$= 143563,0078 \text{ lb}$$

Dari Brownell & Young, persamaan 12.90 hal 240

Beban baut agar tidak bocor ( $H_p$ )

$$H_p = 2 \cdot \pi \cdot b \cdot G \cdot m \cdot p$$

$$= 2 \times 3,14 \times 0,0938 \times 54,1875 \times 36,4205 \times 3,75$$

$$= 4357,1971 \text{ lb}$$

Dari Brownell & Young, persamaan 12.89 hal 240

Beban karena tekanan dalam ( $H$ )

$$H = \pi/4 \cdot G^2 \cdot p$$

$$H = 0,7854 \times 2936,2852 \times 36,4205$$

$$H = 83991,4406 \text{ lb}$$

Dari Brownell & Young, persamaan 12.91 hal 240

Total berat beban pada kondisi operasi ( $W_{m1}$ )

$$\begin{aligned} W_{m1} &= H + H_p \\ &= 83991,4406 + 4357,1971 \\ &= 88348,6377 \text{ lb} \end{aligned}$$

Karena  $W_{m2} > W_{m1}$ , maka yang mengontrol adalah  $W_{m1}$

Perhitungan luas minimum bolting area

Dari Brownell & Young, persamaan 12.93 hal 240

$$\begin{aligned} A_{m1} &= W_{m1} / f_b \\ &= 88348,6377 / 15000 \\ &= 5,8899 \text{ in}^2 = 0,0409 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Bolting point

Dari Brownell & Young, persamaan 10.4 hal 188

ukuran baut = 1 in

Root area = 0,551 in<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Jumlah bolting optimum} &= \frac{A_{m1}}{\text{root area}} \\ &= 5,8899 / 0,551 \\ &= 10,6895 \approx 11 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, tabel 10.4 hal. 188:

Bolt spacing distance preference (Bs) = 2 1/4

minimum radial distance ( R ) = 1 3/8

Edge distance (E) = 1 1/16

Bolt circle diameter ( C ) :

$$C = di \text{ shell} + 2 (14,5 \cdot go + R)$$

Dimana:

$$di \text{ shell} = 53,6250 \text{ in}$$

$$go = \text{tebal shell (ts)} = 0,1875 \approx 3/16 \text{ in}$$

Maka bolting circle diameter ( C ):

$$\begin{aligned} C &= 53,6250 + 2 ( 14,5 \times 0,1875 + 3,625 ) \\ &= 66,3125 \text{ in} \end{aligned}$$

Diameter luar flange:

$$\begin{aligned} OD &= C + 2E \\ &= 66,3125 + 2,125 \\ &= 68,4375 \text{ in} \end{aligned}$$

Check lebar gasket:

$$\begin{aligned} A_b \text{ actual} &= \text{jumlah bolt} \times \text{root area} \\ &= 11 \times 0,551 \\ &= 6,061 \end{aligned}$$

Lebar gasket minimum:

$$\begin{aligned} L &= A_b \text{ actual} \times f / 2 \cdot \pi \cdot y \cdot G \\ &= 6,061 \times 15000 / ( 2 \times 3,14 \times 9000 \times 54,1875 ) \\ &= 0,0297 \text{ in} \end{aligned}$$

Karena  $L < 2$  in, jadi perhitungan bolting point memenuhi



**- Perhitungan Moment**

Dari Brownell & Young, persamaan 12.94 hal 242, untuk keadaan bolting up  
(tanpa tekanan uap dalam)

$$\begin{aligned} W &= \left( \frac{A_m + A_b}{2} \right) f_a \\ &= (5,8899 + 6,061)/2 \times 15000 \\ &= 89631,8189 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Dari Brownell & Young, tabel 10.101 hal. 242:

$$\begin{aligned} h_G &= \frac{C - G}{2} \\ h_G &= (66,3125 - 54,1875)/2 \\ &= 6,0625 \text{ in} \end{aligned}$$

- Moment Flange (Ma)

Dari Brownell & Young, hal. 243:

$$Ma = W \times h_G$$

$$Ma = 89631,8189 \times 6,0625$$

$$Ma = 543392,9018 \text{ lb.in}$$

- Dari Brownell & Young, persamaan 12.95 hal 243, dalam kondisi operasi

$$W = W_{ml} = 89631,8189 \text{ lb}$$

- Hidrastik and force pada daerah dalam flange ( $H_D$ )

Dari Brownell & Young, persamaan 12.95 hal 243

$$H_D = 0,785 \cdot B^2 \cdot p$$

Dimana :

$$B = \text{do shell reactor} = 54 \text{ in}$$

$$p = \text{tekanan operasi} = 14,7 \text{ lb/in}^2$$

$$H_D = 0,785 \times 2916 \times 14,7$$

$$H_D = 33649,1820 \text{ lb}$$

- Jarak radial bolt circle pada aksi ( $h_D$ )

Dari Brownell & young, persamaan 12.100 hal 243:

$$h_D = (C - B)/2$$

$$h_D = (66,3125 - 54)/2$$

$$= 6,1563 \text{ in}$$

- Moment  $M_D$

Dari Brownell & young, persamaan 12.96 hal 242:

$$M_D = H_D \times h_D$$

$$M_D = 33649,1820 \times 6,15625$$

$$M_D = 207152,7767$$

- Dari Brownell & young, persamaan 12.98 hal 242:

$$H_G = W - H = W_{ml} - H$$

$$H_G = 89631,8189 - 83991,4406$$

$$= 5640,3782 \text{ lb}$$

- Moment  $M_G$

Dari Brownell & young, persamaan 12.98 hal 242:

$$M_G = H_G \times h_G$$

$$M_G = 5640,3782 \times 6,0625$$

$$= 34194,7931 \text{ lb.in}$$

- Dari Brownell & young, persamaan 12.98 hal 242:

$$\begin{aligned} H_T &= H - H_D \\ H_T &= 83991,4406 - 33649,1820 \\ &= 50342,2586 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Dari Brownell & young, persamaan 12.102 hal 244:

$$\begin{aligned} h_T &= \frac{h_D + h_G}{2} \\ h_T &= (6,1563 + 6,0625)/2 \\ &= 6,1094 \text{ in} \end{aligned}$$

- Moment  $M_T$

Dari Brownell & young, persamaan 12.97 hal 242:

$$\begin{aligned} M_T &= H_T \times h_T \\ &= 50342,2586 \times 6,1094 \\ &= 307559,7362 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Momen total pada keadaan operasi ( $M_o$ )

$$\begin{aligned} M_o &= M_D + M_G + M_T \\ &= 207152,7767 + 34194,7931 + 307559,7362 \\ &= 548907,3060 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Karena  $M_a < M_o$ , maka  $m_{\max} = M_o = 548907,3060 \text{ lb.in} > 543392,9018$

## Kesimpulan perancangan

### 1. Flange

bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316

Tensile strength minimum : 75000 psia

Allowable stress(f) : 18750

Tebal flange	: 5,9362 in
Diameter dalam (Di) flange	: 54 in
Diameter luar (Do) flange	: 54,0444
type flange	: Ring flange loose type

## 2. Bolting

bahan konstruksi	: High Alloy Steel SA 193 Grade B8c type 347
Tensile strength minimum	: 75000 psi
Ukuran baut	: 1 in
Jumlah baut	: 11 buah
Allowable stress(f)	: 15000

## 3. Gasket

bahan konstruksi	: Asbestos filled
Gasket factor (m)	: 3,75
min design seating stress (y)	: 9000 sia
Tebal gasket	: 3/16 in

## I. Perhitungan Sistem Penyangga Reactor

### - Berat shell reactor

Rumus:

$$W_s = \pi/4(d_o^2 - d_i^2) H \cdot \rho$$

Dimana :

$W_s$  = berat shell reactor, lb

$d_o$  = diameter luar shell = 54 in = 4,5 ft

$d_i$  = diameter dalam shell = 53,6250 in = 4,4688 ft

H = Tinggi shell reactor (Ls) = 54,0000 in = 4,5000 ft

$\rho$  = Densitas dari bahan konstruksi 489 lb/ft<sup>3</sup>

(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)

Berat shell reaktor

$$\begin{aligned} W_s &= 0,785 \times [(20,25 - 19,97) \times 4,5000 \times 489 \\ &= 484,1422 \text{ lb} \\ &= 219,5059 \text{ Kg} \end{aligned}$$

**- Berat tutup atas dan bawah standart dished**

Rumus

$$W_d = A \cdot t \cdot \rho$$

$$A = 6,28 \cdot L \cdot h \text{ (Hesse, persamaan 4-16 hal.92)}$$

Dimana :

$W_d$  = berat tutup atas reaktor, lb

A = luas tutup atas standart dishead, ft<sup>2</sup>

t = Tebal tutup atas (tha) = 3/16 in = 0,1875 in

$\rho$  = Densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft<sup>3</sup>

(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)

L = Crown radius (r) = 144 in = 12 ft

h = Tinggi tutup atas reaktor (ha) = 10,4282 in = 0,8690 ft

Luas tutup atas:

$$\begin{aligned} A &= 6,28 \times 144 \times 10,4282 \\ &= 9430,4043 \text{ in}^2 = 65,4889 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

berat tutup atas:

$$\begin{aligned} W_d &= 65,4889 \times 0,0156 \times 489 \\ &= 500,37627 \text{ lb} \\ &= 226,8662 \text{ kg} \end{aligned}$$

**- Berat liquid dalam reaktor**

Rumus :

$$W_1 = m.t$$

Dimana

$m$  = berat larutan dalam reaktor = 15153,6476 lb/jam

$t$  = waktu tinggal liquid dalam reaktor = 0,3 jam

Maka :

$$\begin{aligned} W_1 &= 15153,6476 \times 0,25 \\ &= 3788,4119 \text{ lb} \\ &= 1717,6332 \text{ kg} \end{aligned}$$

**- berat poros pengaduk dalam reaktor**

Rumus :

$$\begin{aligned} W_p &= V.\rho \\ V &= \pi/4.D^2.L \end{aligned}$$

Dimana

$W_p$  = Berat poros pengaduk dalam reaktor, lb

$V$  = volume poros pengaduk,  $\text{ft}^3$

$P$  = Densitas dari bahan konstruksi = 489  $\text{lb}/\text{ft}^3$

(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)

D = Diameter poros pengaduk = 1,0000 in = 0,0833 ft

L = Panjang poros pengaduk = 4,2077 in = 0,3506 ft

Volume poros pengaduk:

$$\begin{aligned} V &= 0,785 \times 0,0833 \times 0,3506 \\ &= 0,0229 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Berat poros pengaduk :

$$\begin{aligned} W_p &= 0,0229 \times 489 \\ &= 11,216668 \text{ lb} \\ &= 5,0855 \text{ kg} \end{aligned}$$

**- Berat impeller dalam reaktor**

Rumus:

$$W_i = V \cdot \rho$$

$$V = 4 \cdot (p \cdot l \cdot t)$$

$$p = D_i/2$$

Dimana :

$W_i$  = berat impeller dalam reaktor, lb

$V$  = volume dari total blades,  $\text{ft}^3$

$\rho$  = densitas dari bahan konstruksi = 489  $\text{lb}/\text{ft}^3$

(Perry, edisi 6 tabel 3-118 hal. 3-95, stell cold drawn)

$p$  = panjang 1 kupingan blade, ft

$l$  = lebar 1 kupingan blade = 3,3662 in = 0,2805 ft

$t$  = tebal 1 kupingan blade = 0,1875 in = 0,0156 ft

$D_i$  = Diameter pengaduk : 16,8309 in = 1,4026 ft

Volume impeller pengaduk:

$$\begin{aligned}
 p &= D_i/2 \\
 &= 1,4026 : 2 \\
 &= 0,7013 \text{ ft} \\
 V &= 4 \times (0,7013 \times 0,2805 \times 0,0156) \\
 &= 0,0123 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Berat impeller pengaduk

$$\begin{aligned}
 W_i &= 0,0123 \times 489 \\
 &= 6,0123 \text{ lb} \\
 &= 2,7259 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### - Berat Attachment

Berat Attachment merupakan berat dari seluruh perlengkapan seperti nozzle, dan sebagainya. Dari Brownell & Young, halaman 157:

$$W_a = 18\% W_s$$

Dimana

$W_a$  = berat attachment, lb

$W_s$  = berat shell reactor = 484,1422 lb = 219,50591 kg

Sehingga

$$\begin{aligned}
 W_a &= 0,18 \times 484,1422 \\
 &= 87,145602 \text{ lb} \\
 &= 39,511064 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat total penyangga

$$W_T = W_s + W_d (\text{tutup atas}) + W_d (\text{tutup bawah}) + W_1 + W_p + W_i + W_o + W_a$$



$$W_T = 219,50591 + 226,8663 + 191,67218 + 1717,6333 + 5,0855 + 2,7259336 + 39,511064$$

$$W_T = 2403,0002 \text{ kg}$$

$$W_T = 5300,057178 \text{ lb}$$

Dengan faktor keamanan adalah 10%, maka berat total beban penyangga

$$= 1,1 \times 5300,057178 \text{ lb} = 5830,062896$$

$$= 5830,0629 \text{ lb}$$

$$= 2643,300189 \text{ kg}$$

### J. Perhitungan Kolom Penyangga Reaktor (leg)

Perencanaan :

Menggunakan 4 buah kolom penyangga (kaki penahan).

Jenis kolom yang digunakan : I beam

**Dasar Pehitungan :**

**Beban tiap kolom :**

Dari Brownell & Young, persamaan 10.76 hal 197 :

$$P = \frac{4 \cdot P_w \cdot (H - L)}{n \cdot D_{bc}} + \frac{\Sigma W}{n}$$

Dimana :

P = Beban tiap kolom, lb

P<sub>w</sub> = total beban permukaan karena angin, lb

H = Tinggi vessel dari pondasi, ft

L = Jarak antara vessel dengan dasar pondasi, ft

D<sub>bc</sub> = Diameter anchor bolt circle, ft

n = Jumlah support

$\Sigma W$  = Berat total, lb

$P$  = Beban kompresi total maksimum untuk tiap leg, lb

Alat dalam ruangan maka tekanan angin dianggap 0

Maka berlaku rumus :

$$P_w = 0$$

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

$$P = 5830,0629/4$$

$$= 1457,5157 \text{ lb}$$

Direncanakan :

$$\text{Jarak kolom penyangga dari tanah (L)} = 5 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi silinder (H)} = 54,0000 \text{ in} = 4,5000 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang penyangga} = 1/2 (H + L)$$

$$= 0,5 ( 4,5000 + 5 )$$

$$= 4,7500 \text{ ft}$$

$$= 57,0000 \text{ in}$$

$$\text{Jadi tinggi Penyangga (leg)} = 4,7500 \text{ ft} = 57,0000 \text{ in}$$

### **Trial ukuran I beam**

Trial ukuran I beam 3" ukuran 3 x 2 3/8 dengan pemasangan memakai beban eksentrik (terhadap sumbu).

Dari Brownell & Young, App G-3 hal, 355, didapatkan :

$$\text{Nominal size} = 3 \text{ in}$$

$$\text{Berat} = 5,7 \text{ lb}$$

$$\text{Area of section (A}_y) = 1,61 \text{ in}^2$$

$$\text{Depth of beam (h)} = 3 \text{ in}$$

$$\text{Width of flange (b)} = 2,33 \text{ in}$$

$$\text{Axis (r)} = 1,23 \text{ in}$$

Analisa terhadap sumbu Y-Y

$$L/r = 57,0000 : 1,23$$

$$L/r = 46,3415$$

Karena  $L/r$  antara 60 -  $\frac{200}{18000}$ , maka :

$$f_c \text{ aman} = \frac{f_c}{1 + \left( \frac{(L/r)^2}{18000} \right)}$$

$$f_c \text{ aman} = 16081,3747 \text{ psia}$$

$$f_c = P/A$$

$$A = P / f_c = 1457 / 16081,3747$$

$$= 0,0906 \text{ in}^2 < 1,61 \text{ in}^2 \text{ memadai}$$

Karena  $A < A$  yang tersedia, berarti trial I beam sudah memadai

Kesimpulan perancangan penyangga (leg)

$$\text{Ukuran I beam} = 3 \times 2 \frac{3}{8} \text{ in}$$

$$\text{Berat} = 5,7 \text{ lb}$$

$$\text{Jumlah penyangga} = 4 \text{ buah}$$

Pelatakan beban dengan beban eksentrik

**K. Base Plate**

Perencanaan :

Dibuat base plate dengan toleransi panjang adalah 5% dan toleransi lebar 20% (Hesse, hal. 163). Digunakan besi cor sebagai bahan konstruksi dari base plate

**Dasar perhitungan :****Luas base plate**

Rumus:

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

Dimana:

$$A_{bp} = \text{Luas base plate, in}^2$$

$$P = \text{Beban dari tiap base plate} = 5830,062896 \text{ lb}$$

$f_{bp}$  = Stress yang diterima oleh pondasi (bearing capacity yang terbuat dari beton = 600 lb/in<sup>2</sup>) (Hesse, tabel 7-7 hal. 162)

Sehingga:

$$\begin{aligned} A_{bp} &= 5830,0628 / 600 \\ &= 9,7168 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

**Panjang dan lebar base plate**

$$A_{bp} = p \times l$$

Dimana :

$$\begin{aligned} A_{bp} &= \text{luas base plate} \\ &= 9,7168 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$p = \text{panjang base plate, in}$$

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

l = lebar base plate, in

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

Diasumsikan  $m = n$  (Hesse, hal. 163)

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

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

Maka

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

$$9,7168 = [2m + 0,95 \times 5] \times [2n + (0,8 \times 3)]$$

$$= [2m + 4,75] \times (2m + 2,4)$$

$$= 4m^2 + 14,3 m + 11,4$$

$$0 = 4m^2 + 14,3 m - 1,6832$$

Dengan menggunakan rumus abc, didapatkan :

$$m_{1,2} = \frac{-14,3 \pm \sqrt{204,49 - 16.1,6832}}{8}$$

$$m_1 = -14,3 + 13,32510202 = -0,1219$$

$$m_2 = -14,3 - 13,32510202 = -3,4531$$

Diambil  $m = m_1 = -0,1219$

Sehingga :

$$\text{Panjang base plate (p)} = 2m + 0,95h$$

$$= -0,2437 + 4,75$$

$$= 4,5063 \text{ in} \approx 5 \text{ in}$$

$$\text{Lebar base plate (l)} = 2n + 0,8b$$

$$= -0,2437 + 2,4$$

$$= 2,1563 \text{ in} \approx 2,5 \text{ in}$$

Dari perhitungan didapatkan panjang base plate 5 in dan lebar 2,5 in, maka

$$(A) = 12,5 \text{ in}^2$$

#### **Peninjauan terhadap bearing capacity**

$$F = \frac{P}{A}$$

Dengan:

f = bearing capacity, lb/in<sup>2</sup>

P = beban tiap kolom = 5830,0628 lb

A = luas base plate = 12,5 in<sup>2</sup>

Maka

$$f = 5830,0628 / 12,5$$

$$= 466,4050 \text{ lb/in}^2 < 600 \text{ lb/in}^2$$

#### **Peninjauan terhadap harga m dan n**

Panjang base plate (p)

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

$$5 = 2m + 4,75$$

$$m = 0,125$$

Lebar base plate

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

$$2,5 = 2n + 2,4$$

$$n = 0,05$$

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

**Tebal Base plate**

Dari Hesse, persamaan 7-12 hal. 163:

$$t = 0,00015 \cdot p \cdot n^2$$

Dengan;

$t$  = tebal base plate, in

$p$  = actual unit pressure yang terjadi pada base plate

$$= 466,4050 \text{ psi}$$

$$n = 0,125 \text{ in}$$

Tebal base plate

$$t = 0,00015 \times 466,4050 \times 0,0156$$

$$t = 0,0331 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in}$$

**Ukuran Baut**

Beban tiap baut:

$$\begin{aligned} P_{\text{baut}} &= \frac{P}{n_{\text{baut}}} \\ &= 5830,0629 / 8 \\ &= 728,7579 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dimana  $f_{\text{baut}}$  = stress tiap baut max = 12000 lb/in<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} A_{\text{baut}} &= \frac{P_{\text{baut}}}{f_{\text{baut}}} \\ &= 728,7579 / 12000 \\ &= 0,0607 \text{ in} \end{aligned}$$

$$A_{\text{baut}} = 1/4 \cdot \pi \cdot db^2$$

$$0,0607 = 0,25 \times 3,14 \times db^2$$

$$0,0607 = 0,785 db^2$$

$$db^2 = 0,0774$$

$$db = 0,2781 \text{ in} \approx 1/2$$

Dari Brownell & Young, tabel 10.4 hal. 188 diperoleh ukuran baut 1/2 in dengan

dimensi baut sebagai berikut

$$\text{Ukuran baut} = 1/2 \text{ in}$$

$$\text{Root area} = 0,126 \text{ in}$$

$$\text{bolt spacing milt} = 1 \ 1/4 \text{ in}$$

$$\text{Min radial distance} = 13/16 \text{ in}$$

$$\text{Edge distance} = .5/8 \text{ in}$$

$$\text{Nut dimension} = 7/8 \text{ in}$$

$$\text{Max filled radius} = 1/4 \text{ in}$$

#### **L. Perhitungan Lug dan Gusset**

Perencanaan :

Digunakan 2 buah plate horisontal (untuk lug) dan 2 buah plate vertikal (untuk gusset)

#### **Dasar perhitungan**

Dari gambar 10.6, hal 191, Brownell diperoleh

a. Lebar lug

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

$$= 0,5 + 9$$

$$= 9,5 \text{ in}$$

$$B = \text{jarak antar Gusset} = \text{ukuran} + 8 \text{ in}$$

$$= 0,5 + 8$$



$$= 8,5 \text{ in}$$

b. Lebar gusset

$$\begin{aligned} L &= \text{lebar Gusset} = 2 (\text{lebar kolom} - 0,5 \times \text{ukuran baut}) \\ &= 2 \times (5 - 0,25) \\ &= 9,5 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar Lug atas} &= a = 0,5(L + \text{ukuran baut}) \\ &= 0,5 \times (0,125 + 0,25) \\ &= 0,1875 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan tebal base plate} &= B/L = 8,5/9,5 \\ &= 0,8947 \end{aligned}$$

Dari tabel hal 192 Brownell didapat

$$\gamma_1 = 0,565$$

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

$$e = 0,5 \times 0,8750$$

$$e = 0,4375 \text{ in}$$

**Tebal Plate Horizontal (lug)**

Menentukan maksimum bending moment sepanjang sumbu radial

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

Dimana ;

$$P = \text{beban tiap baut} = 728,7579 \text{ lb}$$

$$\mu = \text{posson's ratio} = 0,3 \text{ (untuk baja)}$$

$$L = \text{panjang horisontal plate bawah} = 9,5 \text{ in}$$

$e = \text{nut dimension} = 0,4375 \text{ in}$

Jadi

$$\begin{aligned} My &= (728,7579/12,56) \times 1,3 \times \ln(19/1,3738) \times 0,435 \\ &= 86,192385 \text{ lb} \end{aligned}$$

$My$  disubstitusikan ke persamaan 10.41, hal 193, Brownell diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{thp} &= 6/f \times My \\ &= 0,2076 \text{ in} \end{aligned}$$

maka digunakan plate dengan tebal = 0,2076 in

#### **Tebal plate Vertikal (Gusset)**

Dari Brownell fig 10.6, hal 191, dan pers 10.47 hal 194, diperoleh

$$\begin{aligned} \text{tebal gusset minimal} &= 3/8 \times \text{thp} \\ &= 0,0778 \text{ in} \end{aligned}$$

#### **Tinggi gusket**

$$\begin{aligned} \text{Tinggi gusset} &= hg = A + \text{ukuran baut} \\ &= 9,5 + 0,5 \\ &= 10 \text{ in} \end{aligned}$$

#### **tinggi lug**

$$\begin{aligned} \text{Tinggi lug} &= hg + 2 \text{ thp} \\ &= 10 + 0,4152 \\ &= 10,4152 \text{ in} \end{aligned}$$

#### **Kesimpulan perancangan lug dan gusset**

##### **Gusset**

lebar = 9,5 in

tinggi = 10 in

tebal = 0,0778 in

### **Lug**

lebar = 9,5 in

tinggi = 10,4152 in

tebal = 0,2076 in

## **M. Perhitungan Pondasi**

### **Dasar Perhitungan**

W= 5830,0629 lb

### **Beban yang ditanggung tiap kolom**

Rumus:

$$W_{bp} = p.l.t.\rho$$

Dimana :

p = Panjang base plate = 5 in = 0,4167 ft

l = lebar base plate = 2,5 in = 0,2083 ft

t = tebal base plate = 1/5 in = 0,0156 ft

$\rho$  = densitas dari bahan konstruksi = 489 lb/ft<sup>3</sup> =

### **Beban yang ditanggung tiap kolom**

$$\begin{aligned} W_{bp} &= 0,4167 \times 0,2083 \times 0,015625 \times 489 \\ &= 0,6632 \text{ lb} \end{aligned}$$

### **Beban tiap penyangga**

Rumus:

$$W_p = L.A.F.\rho$$

Dimana

$$L = \text{Tinggi kolom} = 5,0000 \text{ ft}$$

$$A = \text{luas kolom I beam} = 1,61 \text{ in}^2 = 0,0112 \text{ ft}^2$$

$$F = \text{faktor koreksi} = 1$$

$$\rho = \text{densitas dari bahan konstruksi} = 489 \text{ lb/ft}^3$$

Beban tiap penyangga

$$W_p = 5,0000 \times 0,0112 \times 1 \times 489$$

$$W_p = 27,3365 \text{ lb}$$

**Beban Total**

$$\begin{aligned} W_T &= W + W_{bp} + W_p \\ &= 5830,062896 + 0,6632 + 27,3365 \\ &= 5858,0626 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dianggap hanya ada gaya vertikal dan berat kolom itu sendiri bekerja pada pondasi, maka ditetapkan :

$$\text{luas atas} = 50 \times 50 \text{ in}$$

$$\text{luas bawah} = 70 \times 70 \text{ in}$$

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

Luas permukaan tanah rata-rata

$$\begin{aligned} A &= (50 \times 70)/2 + (50 \times 70)/2 \\ &= 3500 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

Volume Pondasi:

$$\begin{aligned} V &= A \times t \\ &= 3500 \times 60 \end{aligned}$$

$$= 210000 \text{ in}^3 = 121,528 \text{ ft}^3$$

Berat pondasi

Dimana :

$\rho$  = densitas semen = 144 lb/ft<sup>3</sup> (Perry, edisi 6 tabel 3-18)

$$W = V \times \rho$$

$$= 121,5278 \times 144$$

$$= 17500 \text{ lb}$$

$$= 38598 \text{ kg}$$

### Tekanan Tanah

Pondasi didirikan diatas semen sand gravel, dengan:

Save bearing minimum = 5 ton/ft<sup>2</sup>

Save bearing maximum = 10 ton/ft<sup>2</sup>

Kemampuan tekanan tanah sebesar: 5 <P>10

$$P = 10 \text{ ton/ft}^2$$

$$= 22046 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 153,0972 \text{ lb/in}^2$$

Tekanan pada tanah:

$$P = \frac{W}{A}$$

Dimana :

W = berat beban total + berat pondasi

A = berat bawah pondasi = (70 x 70)in<sup>2</sup> = 4900 in<sup>2</sup>

Sehingga :

$$P = (5858,0626 + 17500)/4900$$

$$= 4,7670 \text{ lb/in}^2 < 153,1 \text{ lb/in}^2 \text{ Memenuhi}$$

## RESUME

Suhu reaksi	= 90°C
Tekanan reaksi	= 1 atm
Waktu tinggal	= 15 menit

### a. Silinder (Shell)

Jenis	= silinder vertikal
Diameter luar: 54,00 in	= 1,3716 m
Diameter dalam : 53,62 in	= 1,3621 m
Tinggi shell : 54,00 in	= 1,3716 m
Tebal : 3/16 in	= 0,0048 m
Bahan konstruksi	= Stainless steel SA-316
Jumlah	= 1 buah

### b. Tutup atas (head)

Bentuk	=Standar dished head
Diameter luar: 54,00 in	= 1,3716 m
Diameter dalam : 53,62 in	= 1,3621 m
Tinggi head : 10,42 in	= 0,2649 m
Tebal : 3/16 in	= 0,0048 m
Bahan konstruksi	=Stainless steel SA-316

Jumlah =1 buah

**c. Tutup bawah (bottom)**

Bentuk = Standar dish

Diameter luar: 54,00 in = 1,3716 m

Diameter dalam : 53,62 in = 1,3621 m

Sudut conical: 60°

Tebal : 3/16 in = 0,0048 m

Bahan konstruksi : Stainless steel SA-316

Tinggi = 17,98 in

Jumlah : 1 buah

**d. Pengaduk**

Jenis : Six blade turbine

Diameter pengaduk : 16,83 in = 0,4275 m

Lebar sudu : 3,37 in = 0,0855 m

Panjang sudu : 4,21 in = 0,1069 m

Kecepatan putar = 165 rpm

Daya motor = 5 Hp

Jumlah = 1 buah

**e. Baffle**

Lebar : 5,05 in = 0,1283 m

Tinggi : 54,00 in = 1,3716 m

Tebal : 3/16 in = 0,0048 m

Bahan konstruksi : Stainless steel SA-316

Jumlah =4 buah

**f. Jaket**

Jarak ke dinding shell : 2,95 in = 0,0750 m

Sekat antar spiral : 7,87 in = 0,2000 m

Tebal : 3/16 in = 0,0048 m

Bahan konstruksi = Stainless steel SA-316

Jumlah =1 buah

**g. Nozzle**

Nozzle A = Nozzle untuk pemasukan asam lemak

Nozzle B = Nozzle untuk pemasukan larutan garam

Nozzle C = Nozzle untuk pemasukan larutan NaOH

Nozzle D = Nozzle untuk pengeluaran produk

Nozzle E = Nozzle untuk pemasukan dan pengeluaran pendingin

Nozzle F = Nozzle untuk manhole

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	2	6	3/4	$\frac{3}{5/8}$	3 1/16	2,38	2 1/2	2,07
B	0,5	3 1/2	7/16	$\frac{1}{3/8}$	1 3/16	5/6	1 7/8	0,62
C	1	4 1/4	9/16	2	$\frac{1}{15/16}$	1,32	$\frac{2}{3/16}$	1,05
D	2	6	3/4	$\frac{3}{5/8}$	3 1/16	2,38	2 1/2	2,07
E	2,5	7	7/8	$\frac{4}{1/8}$	3 9/16	2,88	2 3/4	2,47
F	20	27,5	$\frac{1}{11/16}$	23	22	20	$\frac{5}{11/16}$	19,25



**h. Pondasi**

Bentuk = limas terpancung

Bahan konstruksi = beton

Luas alas atas =  $(36 \times 96)$  in

Luas alas bawah =  $(72 \times 120)$  in

Tinggi = 12 in

Jumlah = 3 buah

## 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 pengendali proses sangat penting, karena menyangkut harga dan peralatan itu sendiri yang sangat mahal.

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

#### 7.1. Instrumentasi

Instrumentasi sebagai petunjuk (*indicator*), dan pengontrol (*controller*).

Tujuan dari pemasangan alat instrumentasi ini adalah:

- a. agar kondisi operasi suatu peralatan tetap terjaga pada kondisi yang aman.
- b. agar *rate* produksi diatur dalam batas – batas yang direncanakan.
- c. untuk menjaga keamanan operasi suatu proses dan keselamatan kerja.

Pada Prarencana Pabrik Sabun ini, instrumen yang perlu digunakan adalah antara lain.

##### 1. *Level Indicator* (LI)

Alat ini dipasang pada, *storage* gliserol, EDTA, dan parfum.

LI dipasang untuk mengetahui maksimal dan minimal ketinggian fluida yang ada dalam tangki agar tidak melebihi batas yang telah ditentukan, dan mengetahui ada tidaknya ketersediaan bahan dalam tangki.

##### 2. *Level Controller* (LC)

Alat ini dipasang pada pipa keluaran *feed* dari tangki NaOH. LC berfungsi untuk mengontrol laju alir fluida melalui perpipaan agar tetap sesuai yang ditetapkan dan tidak terjadi *over load* bahan masuk.

##### 3. *Temperature Controller* (TC)

Alat ini di pasang pada *Melter*, *Heater*, *cooler*, Evaporator, dan reaktor-*Neutralizer*.

TC untuk menjaga *temperature* agar beroperasi pada *temperature* konstan.

4. *Pressure Control (PC)*

Alat ini dipasang pada *Hydrolyzer*, dan *Flash Tank*. PC berfungsi untuk mengatur tekanan yang ada di dalam suatu alat agar sesuai dengan tekanan operasi.

5. *Flow Ratio Control (FRC)*

Alat ini dipasang pada pipa saluran umpan menuju Amalgamator dan *storage* gliserol. Alat ini berfungsi untuk mengetahui dan mengontrol *ratio feed*.

6. *Weight Control (WC)*

Alat ini dipasang pada *Hopper* di atas *Melter* dan *Mixer NaCl*. Alat ini berfungsi untuk mengetahui dan mengontrol berat bahan.

Pemasangan alat instrumentasi pada masing-masing peralatan proses terlihat pada table 7.1.1.

Tabel 7.1.1. Pemasangan Alat Control pada Prarencana Pabrik Sabun

No	Nama Alat	Kode Alat	Kode Instrumentasi
1	<i>Storage NaOH</i>	F-125	FC
2	<i>Mixer NaCl</i>	M-123	WC
3	<i>Melter</i>	M-113	TC, WC
4	<i>Hydrolyzer</i>	R-110	PC
5	Evaporator	V-132	TC
6	<i>Flash Tank</i>	D-127	PC
7	<i>Reaktor-Neutralizer</i>	R-120	TC
8	<i>Cooler, Heater</i>	E-115, E-124	TC
9	Amalgamator	P-137 A	FRC
10	<i>Storage Gliserol</i>	F-135 D	LI

## 7.2. Keselamatan Kerja

Pada suatu pabrik, keselamatan kerja merupakan faktor yang harus mendapat perhatian besar, sebab mengabaikan masalah ini dapat mengakibatkan terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan. Keselamatan kerja yang terjamin secara psikologis dapat membuat para pekerja yang terlibat di dalamnya merasa aman dan tenang serta lebih berkonsentrasi pada pekerjaan yang ditangani sehingga produktivitas juga akan meningkat.

Usaha untuk menjaga keselamatan kerja dan keamanan pabrik tidak hanya ditunjukkan kepada faktor manusianya saja, tetapi juga untuk menjaga peralatan yang ada di dalam pabrik. Dengan terpeliharanya peralatan dengan baik maka diharapkan peralatan dalam jangka waktu yang lama

Macam-macam bahaya yang biasa terjadi dalam pabrik yang harus diperhatikan dalam perencanaan yaitu:

- a. Bahaya kebakaran
- b. Bahaya mekanik
- c. Bahaya terhadap kesehatan
- d. Bahaya listrik

#### 7.2.1. Bahaya kebakaran

Bahaya kebakaran merupakan hal yang sangat membutuhkan perhatian, oleh sebab itu diperlukan pengamanan yang sebaik-baiknya terutama dalam produksi.

Cara menanggulangi kebakaran, yaitu:

- a. Penyediaan alat-alat pencegah kebakaran, baik akibat listrik, maupun api.
- b. Pemasangan isolasi pada seluruh kabel – kabel transmisi yang ada.
- c. Menempatkan alat – alat utilitas cukup jauh tetapi praktis dari unit operasi.
- d. Penempatan bahan – bahan yang mudah terbakar di tempat tertutup dan jauh dari sumber api.
- e. Pemasangan pipa air melingkar di seluruh lokasi pabrik (*water hydrant*).
- f. Pemasangan alat pemadam kebakaran pada setiap tempat yang rawan dan pemasangannya harus pada tempat yang mudah terjangkau.
- g. Larangan merokok dilingkungan pabrik.

#### 7.2.2 Bahaya mekanik

Bahaya mekanik biasanya disebabkan oleh pengerjaan konstruksi yang tidak memenuhi syarat yang berlaku.

Hal – hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah:

- Perencanaan tangki yang harus disesuaikan dengan aturan yang berlaku termasuk pemilihan bahan konstruksi, memperhitungkan faktor korosi dan lain – lain.
- Pemasangan alat *control* yang baik dan sesuai diberi alat pengamanan.

### 7.2.3 Bahaya terhadap kesehatan

Untuk menjaga keselamatan karyawan perlu adanya kesadaran dari setiap karyawan agar dapat bekerja dengan baik sehingga tidak membahayakan keselamatan jiwanya dan orang lain.

Untuk mengetahui akan bahaya masing – masing alat sangatlah penting untuk diketahui oleh semua karyawan terutama operator *control*. Karyawan harus menggunakan pelindung diri seperti topi pengaman, sepatu, sarung tangan, kaca mata, dan masker.

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

Selain itu bahaya terhadap kesehatan karyawan juga perlu diwaspadai. Umumnya berasal dari bahan baku, bahan yang diproses, dan produk. Karena itu diusahakan agar ruangan proses maupun ruangan lainnya memiliki ventilasi atau pertukaran udara yang cukup sehingga dapat memberikan kesegaran pada karyawan serta dapat menghindari gangguan terhadap pernafasan. Alat pengaman keselamatan kerja karyawan dapat dilihat pada table 7.2.3.1.

Table 7.2.3.1. Alat Keselamatan Kerja pada Prarencana Pabrik Sabun

No	Alat Pelindung	Lokasi Pengamanan
1	Masker	Pekerja pada bagian, bahan baku, proses, laboratorium
2	Helm	Pekerja pada bagian bahan baku, proses, dan produk
3	Sepatu karet	Pekerja pada bagian bahan baku, utilitas, produk
4	Sarung tangan	Pekerja pada bagian bahan baku, proses, produk, laboratorium
5	Isolasi panas dan pagar	Pekerja pada bagian reactor, heater, boiler, evaporator
6	Pemadam kebakaran	Seluruh karyawan kantor dan lapangan
7	P3K	Seluruh karyawan kantor dan lapangan
8	Jas laboratorium	Karyawan laboratorium
9	Sepatu dengan ujung besi	Pekerja pada bagian proses dan <i>maintenance</i>
10	Isolasi dan panel	Kabel – kabel listrik

#### **7.2.4 Bahaya listrik**

Bahaya pengoperasian maupun perbaikan instalasi listrik hendaknya selalu menggunakan alat pengaman yang disediakan pabrik, sehingga para pekerja dapat terjaga keselamatannya.

Hal – hal yang perlu diperhatikan:

- a. Semua bagian pabrik harus diberi penerangan yang cukup
- b. Peralatan listrik di bawah tanah sebaiknya diberi tanda dengan jelas.

## **BAB VIII**

### **UTILITAS PABRIK**

Unit utilitas pada suatu pabrik adalah salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia, sehingga kapasitas produksi semaksimal mungkin dapat dicapai. Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rencana Pabrik Sabun dari RBDPS ini yaitu :

- Air yang berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air umpan boiler, air sanitasi dan air untuk pemadam kebakaran.
- Steam sebagai media pemanas dalam proses produksi.
- Listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, utilitas dan untuk penerangan.
- Bahan bakar untuk mengoperasikan boiler.
- Refrigerant digunakan untuk menjaga suhu dan mendinginkan suhu dalam proses produksi.

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

1. Unit penyediaan steam
2. Unit penyediaan air
3. Unit penyediaan tenaga listrik
4. Unit penyediaan bahan bakar
5. Unit Penyediaan Refrigerant

#### **8.1. Unit Penyediaan Steam**

Bahan baku pembuatan steam adalah Air Umpan Boiler. Steam yang dibutuhkan dalam proses pembuatan Sabun dari RBDPS sebanyak 4032,8700 kg/jam mempunyai kondisi :

- Tekanan : 2548 KPa
- Temperatur : 225 °C

Zat-zat yang terkandung dalam air umpan boiler yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler adalah :

- Kadar zat terlarut (soluble matter) yang tinggi
- Zat padat terlarut (suspended solid)
- Garam-garam kalsium dan magnesium
- Zat organik (organic matter)
- Silica, sulfat, asam bebas dan oksida

(Jenny Ernawati, Ir Hal 70)

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler :

a. Tidak boleh berbuih (berbusa)

Busa disebabkan oleh adanya solid matter, suspended matter dan kebasaaan yang tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa :

- Kesulitan pembacaan tinggi liquida dalam boiler.
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat yang mengakibatkan adanya solid-solid yang menempel dan mengakibatkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

Untuk mengatasi hal ini perlu adanya pengontrolan terhadap adanya kandungan Lumpur, kerak, dan alkalinitas air umpan boiler.

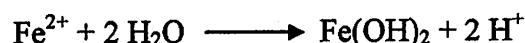
b. Tidak boleh membentuk kerak pada boiler

Kerak dalam boiler akan menyebabkan :

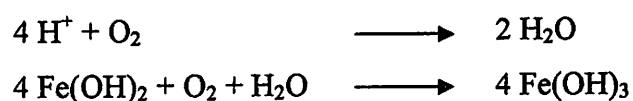
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat.
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik, serta gas  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ , yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :



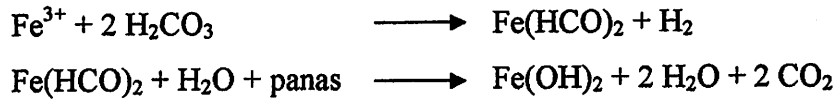
Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hydrogen yang terbentuk akan bereaksi membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :





Adanya bikarbonat dalam air akan menyebabkan terbentuknya  $\text{CO}_2$ , karena pemanasan dan adanya tekanan.  $\text{CO}_2$  yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam karbonat akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan (kalor), garam bikarbonat ini menjadi  $\text{CO}_2$  lagi.

Reaksi yang terjadi :



(Muharto, Ir Hal 46)

### **Proses Pengolahan Air Pada Unit Pengolahan Air**

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

Proses pengolahan air sungai tersebut adalah :

Air dari sungai dipompa dengan pompa (L-212) menuju bak skimer (F-213) untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang terapung dalam air. Kemudian dipompa (L-214) menuju bak sedimentasi (F-215) yang berfungsi untuk mengendapkan lumpur-lumpur dalam air sungai. Dari bak sedimentasi air dipompa (L-216) menuju tangki clarifier (F-217), disini terjadi proses koagulasi dan flokulasi dengan penambahan alum sebagai zat koagulan dan diadakan pengadukan dengan kecepatan yang cepat dan lambat agar terbentuk flok dan mengendap.

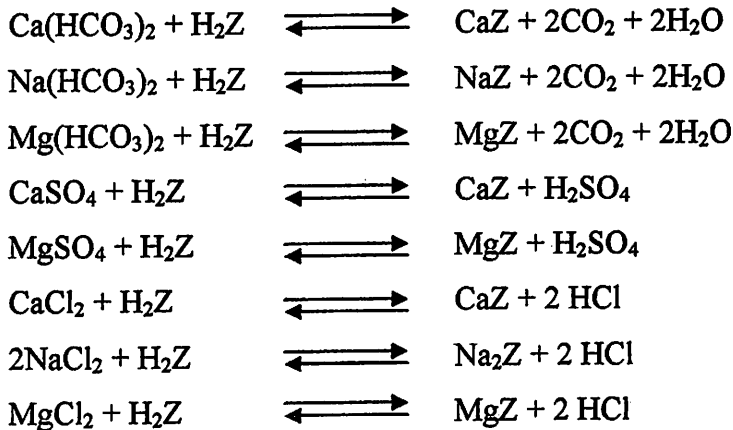
Setelah terjadi proses koagulasi dan flokulasi dalam bak clarifier, kemudian air menuju ke sand filter (F-218) untuk menyaring kotoran-kotoran yang masih tersisa.

Dari sand filter air masuk ke bak air bersih (F-219) dan diolah sesuai dengan fungsinya masing-masing yaitu :

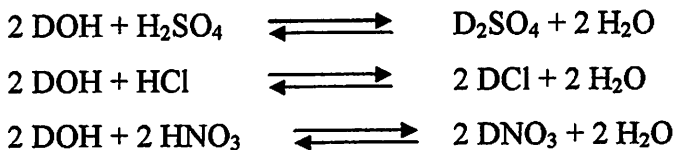
#### **a. Pengolahan air umpan boiler**

Pelunakan air umpan boiler yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-210A) dan anion exchanger (D-210B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin zeolit ( $\text{H}_2\text{Z}$ ) dan anion yang digunakan adalah deacidite (DOH).

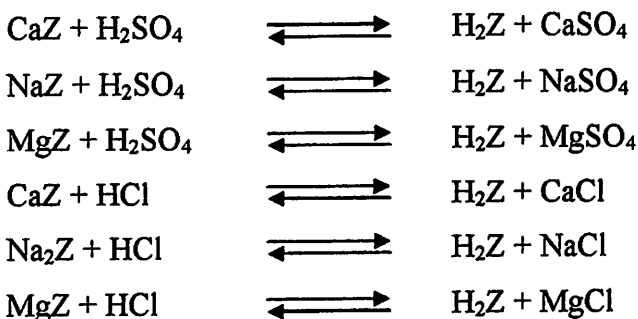
Air dari bak air bersih (F-219) dialirkan dengan pompa (L-220) menuju kation exchanger (D-210A). dalam tangki kation exchanger terjadi reaksi-reaksi sebagai berikut :



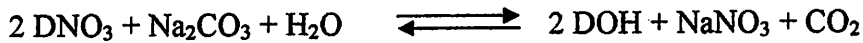
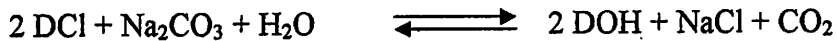
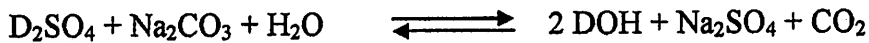
Ion-ion bikarbonat, sulfat dan klor diikat dengan ion Z membentuk  $\text{CO}_2$  dan air,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{HCl}$ . Selanjutnya air yang bersifat asam ini dialirkan ke tangki anion exchanger (D-210B) untuk dihilangkan anion-anion yang mengganggu proses. Resin yang dipakai dalam anion exchanger adalah Deacidite (DOH). Dalam tangki anion exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :



Pemakaian resin yang terus menerus menyebabkan resin tidak aktif lagi. Hal ini dapat diketahui dengan pemeriksaan kesadahan air umpan boiler. Resin yang sudah tidak aktif menunjukkan bahwa resin sudah tidak jenuh dan perlu diregenerasi. Regenerasi hydrogen exchanger dilakukan dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida. Dengan reaksi sebagai berikut :



Sedangkan regenerasi anion exchanger dengan menggunakan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  atau  $\text{NaOH}$ . Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Setelah keluar dari demineralisasi, air umpan boiler telah terbebas dari ion-ion pengganggu. Untuk memenuhi kebutuhan umpan boiler, air lunak ditampung dalam bak air lunak (F-222) yang selanjutnya dipompa (L-223) ke deaerator (D-224) untuk menghilangkan gas impurities pada air umpan boiler dengan sistem pemanasan. Dari deaerator air siap diumpankan ke boiler (Q-221) dengan pompa (L-225). Steam yang dihasilkan boiler didistribusikan ke peralatan dan kondensat yang dihasilkan direcycle.

#### b. Pengolahan air pendingin

Untuk memenuhi kebutahan air pendingin, air dari bak air bersih (F-219) dipompa (L-226) ke bak air pendingin (F-227) kemudian didistribusikan ke peralatan dengan pompa (L-228). Setelah digunakan, air direcycle ke cooling tower (P-240) dan selanjutnya dari cooling tower, air direcycle ke bak air pendingin kembali.

#### c. Pengolahan air sanitasi

Air dari bak air bersih (F-219) dialirkan dengan pompa (L-229) menuju bak klorinasi (F-230) dan ditambahkan desinfektan klor ( $\text{Cl}_2$ ) sebanyak 1 ppm yang diinjeksikan langsung kedalam pipa. Dari bak klorinasi, air dialirkan menuju bak air sanitasi (F-232) dengan menggunakan pompa (L-231) dan siap digunakan sebagai air sanitasi.

#### d. Pengolahan air proses

Untuk air proses digunakan air dari bak air lunak (F-222) dan di distribusikan keperalatan dengan menggunakan pompa (L-241).

## 8.2. Unit Penyediaan Air

Berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air baik ditinjau dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Dari segi kuantitas air merupakan jumlah kebutuhan air yang harus dipenuhi sedangkan dari segi kualitas air menyangkut syarat air yang harus dipenuhi.

### 8.2.1. Air umpan boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan steam yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam Pra Rencana Pabrik Sabun dari RBDPS sebesar 4032,8700 kg/jam. Air umpan boiler yang disediakan dengan excess 20% sebagai pengganti steam yang hilang yang diperkirakan adanya kebocoran akibat transmisi dan factor keamanan 20%. Sehingga kebutuhan air umpan boiler adalah sebanyak 4839,444 kg/jam.

Air untuk keperluan ini harus memenuhi syarat-syarat agar tidak merusak boiler (ketel), maka air umpan boiler harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

☞ total padatan (total dissolved solid)	= 3500 ppm
☞ alkalinitas	= 700 ppm
☞ padatan terlarut	= 300 ppm
☞ silica	= 60 – 100 ppm
☞ besi	= 0.1 mg/L
☞ tembaga	= 0.5 mg/L
☞ oksigen	= 0.007 mg/L
☞ kesadahan (hardness)	= 0
☞ kekeruhan	= 175 ppm
☞ minyak	= 7 ppm
☞ residual fosfat	= 140 ppm

(Perry, 6<sup>th</sup> ed, hal 9-76)

Selain harus memenuhi persyaratan tersebut diatas, air umpan boiler harus bebas dari :

- ☞ Zat-zat yang menyebabkan korosi, yaitu gas-gas terlarut seperti O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>.
- ☞ Zat-zat yang dapat menyebabkan busa, yaitu organik, anorganik dan zat tak terlarut dalam jumlah besar.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan mencegah kerusakan pada boiler, sebelum digunakan air umpan boiler harus diolah dulu, melalui :

- ☞ Demineralisasi, untuk menghilangkan ion-ion pengganggu.
- ☞ Daerator, untuk menghilangkan gas-gas terlarut

### 8.2.2. Air pendingin

Air berfungsi sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas. Hal ini disebabkan karena :

- Air merupakan materi yang banyak didapat
- Mudah dikendalikan dan dikerjakan
- Dapat menyerap panas
- Tidak mudah menyusut karena pendinginan
- Tidak mudah terkondensasi

Selain sebagai media pendingin air harus memenuhi persyaratan tertentu yaitu tidak mengandung:

- besi penyebab korosi
- silica penyebab kerak
- hardness yang memberikan efek pada pembuatan kerak
- minyak penyebab turunnya efisiensi heat transfer yang merupakan makanan mikroba yang dapat menyebabkan terbentuknya endapan

(Jenny Ernawati, Ir Hal 69)

Air pendingin pada Pra Rencana Pabrik Sabun dari RBDPS ini sebesar 142.660,9 kg/jam. Dengan excess 20% dari kebutuhan dan untuk factor keamanan 20% maka kebutuhan air pendingin adalah 4.108.634,5 kg/jam.

### 8.2.3. Air sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk keperluan laboratorium, kantor, air untuk mencuci, mandi, taman, dan lain-lain. Air sanitasi yang dibutuhkan sebesar 2.034,4647 kg / jam.

Standart air sanitasi yang harus dipenuhi :

- ▲ Syarat fisik
  - tidak berwarna
  - tidak berbau
  - tidak berbusa
  - mempunyai suhu dibawah suhu udara
  - kekeruhan kurang dari 1 ppm SiO<sub>2</sub>
  - pH netral
- ▲ Syarat kimia

- Tidak beracun
  - Tidak mengandung bakteri ion patogen yang dapat merubah sifat-sifat fisik air
- ▲ Syarat mikrobiologis
- Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri pathogen yang dapat merubah sifat fisik air

(Salvato Jr, Hal 34)

#### 8.2.4. Air proses

Air proses pada Pra Rencana Pabrik Sabun dari RBDPS ini sebesar 2.988,770 kg/jam, yang digunakan pada Tangki Pengencer NaCl (M-123) sebesar 444,510 kg/jam, dan Reaktor hidrolizer (R-110) sebesar 2544,26 kg/jam.

#### 8.3. Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Listrik yang dibutuhkan pada Pra Rencana Pabrik Sabun dari RBDPS ini meliputi :

- Proses : 448,24 kW
- Penerangan : 26,9 kW

Kebutuhan listrik untuk proses, penerangan, instrument dan lain-lain dipenuhi oleh PLN. Sedangkan apabila ada listrik padam, maka digunakan satu generator AC bertenaga diesel berkekuatan 635 kW dengan satu buah sebagai cadangan.

#### 8.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang dibutuhkan oleh pabrik, yaitu pada boiler sebesar 131.836,1632 L/hr dan pada generator 8.560,44 L/hr. Bahan bakar yang digunakan adalah Diesel Oil, pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Harganya relatif murah
- Mudah didapat
- Viskositasnya relatif rendah sehingga mudah mengalami pengabutan
- Heating valuenya relatif tinggi
- Tidak menyebabkan kerusakan pada alat-alat

Dari tabel 9.9 dan fig. 9-9 Perry 6th ed, didapat :

- Flash point = 38 °C (100 °F)

- Pour point = - 6 °C (21,2 °F)
- Densitas = 0.8 kg/L
- Heating value = 19.000 btu/lb

Spesifik Generator:

Type	: AC generator
Kapasitas	: 635 kW
Effisiensi	: 80%
Jumlah	: 2 buah (1 cadangan)

## **BAB IX**

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

#### **9.1. Lokasi Pabrik**

Dasar pemilihan lokasi pabrik dari suatu perusahaan adalah sangat penting sehubungan dengan perkembangan ekonomi dan sosial masyarakat, karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup perusahaan selanjutnya.

Setelah mempelajari dan mempertimbangkan faktor – faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi tersebut maka Pabrik Sabun yang direncanakan ini didirikan di Long Kali, Propinsi Kalimantan Timur.

Adapun alasan tentang pendirian Pabrik Sabun yang direncanakan di daerah tersebut adalah dengan menghubungkan faktor–faktor utama dan khusus yang berpengaruh. Oleh karena itu, perlu diadakan seleksi dan evaluasi, sehingga lokasi benar – benar memenuhi persyaratan bila ditinjau dari segala segi. Faktor–faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih lokasi pabrik dapat digolongkan sebagai berikut.

1. Faktor utama
  - a. Penyediaan bahan baku
  - b. Pemasaran (marketing)
  - c. Utilitas (bahan bakar, sumber air dan listrik)
  - d. Keadaan geografis masyarakat
2. Faktor khusus
  - a. Transportasi
  - b. Tenaga kerja
  - c. Buangan pabrik dan pembuangan limbah
  - d. Perpajakan dan asuransi
  - e. Karakteristik dari lokasi
  - f. Peraturan perundang-undangan

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

- a. Penyediaan bahan baku



Bahan baku utama dari pabrik sabun ini adalah RBDPS (*Refined Bleached Deodorized Palm Stearin*). Salah satu industri yang menghasilkan RBDPS adalah PTPN XIII yang berlokasi dekat dengan lokasi perencanaan pabrik sabun. Hal – hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku:

- letak sumber bahan baku
- kapasitas sumber bahan baku dan berapa lama sumber tersebut dapat diandalkan pengadaannya.
- kualitas bahan baku yang ada, apakah kualitas ini sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan.
- cara mendapatkan bahan baku dan angkutannya.

#### b. Pemasaran (*Marketing*)

Pemasaran merupakan salah satu faktor yang paling penting dalam industri kimia karena berhasil atau tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri tersebut. Hal – hal yang perlu diperhatikan adalah:

- dimana produksi akan dipasarkan (*marketing area*)
- kebutuhan produk saat sekarang dan akan datang
- pengaruh persaingan yang ada
- jarak pemasaran dari lokasi dan bagaimana sarana pengangkutan untuk sampai ke daerah pemasaran.

Hasil dari pabrik ini sebagian digunakan untuk konsumsi dalam negeri dan yang lain di ekspor sehingga dipilih lokasi pabrik yang dekat dengan pelabuhan untuk memudahkan ekspor dan mendekati konsumen.

#### c. Utilitas

Unit utilitas dalam suatu pabrik sangatlah penting karena merupakan sarana bagi kelancaran proses produksi. Unit utilitas terdiri dari.

##### 1. Air.

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam industri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan proses, air umpan Boiler, air sanitasi, dan kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini air diambil dari air sungai (sumber).

Bila air dibutuhkan dalam jumlah besar, maka pengambilan air sungai (sumber) akan lebih ekonomis. Hal – hal yang diperhatikan dalam pemilihan sumber air.

- Kemampuan sumber air untuk melayani pabrik

- Kualitas air yang disediakan
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan air
- Memperkirakan kebutuhan air yang mendukung industri termasuk untuk air pendingin, air sanitasi, air umpan Boiler dan air yang tersedia untuk mencegah kebakaran.
- Memperhatikan efek pembuangan limbah dari aktivitas industri terhadap lingkungan sekitar, terutama yang menyebabkan kontaminasi terhadap air.

Untuk memenuhi kebutuhan air sehari – hari diambil dari air sungai. Air sungai di olah terlebih dahulu pada unit utilitas untuk menghasilkan air yang berkualitas sesuai dengan ketentuan.

## 2. Listrik dan bahan bakar.

Listrik dan bahan bakar dalam industri mempunyai peranan penting terutama sebagai motor penggerak selain penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan lainnya. Hal – hal yang harus diperhatikan:

- ada tidaknya jumlah tenaga listrik yang tersedia di daerah itu
- harga tenaga listrik di daerah tersebut
- harga tenaga listrik dan bahan bakar dimasa yang akan datang
- mudah atau tidaknya mendapatkan bahan bakar.

Sumber listrik diperoleh dari PLN, walupun demikian tenaga Generator diperlukan sebagai cadangan yang harus siap bila terjadi pemadaman listrik oleh PLN. Bahan bakar digunakan untuk menghasilkan steam pada Boiler. Bahan bakar untuk menggerakkan Generator adalah *feul oil 33° API*.

## 3. Keadaan geografis dan masyarakat.

Keadaan geografis dan masyarakat harus mendukung industri untuk menciptakan kenyamanan dan ketentraman dalam bekerja. Hal – hal yang perlu diperhatikan.

- Kesiapan masyarakat untuk menjadi masyarakat industri
- Keadaan alamnya, keadaan alam yang menyulitkan akan mempengaruhi spesifikasi peralatan serta konstruksi peralatan
- Keadaan angin (kecepatan dan arah angin) pada situasi terburuk yang pernah terjadi pada tempat tersebut
- Gempa bumi, banjir, angin topan dan lain – lain

- Keadaan tanah tempat pabrik berdiri yang dapat menyulitkan pemasangan konstruksi bangunan atau peralatan proses
- Pengaruh produk yang dihasilkan maupun proses yang digunakan terhadap masyarakat, lingkungan sekitar, terutama untuk industri yang menghasilkan bahan berbahaya
- Kemungkinan untuk perluasan dimasa yang akan datang.

Dengan memperhatikan beberapa faktor tersebut, maka sebelum pendirian pabrik harus dilakukan survey area terlebih dahulu sehingga keberlangsungan dan masa depan pabrik dapat terjamin.

### 9.1.2. Faktor khusus

#### a. Transportasi

Masalah transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran pembekalan *supply* bahan baku dan penyaluran produk dapat terjamin dengan biaya serendah mungkin dan dalam waktu yang singkat. Karena itu perlu diperhatikan faktor – faktor yang ada, seperti:

- jalan raya yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor
- jalur kereta api
- adanya pelabuhan laut dan lapangan udara
- sungai atau laut yang dapat dilalui perahu atau kapal
- jarak sumber bahan baku maupun dengan daerah pemasaran.

#### b. Tenaga kerja

Kebutuhan tenaga kerja baik tenaga kasar atau tenaga ahli perlu diperhatikan karena akan berpengaruh terhadap kinerja dan kelancaran dari perusahaan. Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam hal ini adalah.

- Mudah atau tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang diinginkan
- Keahlian dan pendidikan tenaga kerja yang tersedia
- Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah tersebut
- Karakteristik dari lokasi

#### c. Buangan pabrik dan pembuangan limbah

Apabila buangan pabrik (*waste disposal*) berbahaya bagi kehidupan di sekitarnya, maka yang harus diperhatikan adalah.

- Cara menentukan bentuk buangan, terutama yang berhubungan dengan peraturan pemerintah dan peraturan setempat.
- Masalah polüsi atau efek samping dari polusi yang mungkin timbul.

Untuk membuang limbah industri harus memperhatikan usaha pencegahan industri terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik berupa gas, cair maupun padatan dengan memperhatikan ketentuan dari pemerintah.

d. Perpajakan dan Asuransi

Masalah ini berkaitan dengan pemberian izin dan sistim perpajakan daerah pendirian pabrik tersebut. Hal – hal yang mempengaruhi antara lain.

- Pendapatan daerah tersebut
- Asuransi untuk pengangguran
- Monopoli perusahaan

e. Karakteristik dari lokasi

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam memilih lokasi adalah.

- Apakah daerah tersebut merupakan lokasi bebas sawah, rawa, bukit, dsb
- Harga tanah dan fasilitas lainnya

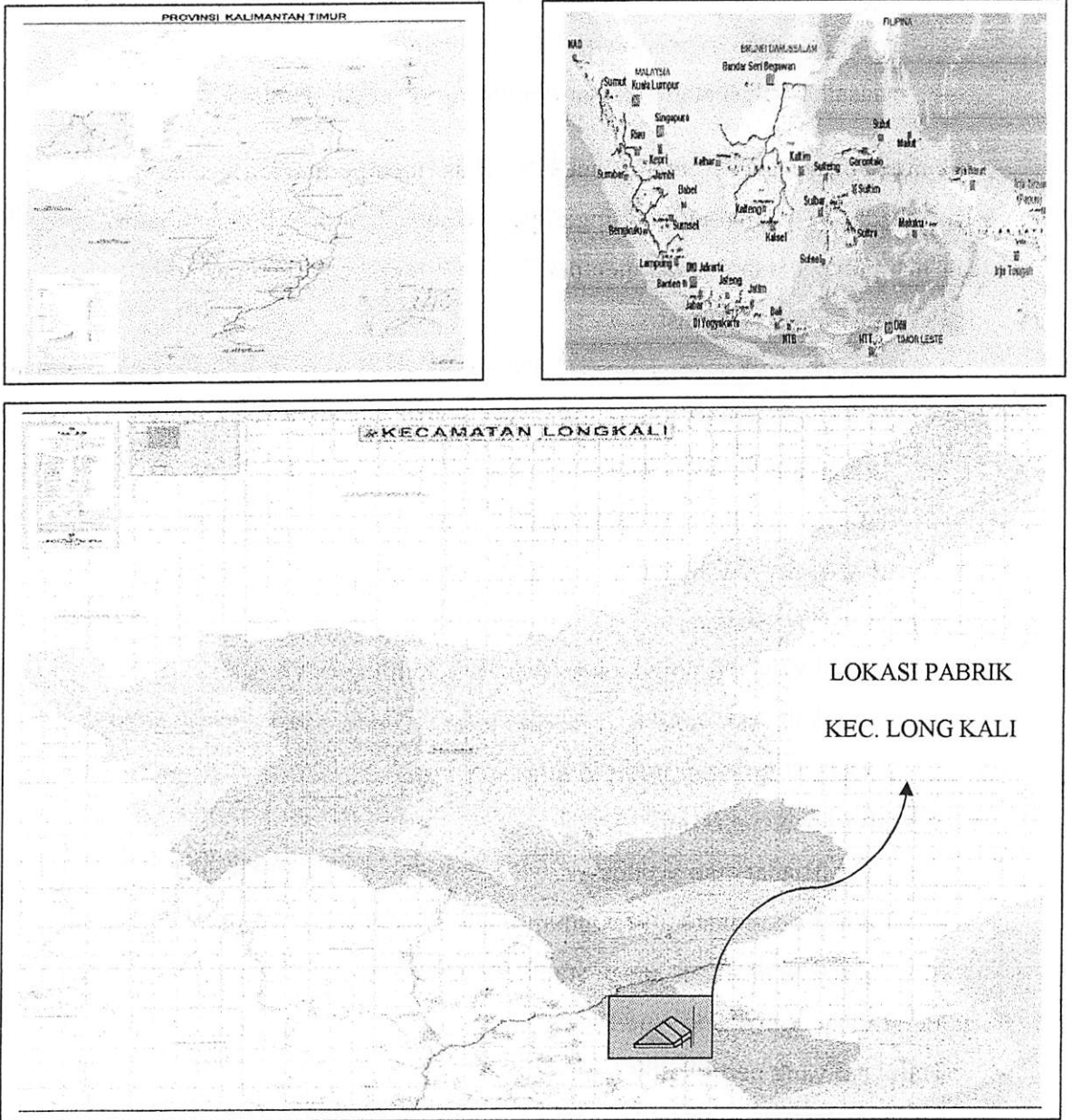
f. Faktor lingkungan (komunitas)

- Adat istiadat atau kebudayaan di daerah sekitar lokasi pabrik
- Fasilitas perumahan, sekolah, poliklinik dan tempat ibadah
- Apakah daerah perkotaan atau pedesaan.

g. Peraturan dan Undang – undang

Hal – hal yang perlu diperhatikan:

- Ketentuan – ketentuan mengenai daerah tersebut
- Ketentuan mengenai jalan umum yang ada bagi industri di daerah tersebut.



Gambar 9.1.2.1. Peta Lokasi Pabrik Sabun

## 9.2. Tata Letak

Tata letak pabrik adalah pengaturan atau peletakan bangunan dan peralatan dalam pabrik, yaitu meliputi area proses, area penyimpanan dan area material sedemikian rupa sehingga pabrik dapat beroperasi secara efektif dan efisien. Tujuan utama dari tata letak pabrik adalah:

- Untuk mengatur alat – alat serta fasilitas produksi
- Untuk menjaga keselamatan
- Supaya pemeliharaan dapat diatur dengan mudah
- Pembiayaan dapat ditekan seminimal mungkin
- Fungsi dari peralatan dan bangunan dapat dipakai seefisien mungkin.

Tata letak pabrik dapat dibagi menjadi 2 bagian:

1. Tata letak bangunan

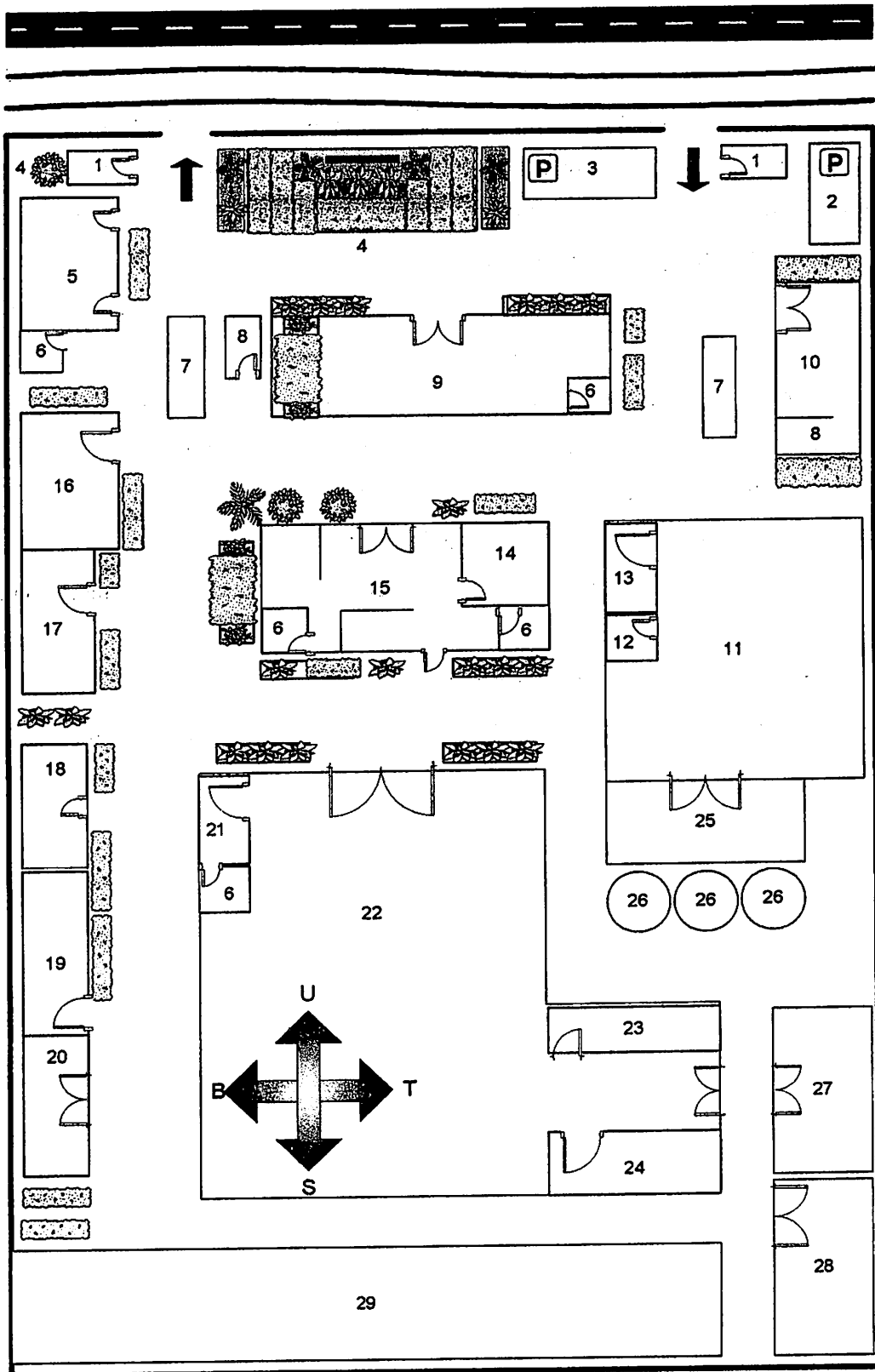
Pengaturan tata letak ruangan dari pada unit – unit bangunan dalam suatu pabrik dapat dilaksanakan sedemikian rupa sehingga:

- Pemakaian areal tanah sekecil mungkin
- Letak bangunan sesuai dengan urutan proses
- Letak bangunan kantor dan bangunan untuk proses harus terpisah, hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya bahaya yang mungkin timbul
- Bahan baku dan produk dapat diangkut dengan mudah
- Terjadinya areal tanah jalan maupun perluasan pabrik
- Ventilasi dan penerangan yang cukup pada bangunan pabrik.

Table 9.2.1. Perincian Luas Daerah Pabrik

No	Lokasi	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Pos keamanan	25
2	Parkir pegawai	100
3	Parkir tamu	150
4	Taman	400
5	Mushalla	250
6	Toilet	9
7	Timbangan	60
8	Ruang operator timbangan	25
9	Aula	500
10	Ruangan R & D	220
11	Ruang bongkar muat bahan baku	900
12	Ruang pengawas bahan baku	25
13	Ruang pengambilan sampel bahan baku	40
14	Ruang kepala pabrik	150

15	Ruang staff	400
16	Perpustakaan	250
17	Kantin	220
18	Ruang pemadam kebakaran	200
19	Bengkel	260
20	Garasi	240
21	Ruang staff/pengawas	100
22	Ruang produksi	3.000
23	Laboratorium	200
24	Ruang generator	250
25	Gudang bahan baku	400
26	Tangki bahan baku dan hasil samping	300
27	Gudang produk	400
28	Utilitas	400
29	IPAL	1.500
	<b>Total</b>	<b>10.974</b>



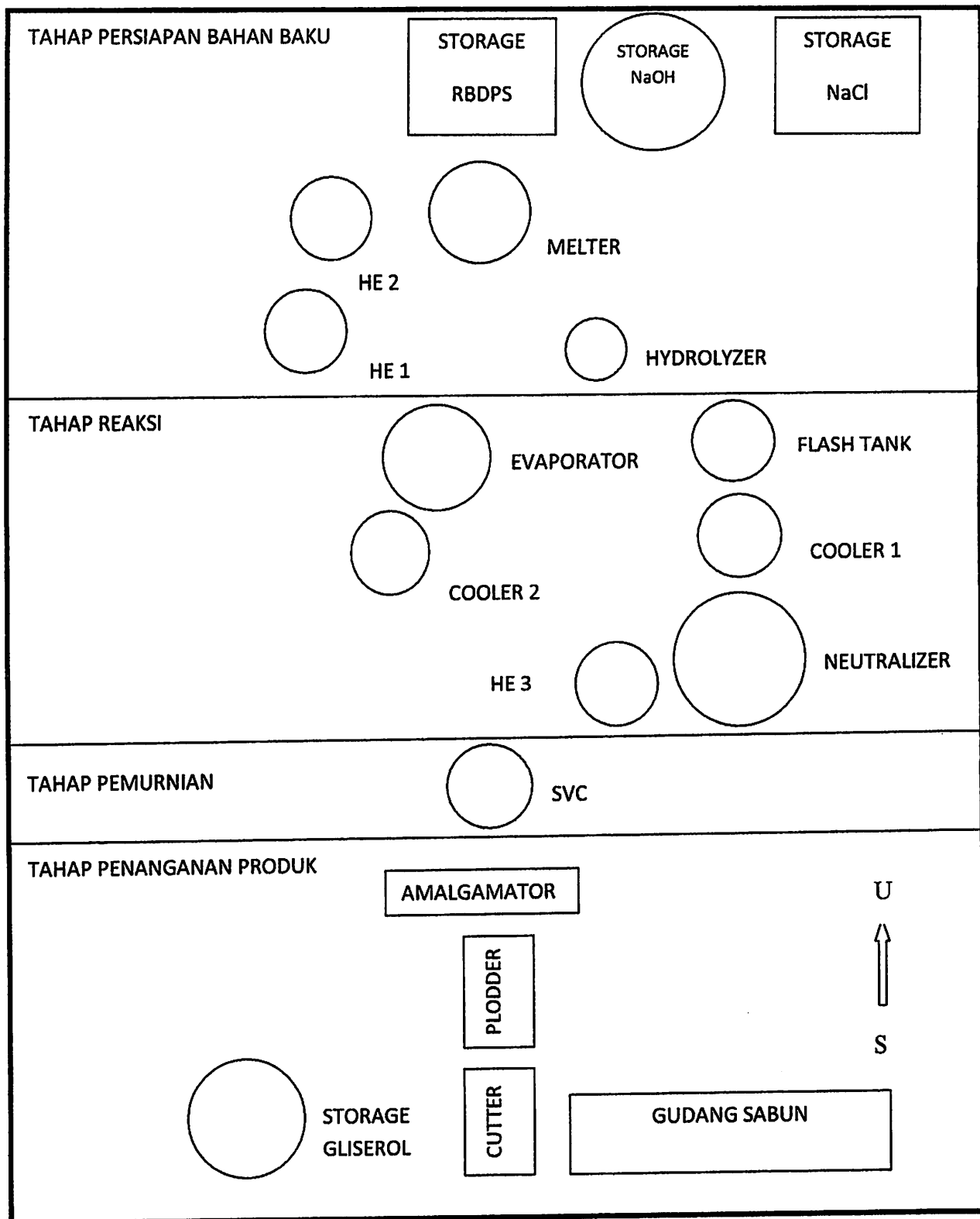
Gambar 9.2.1. Plant Lay Out Pra Rencana Pabrik Sabun



## 2. Tata Letak Peralatan

Tata letak peralatan adalah cara menempatkan peralatan – peralatan di dalam pabrik sedemikian rupa sehingga pabrik dapat bekerja secara efektif dan efisien. Perencanaan yang baik dalam tata letak pabrik harus mencakup arus proses, storage dan material yang efisien serta diharapkan adanya kombinasi yang sempurna. Dalam menentukan tata letak peralatan maka perlu diperhatikan beberapa faktor.

- a. Pengaturan jarak antara peralatan proses yang satu dengan yang lain sehingga mempermudah pengontrolan peralatan.
- b. Pengaturan sistim yang ada pada tempat yang tepat agar tidak mengganggu aktifitas kerja serta pemberian warna yang jelas pada aliran proses
- c. Peletakan alat pemadam kebakaran yang mudah dijangkau
- d. Peletakan alat kontrol sehingga mudah diawasi oleh operator
- e. Peralatan diusahakan tersusun berurutan sehingga memudahkan pemeriksaan dan pengawasan
- f. Ruangan harus cukup untuk peralatan
- g. Bila sekiranya ada alat yang diletakkan di atas maka dapat disusun sesuai dengan prosesnya



Gambar 9.2.2. Lay Out Peralatan Proses

## **BAB X**

### **STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN**

Kelancaran suatu pabrik merupakan hal yang penting dan menjadi tujuan utama setiap perusahaan. Hal ini dapat ditunjang dengan adanya struktur organisasi yang baik. Struktur organisasi dapat memberikan wewenang pada setiap perusahaan untuk melaksanakan tugas yang dibebankan kepadanya. Juga mengatur sistim dan hubungan struktural antar fungsi atau orang – orang dalam hubungan satu dengan yang lainnya pada pelaksanaan fungsi mereka.

#### **10.1. Umum**

Bentuk Perusahaan	: Perseroan Terbatas ( PT )
Lokasi Pabrik	: Kecamatan Long Kali, Kalimantan Timur
Kapasitas Produksi	: 50.000 ton / tahun
Modal	: Penanaman modal dalam negeri

#### **10.2. Bentuk Perusahaan**

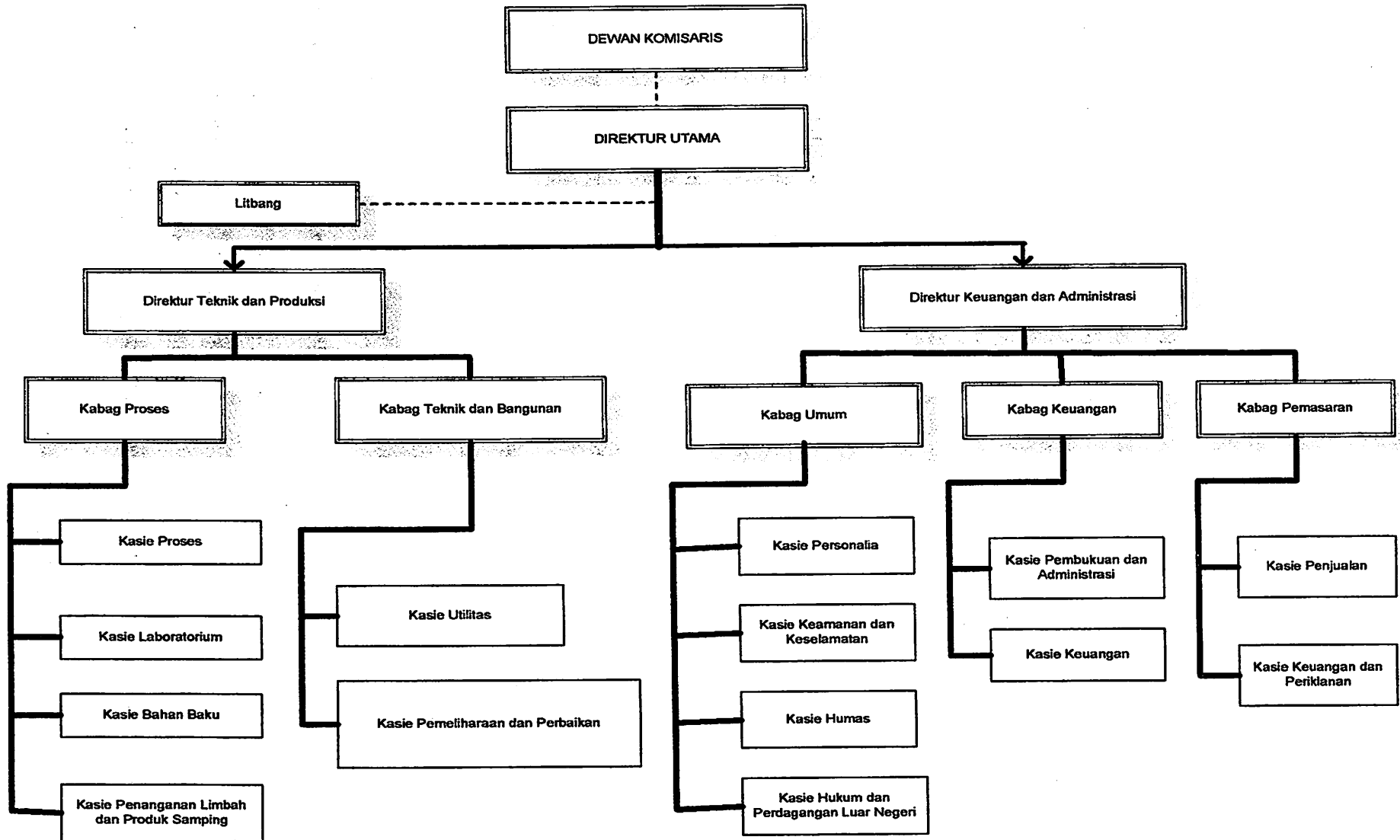
Pabrik Sabun merupakan perusahaan swasta nasional yang akan didirikan dengan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas ( PT ). Bentuk ini dipilih dengan alasan:

1. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sebab segala sesuatu yang menyangkut perusahaan dipegang oleh pemimpin perusahaan.
2. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu dengan yang lainnya. Pemilik PT adalah pemegang saham, sedangkan pengurus adalah Direksi beserta staffnya yang diawasi oleh Dewan Direksi.
3. Mudah mendapatkan modal dari hasil penjualan saham setelah pabrik berjalan optimum dengan validitas yang jelas.
4. Kehidupan sebuah PT lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, Direksi maupun staffnya dan juga karyawan perusahaan.
5. Adanya efisiensi dalam manajemen, para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai Dewan Komisaris, juga dapat memilih Direktur Utama yang cakap dan berpengalaman.

### **10.3. Struktur Organisasi Perusahaan**

Sistim organisasi yang diterapkan adalah sistim organisasi garis dan staff. Beberapa hal yang menjadikan dasar pemilihan sistim ini adalah :

1. Sistim organisasi garis dan staff sering digunakan dalam perusahaan yang memproduksi secara massal.
2. Biasa diterapkan pada organisasi yang cukup besar dengan produksi kontinyu.
3. Masing – masing kepala bagian atau manajer secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk pencapaian tujuan.
4. Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik.
5. Pimpinan tertinggi pabrik dipegang oleh seorang Direktur yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris. Anggota Dewan Komisaris merupakan wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan saran kepada Direktur.



Gambar 10.3.1 Bagan Struktur Organisasi Pabrik Sabun

## **10.4. Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab Dalam Organisasi**

### **A. Direktur Utama**

Direktur Utama adalah pemimpin perusahaan yang bertanggung jawab pada perusahaan induk, dimana direktur Utama membawahi :

- Direktur Teknik dan Produksi.
- Direktur Keuangan dan Administrasi.

Tugas dan wewenang Direktur Utama :

- Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris.
- Menetapkan kebijaksanaan peraturan dan tata tertib baik keluar maupun kedalam perusahaan.
- Mengkoordinasi kerjasama antar Direktur Teknik dan Produksi dengan Direktur Keuangan dan Administrasi.
- Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan.
- Bertanggung jawab atas kelancaran perusahaan.

### **B. Direktur Teknik dan Produksi**

Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam hal :

- Biaya – biaya produksi
- Laba rugi perusahaan
- Neraca keuangan.

### **C. Direktur Administrasi dan Keuangan**

Tugas Direktur Administrasi dan Keuangan berkaitan dengan kegiatan produksi tetapi sangat erat hubungannya dengan kegiatan pabrik, karena dalam perusahaan, Direktur ini mengatur dan mengelola segala hal yang berkaitan dengan lingkungan eksternal perusahaan. Dengan membawahi :

- Keuangan
- Sumber Daya Manusia ( SDM )
- Hubungan Masyarakat ( Humas ).

Dengan tugas utamanya adalah mengatur kegiatan perusahaan di luar kegiatan perusahaan

### **D. Kepala Bagian**

Tugas dan wewenang Kepala Bagian antara lain :

- Membantu Direktur Teknik dan Produksi atau Direktur Administrasi dan keuangan dalam melaksanakan aktivitas pada bagian masing-masing.
- Memberikan pengawasan dan pengarahan terhadap seksi – seksi di bawahnya.
- Menyusun laporan dari hasil oleh bagian masing – masing.
- Bertanggung jawab atas kerja bawahannya.

## **D.1. Kepala Bagian Terdiri Dari :**

### **1. Kepala Bagian Teknik**

Kepala Bagian Teknik adalah kepala bagian yang bertanggung jawab atas semua kegiatan yang berhubungan dengan produksi. Dalam hal ini bukan produksi secara langsung, melainkan sebagai penunjang dalam proses produksinya. Divisi yang dibawahinya :

#### **- Divisi Utilitas**

Bertugas dalam mempersiapkan listrik, baik berasal dari PLN maupun dari Diesel guna menunjang kelangsungan proses produksi. selain itu juga bertugas menyuplai aliran air yang digunakan selama proses produksi berlangsung.

#### **- Divisi Pemeliharaan dan Perbaikan**

Bertugas memperbaiki peralatan rusak dan mempersiapkan suku cadangnya agar peralatan tersebut dapat digunakan kembali dalam proses produksi.

### **2. Kepala Bagian Produksi**

Kepala Bagian Produksi adalah kepala bagian yang bertanggung jawab di atas semua kegiatan produksi, dimulai dari perencanaan, pembuatan atau produksi dan pengendalian mutu produksi. Divisi yang dibawahinya antara lain :

#### **- Divisi Proses**

Perencanaan produksi merancang kebutuhan bahan baku, meramal hari produksi yang akan dibuat. Dengan perencanaan yang baik akan dihasilkan produk yang baik pula. Selain itu juga, bertugas dalam segala hal yang berkaitan dengan kegiatan produksi secara langsung. Dalam hal ini masih terbagi atas divisi-divisi kecil yang menangani secara khusus mengenai spesialisasi prosesnya, misalnya : divisi reaktor, divisi spray vacuum dan sebagainya yang sesuai dengan proses produksinya.

- Divisi *Quality Control*

Bertugas pada pengepakan atau pengemasan produk jadi dan menimbun dalam gudang serta merencanakan pengiriman produk keluar pabrik.

- Pengendalian Mutu dan Laboratorium

Bertugas mengawasi dan mengontrol kualitas produksi, agar produk yang diterima konsumen mempunyai kualitas yang sesuai dengan keinginan konsumen dan memiliki standart yang telah ditetapkan sama seperti divisi-divisi lainnya. Divisi yang tergabung dalam bagian produksi mempunyai tugas masing-masing bertanggung jawab langsung terhadap Kepala Bagian Produksi.

- Penanganan Limbah dan Produk Samping

Bertugas menangani masalah limbah dan produk samping yang dihasilkan untuk disesuaikan dengan standart dan baku mutu.

### **3. Kepala Bagian Pemasaran**

Kepala Bagian Pemasaran mempunyai tugas menentukan daerah pemasaran dan melakukan riset market serta menangani masalah promosi. Kepala Bagian Pemasaran membawahi divisi-divisi sebagai berikut :

- Divisi Market dan Proses Riset

Bertugas meneliti dan mengupayakan agar hasil produksi dapat disalurkan dengan tepat sehingga hasil produksi mempunyai harga jual yang terjangkau.

- Divisi Penjualan

Bertugas menjual hasil produksi dengan harga jual yang telah ditetapkan, dan juga memiliki tugas mengatur pembelian bahan baku dan peralatan lainnya.

- Divisi Pembelian

Menangani pembelian bahan maupun peralatan yang bersangkutan dengan aktivitas pabrik.

### **4. Kepala Bagian Umum**

Kepala Umum mempunyai tugas untuk merencanakan, mengelola dan mengembangkan sumber daya manusia, baik sumber daya manusia yang sudah ada maupun merekrut sumber daya manusia yang baru. Kepala bagian bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi. Selain itu, Kepala Bagian Umum juga mempunyai tugas



untuk mengatur masalah karyawan, jenjang karir dan masalah penempatan karyawan.

Divisi-divisi yang dibawahnya meliputi antara lain :

- **Divisi Kesehatan**

Bertugas untuk memperhatikan dan menjaga kesehatan karyawan. Berbentuk klinik dengan seorang dokter untuk mengantisipasi apabila terjadi kecelakaan pada waktu kegiatan pabrik berlangsung. Divisi ini juga bertugas untuk memberikan tes kesehatan bagi karyawan baru.

- **Divisi Transportasi**

Bertugas mengatur transportasi karyawan, khususnya bagi karyawan yang tempat tinggalnya agak jauh dari pabrik.

- **Divisi Personalia**

Bertugas mengatur semua kegiatan yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan, mulai dari mengatur tunjangan, pemberian cuti, JAMSOSTEK, sampai dengan mengatur pensiun karyawan.

- **Divisi Humas**

Mempunyai tugas yang berhubungan dengan lingkungan di luar perusahaan, mulai dari keamanan, kebersihan, keindahan taman pengelolaan area parkir. Agar pabrik yang didirikan tidak mengganggu lingkungan sekitar. Kegiatan di luar perusahaan tetapi berkaitan dengan perusahaan merupakan tanggung jawabnya. Sebagai bagian kecil hubungan masyarakat. Tugas lainnya adalah menerima serta menyeleksi mahasiswa yang akan melakukan Praktik Kerja Nyata ( PKN ).

- **Divisi Gudang**

Mempunyai tugas mencatat masuk-keluarnya bahan maupun produk, dari maupun ke dalam gudang.

## **5. Kepala Bagian Keuangan**

Kepala Bagian Keuangan bertugas mengatur keuangan serta menangani penyediaan serta pembelian baik bahan baku maupun peralatan. Selain itu juga bertanggung jawab terhadap Direktur Administrasi mengenai pengeluaran dan pemasukan keuangan. Divisi yang dibawahnya meliputi kasie pembukuan dan administrasi serta kasie keuangan.

### 10.5. Jam Kerja

Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan selama 24 jam dalam sehari, sisa harinya digunakan untuk memperbaiki dan perawatan serta *shut down*.

Sesuai dengan peraturan pemerintah jumlah jam kerja untuk karyawan yang bekerja di kantor, total jam kerja 40 jam dalam seminggu. Dibedakan dalam dua bagian, yaitu :

#### 1. Untuk Pegawai Non – Shift

Senin – Kamis : pukul 07.00 – 14.00 (istirahat pukul 12.00 – 13.00)  
 Jum'at : pukul 07.00 – 14.00 (istirahat pukul 11.00 – 13.00)  
 Sabtu : pukul 07.00 – 12.00  
 Minggu dan hari besar : libur

#### 2. Untuk Pegawai Shift

Shift I : pukul 06.00 – 14.00  
 Shift II : pukul 14.00 – 22.00  
 Shift III : pukul 22.00 – 06.00

Untuk memenuhi kebutuhan pegawai diperlukan 4 regu, dimana tiga regu bekerja dan satu regu libur. Kerjanya seperti ditabelkan di bawah ini :

Tabel 10.5.1. Jadwal Kerja Karyawan Shift.

Regu	Hari												Keterangan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
I	P	P	P	S	S	S	M	M	M	L	L	L	P = Pagi
II	S	S	S	M	M	M	L	L	L	P	P	P	S = Siang
III	M	M	M	L	L	L	P	P	P	S	S	S	M = Malam
IV	L	L	L	P	P	P	S	S	S	M	M	M	L = Libur

### 10.6. Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Penggolongan karyawan dan tingkat pendidikan dalam struktur organisasi pada Prarencana Pabrik Sabun.

1. Direktur Utama : Sarjana Teknik Kimia

2. Manager
  - a. Manager Produksi : Sarjana Teknik Kimia
  - b. Manager Administrasi dan Keuangan : Sarjana Ilmu Administrasi ( SIA )
3. Penelitian dan Pengembangan : Sarjana Kimia ( MIPA )
4. Kepala Departemen
  - a. Departemen Produksi : Sarjana Teknik Kimia
  - b. Departemen Teknik : Sarjana Teknik Mesin
  - c. Departemen Pemasaran : Sarjana Ekonomi
  - d. Departemen Keuangan : Sarjana Ekonomi
  - e. Departemen Umum : Sarjana Teknik Industri
5. Kepala Divisi
  - a. Divisi Proses : Sarjana Teknik Kimia
  - b. Divisi QC : Sarjana Teknik Kimia
  - c. Divisi Utilitas : Sarjana Teknik Kimia
  - d. Divisi Pemeliharaan dan Perbaikan : Sarjana Teknik Mesin
  - e. Divisi Pengendalian Mutu dan Lab : Sarjan Kimia ( MIPA )
  - f. Divisi Limbah dan Produk samping : Sarjana Teknik Kimia
  - g. Divisi Kesehatan : Sarjana Kedokteran
  - h. Divisi Pembelian : Sarjana Ekonomi
  - i. Divisi Penjualan : Sarjana Ekonomi
  - j. Divisi Research Marketing : Sarjana Ekonomi
  - k. Divisi Keuangan : Sarjana Ekonomi
  - l. Divisi Pembukuan dan Administrasi : Sarjana Ekonomi
  - m. Divisi Humas :Diploma Publik Relation & Promotion
  - n. Divisi Personalia : Sarjana Hukum dan Psikologi
  - o. Divisi Kebersihan : Diploma / SMU / SMK
  - p. Divisi Transportasi : Sarjana / Diploma Teknik Mesin
6. Karyawan : Diploma / SMU / SMK

### 10.7. Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Perhitungan jumlah tenaga operasional didasarkan pada pembagian proses yang dilakukan. Pada Prarencana Pabrik Sabun, proses yang dilakukan terbagi dalam beberapa bagian, yaitu :

1. Proses penyiapan bahan baku
2. Proses reaksi
3. Proses pemurnian
4. Proses penanganan produk
5. Proses penyediaan utilitas ( steam, air, listrik ).

Sehingga proses keseluruhan yang membutuhkan tenaga operasional adalah 5 tahap. Dari Vilbrant & Dryden, gambar 6.35, hal. 235 diperoleh jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk kapasitas produksi 50.000 ton / tahun dan beroperasi 330 hari / tahun yaitu :

Jumlah proses keseluruhan terbagi menjadi 5 tahap, maka :

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= 56 \text{ orang jam / hari tahapan proses} \times \text{tahapan proses} \\ &= 56 \text{ orang jam / hari tahapan proses} \times 5 \text{ tahapan proses} \\ &= 280 \text{ orang jam / hari} \end{aligned}$$

Karena setiap hari ada 3 shift dan 4 regu dimana karyawan shiftnya bekerja selama 8 jam / hari, maka :

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= \frac{280 \text{ orang } \frac{\text{jam}}{\text{hari}}}{8 \text{ jam}} = 35 \text{ orang / hari} \\ &= 35 \text{ orang / shift} \times 4 \text{ regu} \\ &= 140 \text{ orang} \end{aligned}$$

Jumlah karyawan staff = 110 orang

Jadi jumlah karyawan total yang diperlukan pada Pabrik Sabun ini adalah 250 orang.

Perincian kebutuhan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 10.2.

Tabel 10.7.1. Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja.

No	Jabatan	Jumlah	Keterangan
1	Dewan Komisaris	5	Non Shift
2	Direktur Utama	1	Non Shift

3	Direktur Produksi dan Teknik	1	Non Shift
4	Direktur Administrasi dan Keuangan	1	Non Shift
5	Sekretaris Direktur	3	Non Shift
6	Kepala Litbang ( R & D)	1	Non Shift
7	Karyawan Litbang ( R & D)	2	Shift
8	Kepala Dept. Produksi	1	Non Shift
9	Kepala Dept. Teknik	1	Non Shift
10	Kepala Dept. Pemasaran	1	Non Shift
11	Kepala Dept. Keuangan	1	Non Shift
12	Kepala Dept. Umum	1	Non Shift
13	Kepala Divisi Proses	1	Non Shift
14	Staff Divisi Proses	3	Shift
15	Karyawan Divisi Produksi	140	Shift
16	Kepala Divisi QC	1	Non Shift
17	Karyawan QC	3	Shift
18	Kepala Divisi Pengendalian Mutu & Lab	1	Non Shift
19	Karyawan Pengendalian Mutu & Lab	3	Shift
20	Kepala Divisi Limbah&Produk Samping	1	Non Shift
21	Karyawan Limbah & Produk Samping	3	Shift
22	Kepala Divisi Utilitas	1	Non Shift
23	Karyawan Utilitas	5	Shift
24	Kepala Divisi Pemeliharaan & Perbaikan	1	Non Shift
25	Staff Divisi Pemeliharaan & Perbaikan	6	Shift
26	Kepala Divisi Penjualan	1	Non Shift
27	Staff Divisi Penjualan	3	Non Shift
28	Kepala Divisi Pembelian	1	Non Shift
29	Staff Divisi Pembelian	3	Non Shift
30	Kepala Divisi Research Marketing	1	Non Shift
31	Staff <i>Research Marketing</i>	2	Non Shift
32	Kepala Divisi Pembukuan & Administrasi	1	Non Shift
33	Staff Pembukuan & Administrasi	2	Non Shift

34	Kepala Divisi Keuangan	1	Non Shift
35	Staff Keuangan	2	Non Shift
36	Kepala Divisi Kesehatan	1	Non Shift
37	Staff Kesehatan	3	Non Shift
38	Kepala Divisi Personalia	1	Non Shift
39	Staff Divisi Personalia	2	Non Shift
40	Kepala Divisi Transportasi	1	Non Shift
41	Staff Transportasi	2	Shift
42	Sopir	3	Shift
43	Kepala Divisi Humas	1	Non Shift
44	Staff Humas	3	Shift
45	a. Kebersihan	6	Non Shift
46	b. <i>Security</i>	12	Shift
47	Kepala Divisi Gudang	1	Non Shift
48	Staff Divisi Gudang	3	Shift
49	Karyawan Gudang	3	Shift
<b>Total</b>		<b>250</b>	

### 10.8. Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahannya, menyebabkan dia tidak dapat melakukan pekerjaan. Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah :

#### a. Tunjangan

- Tunjangan di luar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya dan lama pengabdianya pada perusahaan tersebut.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan ( khusus untuk tenaga kerja shift ).

#### b. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja ( misal helm, sarung tangan, sepatu boot, kacamata pelindung,

masker dan lain-lain ), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

c. Pengobatan

Untuk pengobatan dan perawatan pertama dapat dilakukan di Poliklinik perusahaan dan diberikan secara cuma-cuma kepada karyawan yang membutuhkan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk perawatan dan pengobatan yang dilakukan pada Rumah Sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma
- Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan penuh.

d. Insentif atau bonus

Insentif diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah karyawan. Besarnya insentif ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian insentif untuk golongan operatif ( golongan kepala seksi ke bawah ) diberikan setiap bulan, sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang dicapai.

e. Cuti

- Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan izinnya.
- Cuti sakit untuk tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter.
- Cuti hamil selama 3 bulan untuk tenaga kerja perempuan.
- Cuti untuk keperluan dinas atau perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan.

### 10.9. Sistim Upah dan Status Karyawan

Pabrik Sabun ini mempunyai sistim pembagian gaji yang berbeda – beda terhadap karyawan. Hal ini berdasarkan pada kriteria sebagai berikut :

1. Tingkat pendidikan
2. Pengalaman kerja
3. Tanggung jawab dan kedudukan
4. Keahlian
5. Waktu pengabdian pada perusahaan.

Berdasarkan kriteria di atas, karyawan akan menerima gaji sesuai dengan status kepegawaiannya. Status kepegawaian dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

1. Karyawan reguler

Karyawan reguler adalah karyawan yang di angkat dan diberhentikan dengan surat keputusan ( SK ) dan mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

2. Karyawan borongan

Karyawan borongan adalah tenaga kerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain – lain. Tenaga kerja ini menerima upah borongan untuk pekerjaan tersebut.

3. Karyawan harian

Karyawan harian adalah tenaga kerja yang diangkat dan diberhentikan oleh manajer pabrik berdasarkan nota persetujuan manajer pabrik atas pengajuan kepala yang membawahnya dan menerima upah harian yang dibayarkan setiap akhir pekan.

Tabel 10.9.1. Daftar Upah ( Gaji ) Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji ( Rp/orang )	Total
1	Dewan Komisaris	5	5.000.000	25.000.000
2	Direktur Utama	1	15.000.000	15.000.000
3	Direktur Produksi dan Teknik	1	9.000.000	9.000.000
4	Direktur Administrasi dan Keuangan	1	9.000.000	9.000.000
5	Skretaris Direktur	3	2.000.000	6.000.000
6	Kepala Litbang ( R & D)	1	5.000.000	5.000.000
7	Karyawan Litbang ( R & D)	2	1.500.000	3.000.000
8	Kepala Dept. Produksi	1	5.000.000	5.000.000
9	Kepala Dept. Teknik	1	5.000.000	5.000.000
10	Kepala Dept. Pemasaran	1	5.000.000	5.000.000
11	Kepala Dept. Keuangan	1	5.000.000	5.000.000
12	Kepala Dept. Umum	1	5.000.000	5.000.000
13	Kepala Divisi Proses	1	2.800.000	2.800.000



14	Staff Divisi Proses	3	1.800.000	5.400.000
15	Karyawan Divisi Produksi	140	1.300.000	182.000.000
16	Kepala Divisi QC	1	2.800.000	2.800.000
17	Karyawan QC	3	1.500.000	4.500.000
18	Kepala Divisi Pengendalian Mutu & Lab	1	2.800.000	2.800.000
19	Karyawan Pengendalian Mutu & Lab	3	1.500.000	4.500.000
20	Kepala Divisi Limbah&Produk Samping	1	2.500.000	2.500.000
21	Karyawan Limbah & Produk Samping	3	1.300.000	3.900.000
22	Kepala Divisi Utilitas	1	2.500.000	2.500.000
23	Karyawan Utilitas	5	1.300.000	6.500.000
24	Kepala Divisi Pemeliharaan& Perbaikan	1	2.800.000	2.800.000
25	Staff Divisi Pemeliharaan & Perbaikan	6	1.800.000	10.800.000
26	Kepala Divisi Penjualan	1	2.500.000	2.500.000
27	Staff Divisi Penjualan	3	1.500.000	4.500.000
28	Kepala Divisi Pembelian	1	2.500.000	2.500.000
29	Staff Divisi Pembelian	3	1.500.000	4.500.000
30	Kepala Divisi <i>Research Marketing</i>	1	2.800.000	2.800.000
31	Staff <i>Research Marketing</i>	2	1.500.000	3.000.000
32	Kepala Divisi Pembukuan & Admin	1	2.500.000	2.500.000
33	Staff Pembukuan & Administrasi	2	1.500.000	3.000.000
34	Kepala Divisi Keuangan	1	2.500.000	2.500.000
35	Staff Keuangan	2	1.500.000	3.000.000
36	Kepala Divisi Kesehatan	1	5.000.000	5.000.000
37	Staff Kesehatan	3	1.800.000	5.400.000

38	Kepala Divisi Personalia	1	2.500.000	2.500.000
39	Staff Divisi Personalia	2	1.500.000	3.000.000
40	Kepala Divisi Transportasi	1	2.500.000	2.500.000
41	Staff Transportasi	2	1.500.000	3.000.000
42	Sopir	3	1.300.000	3.900.000
43	Kepala Divisi Humas	1	2.500.000	2.500.000
44	Staff Humas	3	1.800.000	5.400.000
45	a. Kebersihan	6	1.300.000	7.800.000
46	b. <i>Security</i>	12	1.500.000	18.000.000
47	Kepala Divisi Gudang	1	2.500.000	2.500.000
48	Staff Divisi Gudang	3	1.800.000	5.400.000
49	Karyawan Gudang	3	1.300.000	3.900.000
<b>Total</b>		<b>250</b>	<b>-</b>	<b>432.400.000</b>

## **BAB XI**

### **ANALISA EKONOMI**

Analisa ekonomi merupakan suatu cara untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan menguntungkan atau tidak. Oleh karena itu dalam pra rencana pabrik *Sabun dari RBDPS* ini dibuat evaluasi untuk mengetahui berapa investasi yang diperlukan untuk mendirikan pabrik *Sabun dari RBDPS* tersebut. Cara untuk mengetahui jumlah investasi yang dibutuhkan oleh pabrik *Sabun RBDPS* ini dapat menggunakan beberapa cara, yaitu :

1. Return of Investment / ROI
2. Pay Out Time / POT
3. Break Event Point / BEP
4. Internal Rate of Return / IRR

Untuk menghitung faktor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran beberapa hal menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses, yaitu :

1. Penaksiran modal investasi total (*Total Capital Investment / TCI*) terdiri atas :
  - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment / FCI*)
  - b. Modal kerja (*Work Capital Investment / WCI*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost / TPC*) terdiri atas :
  - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost / MC*)
  - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses / GE*)

### 3. Total pendapatan

#### 11.1 Faktor –faktor Penentu

##### A. Modal Investasi Total (Total Capital Investment = TCI)

Yaitu modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik sebelum berproduksi, terdiri dari :

##### 1. *Fixed Capital Investment (FCI)*

##### b. Biaya langsung (*Direct cost*), meliputi :

- Pembelian alat
- Instrumentasi dan alat kontrol
- Perpipaan terpasang
- Listrik terpasang
- Tanah dan bangunan
- Fasilitas pelayanan
- Pengambangan lahan

##### c. Biaya tak langsung (*Indirect cost*)

- Teknik dan supervisi
- Konstruksi
- Kontraktor
- Biaya tak terduga

##### d. Working Capital Investment (*WCI*)

Modal kerja yaitu modal yang digunakan untuk menjalankan pabrik yang berhubungan dengan laju produksi dalam beberapa waktu tertentu.

Modal kerja terdiri dari :

1. Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
2. Pengemasan produk dalam waktu tertentu
3. Utilitas dalam waktu tertentu
4. Gaji dalam waktu tertentu
5. Uang tunai

Sehingga :

$$\text{Total Capital Investment (TCI)} = \text{Modal tetap (FCI)} + \text{Modal kerja (WCI)}$$

#### **B. Biaya produksi (Total Production Cost = TPC)**

Total biaya produksi adalah biaya yang digunakan untuk operasi pabrik atau biaya yang dikeluarkan untuk mengeluarkan satu-satuan produk dalam waktu tertentu.

Biaya produksi terdiri dari :

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*), terdiri dari :
  1. Biaya produksi langsung
  2. Biaya produksi tetap
  3. Biaya *overhead* pabrik
- b. Biaya umum (*General Expenses*), terdiri dari :
  1. Biaya administrasi
  2. Biaya distribusi dan pemasaran
  3. Litbang
  4. Financing

Adapun biaya produksi total terbagi menjadi :

- a. Biaya variabel (*Variable Cost = VC*)

Biaya variabel yaitu, segala biaya yang pengeluarannya berbanding lurus dengan laju produksi atau biaya yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara langsung. Biaya variabel terdiri :

1. Biaya bahan baku
2. Biaya utilitas
3. Biaya pengemasan

b. Biaya semi variabel (*Semi Variable Cost = SVC*)

Biaya semi variabel yaitu, biaya pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi atau yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara tidak langsung.

Biaya semi variabel terdiri dari :

1. Upah karyawan
2. Plant overhead
3. Pemeliharaan dan perbaikan
4. Laboratorium
5. Operating supplies
6. Biaya umum
7. Supervisi

c. Biaya tetap (*Fixed Production Cost = FPC*)

Biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan secara tetap, tidak tergantung pada kapasitas pabrik.

Biaya tetap terdiri dari :

1. Asuransi
2. Depresiasi
3. Pajak

4. Bunga bank

**11.2 Penafsiran Harga Alat**

Harga suatu alat setiap saat akan berubah, tergantung pada perubahan kondisi ekonomi. Oleh karena itu, digunakan beberapa cara konversi harga alat terhadap harga alat pada beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen dengan harga sekarang.

Harga alat dalam Pra Rencana Pabrik *Sabun RBDPS* ini didasarkan pada data harga alat yang terdapat pada literatur Peter & Timmerhause, Gael. D. Ulrich serta [http://: www.matche.com/EquipCost/html](http://www.matche.com/EquipCost/html).

Untuk menaksir harga alat pada tahun 2007 digunakan persamaan berikut :

$$C_x = \frac{I_x}{I_k} \times C_k \dots\dots\dots (1)$$

$$V_A = V_B \times \left( \frac{\text{Kapasitas alat A}}{\text{Kapasitas alat B}} \right)^n \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

$C_x$  = Taksiran harga alat pada tahun 2007

$C_k$  = Taksiran harga alat pada tahun basis

$I_x$  = Indeks harga pada tahun 2007

$I_k$  = Indeks harga pada tahun basis

$V_A$  = Harga alat dengan kapasitas A

$V_B$  = Harga alat dengan kapasitas B

$n$  = Harga eksponen alat tertentu *(Peter and Timmerhaus, hal. 170)*

**11.3. Penentuan *Total Capital Investment (TCI)***

Dari perhitungan Appendix E diperoleh :

A. Biaya Langsung (DC)	= \$ 13.365.233
B. Biaya Tak Langsung (IC)	= \$ 4.983.647
C. Fix Capital Investment (FCI)	= \$ 28.257.274
D. Modal Kerja (WCI)	= \$ 4.986.577

Maka TCI = \$ 33.242.851

#### 11.4. Penentuan *Total Production Cost* (TPC)

Dari perhitungan Appendix E diperoleh :

A. Biaya Produksi Langsung (Direct Production Cost /DPC)	= \$ 78.817.292
B. Biaya Tetap (Fixed Production Cost/FPC)	= \$ 7.629
C. Biaya Overhead	= \$ 1.729.950
D. Biaya Umum (General Expenses)	= \$ 18.894.315

Maka TPC = \$ 99.443.763

#### 11.5. Laba Perusahaan

Laba perusahaan yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

Dari Appendix E diperoleh :

Total penjualan	= \$102.134.758
Pajak Penghasilan	= 30% dari laba kotor
Laba kotor	= \$ 2.690.993
Laba bersih	= \$1.883.695
Cash flow ( $C_A$ )	= \$ 4.709.422

#### 11.6. Analisis Probabilitas



### A. 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.

$$\text{POT} = \frac{\text{Modal tetap} + (\text{Bunga} \cdot \text{TCI})}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun}$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$\text{POT} = 4,2 \text{ tahun}$$

### B. Rate On Investment (ROI)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

- ROI sebelum pajak

$$\text{ROI}_{\text{BT}} = \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal tetap}} \times 100 \%$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$\text{ROI}_{\text{BT}} = 27,12 \%$$

- ROI setelah pajak

$$\text{ROI}_{\text{AT}} = \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal tetap}} \times 100 \%$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$\text{ROI}_{\text{AT}} = 19 \%$$

### C. Break Event Point (BEP)

BEP adalah titik dimana jika tingkat kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + (0,3 \text{ SVC})}{\text{S} - (0,7 \text{ SVC} - \text{VC})} \times 100\%$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$\text{FPC} = \$ 7.629.689$$

$$\text{SVC} = \$ 25.078.621$$

$$\text{VC} = \$ 54.202.764$$

$$\text{S} = \text{harga jual} = \$ 102.134.758$$

$$\text{Maka nilai BEP} = 51,6 \%$$

#### D. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik masih boleh beroperasi.

$$\text{SDP} = \frac{0,3 \text{ SVC}}{\text{S} - 0,7 \text{ SVC} - \text{VC}} \times 100\%$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$\text{SDP} = 21 \%$$

#### E. Net Present Value (NPV)

Metode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih sekarang dengan nilai investasi sekarang.

Langkah – langkah menghitung NPV :

a. Menghitung  $C_{A_0}$  (tahun ke-0) untuk masa konstruksi 2 tahun

Dari Appendix E diperoleh :

$$C_{A-2} = \$ 16.276.189$$

$$C_{A-1} = \$ 20.358.197$$

$$C_{A-0} = - \$ 12.841.278$$

b. Menghitung NPV tiap tahun

$$NPV = C_A \times F_d$$

Dimana :  $F_d = \text{faktor diskon} = 1/(1+i)^n$

$i = \text{tingkat bunga}$

$C_A = \text{cash flow setelah pajak}$

$n = \text{tahun ke-n}$

Dari Appendix E diperoleh :

$$NPV = \$ 112.088.282$$

Karena harga NPV = (+) maka pabrik *Sabun dari RBDPS* layak untuk didirikan.

#### F. Internal Rate Of Return (IRR)

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \times (i_2 - i_1)$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$IRR = 22 \%$$

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (15%) maka pabrik *sabun dari RBDPS* layak untuk didirikan.

## **BAB XII**

### **KESIMPULAN**

Prarencana Pabrik Sabun dari RBDPS menghasilkan sabun padat, gliserol. Ketersediaan sabun ini selain untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri dan juga diekspor.

Lokasi pendirian pabrik di daerah Long Kali, Paser Selatan-Kalimantan Timur dengan pertimbangan berbagai aspek yang menguntungkan seperti bahan baku yang melimpah, dekat jalan utama dan pelabuhan sehingga memudahkan pemasaran, tenaga kerja yang murah serta sarana dan prasarana lainnya.

Ditinjau dari segi ekonomi, pabrik sabun padat ini layak didirikan dengan penilaian investasi sebagai berikut.

1. Total Capital Investment (TCI)	= \$ 33.242.851
2. Total Production Cost (TPC)	= \$ 99.443.763
3. Rate of Return on Investment (ROI)	
- ROI sesudah pajak	= 19 %
- ROI sebelum pajak	= 27,12 %
4. Break Event Point (BEP)	= 51,6 %
5. Pay Out Time (POT)	= 4 tahun 2 bulan
6. Internal Rate Return ( IRR )	= 22 %

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M.F., El Ali, B.M., dan Speight, J.G., 2005, *Handbook of Industrial Chemistry*, McGraw Hill, New York.
- Anonim, 1999, *Industri Sabun Mandi : Kondisi Menurun Sedikit*, Manajemen dan Usahawan, Pusat Data Ekonomi dan Bisnis, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Anonim, 2007, *Gambaran Sekilas Industri Minyak Kelapa Sawit*, Sekretariat Jenderal, Departemen Perindustrian, Indonesia.
- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw-Hill Book Company, New York
- Biro Pusat Statistik, 2003-2010, *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*, Volume I & II, Jakarta, PT. Cakra Indah Pustaka
- Brown , G.G., 1978, *Unit Operation*, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Brownell, & E., Young, (1959). "*Process Equipment Design*". John Wiley & Sons Inc., New York .
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F. 1983. "*Chemical Engineering*". Vol. 6. Oxford : Pergamon Press, New York.
- Evans, F.L., 1980, "Equipment Design Handbook", ed. 2, Vol.2, Gulf Publishing Company, USA.
- Geankoplis, Christie J., (1993). "*Transport Process & Unit Operation*", 3<sup>th</sup> edition, Prentice Hall Inc., New Delhi.
- Gunstone, F.D., 2002, *Vegetable oils in food technology*, Blackwell Publishing, Canada.
- Ittner, M.H., 1949, "Continuous Fat Splitting", United States Patent 2.458.170
- Kern, Donald Q., (1965). "*Process Heat Transfer*". Mc Graw Hill International Book Company, Singapore.
- Ketaren, 1986, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Kent, J.A., 2007, *Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology*, Springer, USA

Kirk, R.E., Othmer, V.R., 1993, *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol.5, Carbon & Graphite Fibers to C1-Chlorocarbons, 4th ed., John Wiley & Sons Inc., New York.

Kurita, 1999, "handbook of water treatment", ed. 2, Kurita Water Industries, Ltd, Japan

Ludwig, E.E., 1967, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, 2nd ed., Vol I,II,III, Gilf Publishing Co., Houston, Texas.

Patnaik, P., 2003, "*Handbook of Inorganic Chemical*", p. 867-870, 899-902, Mc Graw Hill company, Inc. New York.

Perry, Robert H., 1997, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th edition,, Mc Graw Hill, International Editions, New York.

Powel, S.T. 1954, *Water Conditioning for Industry*, 1th ed., McGraw-Hill Book Co., Inc., Tokyo.

Roberts, D.W., 2001, *Manufacture of Anionic Surfactans*. Oleochemical Manufacture and Applications, Sheffi eld Academia Press, Sheffi eld, U.K.

Shahidi, F., 2005 , *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, wiley Interscience, Canada

Simmons, W.H. and Appleton, H.A., 2007, *The Handbook of Soap Manufacture*, Scott Greenwood & Son.

Timmerhaus, Peters M.S., (2003). "*Plant Design & Economics For Chemical Engineering*". 5<sup>th</sup> edition. Mc Graw Hill International Book Company, Singapore.

Ulrich, Gael D., (1984). "*A Guide To Chemical engineering Process Design & Economics*". John Willey Sons Inc., Kanada.

Vilbrandt, Frank C., & Dryden, Charlese, (1959). "*Chemical Engineering Plant Design*". 4<sup>th</sup> edition. Mc Graw Hill Kogakusha Ltd., Tokyo.

Wallas, Stanley M., (1990), "*Chemical Process Equipment*", University of Kansas, United States of America.

<http://sela-gmbh.com/en/produkte/fertigungslinien/mischen.html>

[www.engineeringtoolbox.com](http://www.engineeringtoolbox.com)

[www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

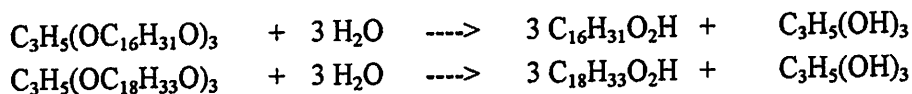
[www.soaptech.biz](http://www.soaptech.biz)

## APPENDIK A NERACA MASSA

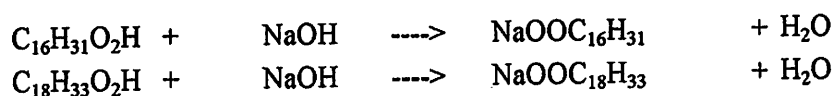
Diketahui :

Senyawa	Rumus molekul	BM	ttk leleh, °C	ttk didih, °C
Tripalmitin	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	806	67	
Triolein	$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	884	-5,5	240
Asam palmitat	$C_{16}H_{31}O_2H$	256	64	352
Asam oleat	$C_{18}H_{33}O_2H$	282	16	360
Gliserol	$C_3H_5(OH)_3$	92	17,8	290
Natrium palmitat	$NaOOC_{16}H_{31}$	278		
Natrium oleat	$NaOOC_{18}H_{33}$	304		
Na hidroksida	$NaOH$	40		
Air	$H_2O$	18	0	100

Reaksi hidrolisis (dalam Hydrolizer)



Netralisasi asam lemak (dalam Mixer-Neutralizer)



Kondisi operasi

Alat	Suhu, oC	Tekanan, atm	Referensi
Melter	67	1	MSDS tripalmitin
Hydrolizer	252	41	Ali, hal. 128
Flash tank			
Evaporator			
Mixer neutralizer	90	1	shahidi
Spray drier	140		Kent

Dengan Basis:

$$\begin{array}{l}
 \text{Umpan RBDPS} = 1000 \text{ kg/j} \\
 \text{Diperoleh kapasitas pabrik} = 9.826,0 \text{ ton/th}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka untuk kapasitas} &= 50.000,0 \text{ ton/th} \\ \text{Diperlukan Umpan RBDPS} &= \\ 1000 \times 50.000 / 9.826,0 &= 5088,5 \text{ kg/j} \end{aligned}$$

Arus 1 :

Komposisi RBDPS :

$$\text{Tripalmitin} = 70\%$$

$$\text{Triolein} = 30\%$$

Maka arus 1 :

$$\text{Tripalmitin} = 70\% \times 5088,5 \text{ kg/j} = 3562 \text{ kg/j} = 4,4193 \text{ kmol/j}$$

$$\text{Triolein} = 30\% \times 5088,5 \text{ kg/j} = \frac{1526,6 \text{ kg/j}}{5088,5 \text{ kg/j}} = \frac{1,7269 \text{ kmol/j}}{6,1462 \text{ kmol/j}}$$

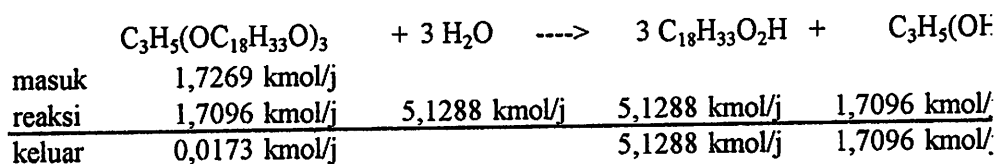
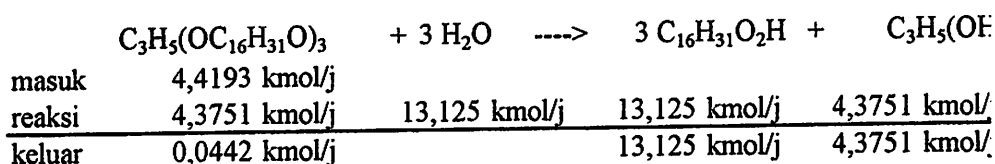
Arus 2 :

Dipakai perbandingan air : RBDPS = 1 : 2

$$\text{air} = 1 \times 5088,5 \text{ kg/j} = 2544,3 \text{ kg/j} = 141,35 \text{ kmol/j}$$

Reaksi hidrolisis (dalam Hydrolizer)

Konversi = 99%



$$\begin{aligned} \text{Air keluar Hydrolyzer} &= 141,348 - 13,125 - 5,1288 = 123,09 \text{ kmol/j} \\ &= 2215,7 \text{ kg/j} \end{aligned}$$

Arus 3

Asam lemak keluar Hydrolyzer :

$$\text{Asam palmitat} = 13,1253 \text{ kmol/j} = 3360,1 \text{ kg/j}$$

$$\text{Asam oleat} = 5,12881 \text{ kmol/j} = \frac{1446,3 \text{ kg/j}}{4806,4 \text{ kg/j}}$$

Air larut dalam asam lemak pada kondisi operasi ini : 17%

$$\text{Maka air di arus 3} = 817,09 \text{ kg/j}$$

Sisa palm stearin tidak bereaksi:

$$\text{Tripalmitin} = 0,04419 \text{ kmol/j} = 35,62 \text{ kg/j}$$

$$\text{Triolein} = 0,01727 \text{ kmol/j} = \underline{15,266 \text{ kg/j}}$$



Arus 4

$$\begin{aligned} \text{Gliserol keluar Hydrolyzer} &= 4,3751 + 1,7096 = 6,0847 \text{ kmol/j} \\ &= 559,79 \text{ kg/j} \\ \text{Air keluar di arus 4} &= 2215,68 - 817,09 = \underline{1398,6 \text{ kg/j}} \\ &= 1958,4 \text{ kg/j} \end{aligned}$$

konsentrasi gliserol arus 4 = 28,6%

Rekomendasi Ittner (1949), konsentrasi gliserol antara 15-50%

#### NERACA MASSA HYDROLYZER

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	kg/j	Arus	Senyawa	kg/j
1	Tripalmitin	3.561,96	3	Tripalmitin	35,62
	Triolein	1.526,55		Triolein	15,27
		Asam palmitat		3.360,09	
		Asam oleat		1.446,32	
		Air		817,09	
2	Air	2.544,26	4	Air	1.398,59
				Gliserol	559,79
	Jumlah	7.632,77		Jumlah	7.632,77

Arus 8

$$\begin{aligned} \text{Produk Gliserol diinginkan mempunyai konsentrasi:} &= 88\% \\ \text{Gliserol arus 8} &= 559,79 \text{ kg/j} \\ \text{Maka kandungan air dalam produk gliserol} &= 12\% \\ \text{Air di arus 8} &= 14\% \times 559,79 = 76,34 \text{ kg/j} \end{aligned}$$

Arus 7

$$\text{Air yang harus diuapkan} = 1.398,59 - 76,34 = 1322,26 \text{ kg/j}$$

#### NERACA MASSA EVAPORATOR

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	kg/j	Arus	Senyawa	kg/j
4	Air	1.398,59	7	Air	1.322,26
	Gliserol	559,79		8	Air
			Gliserol		559,79
	Jumlah	1.958,39		Jumlah	1.958,39

Arus 6

$$\begin{aligned} \text{Air dalam asam lemak tinggal} &= 10\% \text{ dari umpan} \\ &= 81,71 \text{ kg/j} \end{aligned}$$

Arus 5

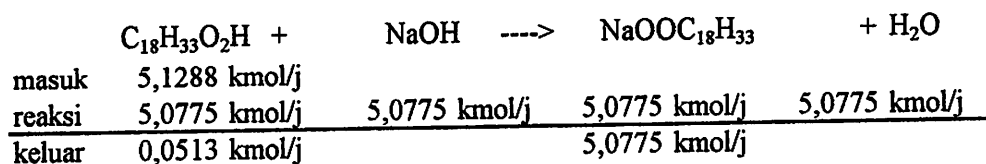
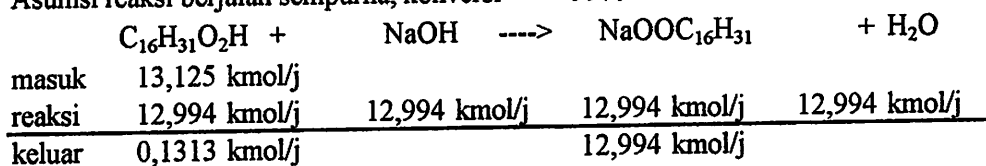
$$\text{Air teruapkan} = 817,09 - 81,71 = 735,38 \text{ kg/j}$$

## NERACA MASSA FLASH TANK

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	kg/j	Arus	Senyawa	kg/j
3	Tripalmitin	35,62	6	Tripalmitin	35,62
	Triolein	15,27		Triolein	15,27
	Asam palmitat	3.360,09		Asam palmitat	3.360,09
	Asam oleat	1.446,32		Asam oleat	1.446,32
	Air	817,09		Air	81,71
			5	Air	735,38
	Jumlah	5.674,39		Jumlah	5.674,39

Netralisasi asam lemak (dalam Mixer-Neutralizer)

Asumsi reaksi berjalan sempurna, konversi 99%



Arus 10

$$\text{NaOH yang dibutuhkan} = 12,994 + 5,0775 = 18,071605 \text{ kmol/j}$$

$$= 722,86418 \text{ kg/j}$$

NaOH yang digunakan konsentrasinya = 50%

maka air dalam larutan NaOH = 50%

$$\text{Air di arus 10} = 1 \times 722,86418 \text{ kg/j} = 722,86418 \text{ kg/j}$$

Arus 9

NaCl yang digunakan sebanyak = 1% umpan

$$= 1\% \times 4.939,00 \text{ kg/j} = 49,390045 \text{ kg/j}$$

NaCl yang digunakan konsentrasinya = 10%

maka air dalam larutan NaCl = 90%

$$\text{Air di arus 9} = 9 \times 49,390045 \text{ kg/j} = 444,51041 \text{ kg/j}$$

Sisa Asam tidak bereaksi:

$$\text{Asam palmitat} = 0,13125 \text{ kmol/j} = 33,601 \text{ kg/j}$$

$$\text{Asam oleat} = 0,05129 \text{ kmol/j} = \underline{14,463 \text{ kg/j}}$$

Arus 11

$$\begin{aligned} \text{Air yang terbentuk karena reaksi} &= 12,994 + 5,0775203 = 18,071605 \text{ kmol/} \\ &= 325,28888 \text{ kg/j} \end{aligned}$$

Total air keluar Mixer-Neutralizer =

$$81,71 + 722,864 + 444,51 + 325,29 = 1.574,37 \text{ kg/j}$$

Sabun terbentuk :

$$\text{Natrium palmitat} = 12,9940842 \text{ kmol/j} = 3612,3554 \text{ kg/j}$$

$$\text{Natrium oleat} = 5,07752031 \text{ kmol/j} = 1543,5662 \text{ kg/j}$$

#### NERACA MASSA MIXER-NEUTRALIZER

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	kg/j	Arus	Senyawa	kg/j
6	Tripalmitin	35,62	11	Tripalmitin	35,62
	Triolein	15,27		Triolein	15,27
	Asam palmitat	3.360,09		Na palmitat	3.612,36
	Asam oleat	1.446,32		Na oleat	1.543,57
	Air	81,71		Air	1.574,37
9	NaCl	49,39		NaCl	49,39
	air	444,51		Asam palmitat	33,60
10	NaOH	722,86		Asam oleat	14,46
	air	722,86			
	Jumlah	6.878,63		Jumlah	6.878,63

Arus 13

$$\text{air dalam sabun keluar spray drier didesain} = 10\%$$

Arus 13 :

$$\begin{aligned} \text{Tripalmitin} &= 35,62 \text{ kg/j} \\ \text{Triolein} &= 15,27 \text{ kg/j} \\ \text{Na palmitat} &= 3.612,36 \text{ kg/j} \\ \text{Asam palmitat} &= 33,60 \text{ kg/j} \\ \text{Asam oleat} &= 14,46 \text{ kg/j} \\ \text{Na oleat} &= 1.543,57 \text{ kg/j} \\ \text{NaCl} &= 49,39 \text{ kg/j} \\ &= \underline{5.304,26 \text{ kg/j}} \\ \text{Air} &= 589,36 \text{ kg/j} \end{aligned}$$

Arus 12

$$\text{air arus 12} = 1.574,37 - 589,36 = 985,01 \text{ kg/j}$$

#### NERACA MASSA SPRAY DRIER

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	kg/j	Arus	Senyawa	kg/j
11	Tripalmitin	35,62	13	Tripalmitin	35,62
	Triolein	15,27		Triolein	15,27
	Na palmitat	3.612,36		Na palmitat	3.612,36
	Na oleat	1.543,57		Na oleat	1.543,57
	Asam palmitat	33,60		Asam palmitat	33,60
	Asam oleat	14,46		Asam oleat	14,46
	Air	1.574,37		Air	589,36
	NaCl	49,39	12	Air	985,01
	Jumlah	6.878,63		Jumlah	6.878,63

$$\text{arus 13} = 5.893,62 \text{ kg/j}$$

Penambahan aditif di amalgamator :

Arus 14:

$$\text{larutan gliserol} = 7\% \times 5.893,62 = 412,55 \text{ kg/j}$$

$$\text{Gliserol} = 88\% \times 412,55 = 363,05 \text{ kg/j}$$

$$\text{Air} = 12\% \times 412,55 = 49,51 \text{ kg/j}$$

Arus 15:

$$\text{Pewangi} = 1,1\% \times 5.893,62 = 64,83 \text{ kg/j}$$

Arus 16:

$$\text{EDTA} = 0,1\% \times 5.893,62 = 5,89 \text{ kg/j}$$

#### NERACA MASSA AMALGAMATOR

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	kg/j	Arus	Senyawa	kg/j
13	Tripalmitin	35,62	18	Tripalmitin	35,62
	Triolein	15,27		Triolein	15,27
	Na palmitat	3.612,36		Na palmitat	3.612,36
	Na oleat	1.543,57		Na oleat	1.543,57
	Asam palmitat	33,60		Asam palmitat	33,60
	Asam oleat	14,46		Asam oleat	14,46
	Air	589,36		Air	638,87
	NaCl	49,39		NaCl	49,39
14	Gliserol	363,05		Gliserol	363,05
	air	49,51		Pewangi	64,83
15	Pewangi	64,83		EDTA	5,89
16	EDTA	5,89			
	Jumlah	6.376,90		Jumlah	6.376,90

## Arus 17

$$\begin{aligned} \text{Gliserol} &= 559,79 - 363,05 = 196,75 \text{ kg/j} \\ \text{Air} &= 76,34 - 49,51 = 26,83 \text{ kg/j} \end{aligned}$$

## NERACA MASSA PLODDER

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	kg/j	Arus	Senyawa	kg/j
18	Tripalmitin	35,62	21	Tripalmitin	35,26
	Triolein	15,27		Triolein	15,11
	Na palmitat	3.612,36		Na palmitat	3.576,23
	Na oleat	1.543,57		Na oleat	1.528,13
	Asam palmitat	33,60		Asam palmitat	33,26
	Asam oleat	14,46		Asam oleat	14,32
	Air	638,87		Air	632,48
	NaCl	49,39		NaCl	48,90
	Gliserol	363,05		Gliserol	359,42
	Pewangi	64,83		Pewangi	64,18
	EDTA	5,89		EDTA	5,83
	Jumlah	6.376,90	22	Tripalmitin	0,36
				Triolein	0,15
				Na palmitat	36,12
				Na oleat	15,44
				Asam palmitat	0,34
				Asam oleat	0,14
				Air	6,39
				NaCl	0,49
				Gliserol	3,63
				Pewangi	0,65
				EDTA	0,06
	Jumlah	6.376,90		Jumlah	6.376,90

## NERACA MASSA TOTAL

MASUK			KELUAR		
Arus	Senyawa	kg/j	Arus	Senyawa	kg/j
1	Tripalmitin	3.561,96	5	Air	735,38
	Triolein	1.526,55	7	Air	1.322,26
10	NaOH	722,86	12	Air	985,01
	air	722,86	17	Gliserol	196,75
19	NaCl	49,39		Air	26,83
15	Pewangi	64,83	21	Tripalmitin	35,26

16	EDTA	5,89	Triolein	15,11
23	air	2.988,77	Na palmitat	3.576,23
			Na oleat	1.528,13
			Air	632,48
			NaCl	48,90
			Gliserol	359,42
			Pewangi	64,18
			EDTA	5,83
			22 Tripalmitin	0,36
			Triolein	0,15
			Na palmitat	36,12
			Na oleat	15,44
			Air	6,39
			NaCl	0,49
			Gliserol	3,63
			Pewangi	0,65
			EDTA	0,06
	Jumlah	9.643,12	Jumlah	9.595,06

Sabun yang diperoleh = 6.313,13 kg/j (arus 21)  
 Pabrik beroperasi : 24 j/hari  
 330 hari/tahun

maka kapasitas pabrik = 50.000,0 ton/th

## APPENDIK B

### NERACA PANAS

Pabrik	:	Sabun
Waktu Operasi	:	330 Hari/Tahun
	:	24 Jam/Hari
Kapasitas Produksi	:	50.000 Ton/Tahun
	:	$\frac{50.000 \text{ Ton}}{\text{Tahun}} \times \frac{1.000 \text{ Kg}}{\text{Ton}} \times \frac{1 \text{ Tahun}}{330 \text{ Hari}} \times \frac{1 \text{ Hari}}{24 \text{ Jam}}$
	:	6.313.13 kg/Jam
Suhu Referensi	:	25 °C = 298,15 K

#### Cp:

Senyawa	Rumus molekul	Cp (panas jenis)	
Tripalmitin	$C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$	$cp = 0,475 + 0,00055 \times T$	(cal/g)
Triolein	$C_3H_5(OC_{18}H_{33}O)_3$	$cp = 0,475 + 0,00055 \times T$	(cal/g)
Asam palmitat	$C_{16}H_{31}O_2H$	$Cp = 86,29 + 3,523T - 7,322e-3T^2 + 6,1001e-6T^3$	(J/(mol K))
Asam oleat	$C_{18}H_{33}O_2H$	$Cp = 278,686 + 2,543T - 5,436e-3T^2 + 4,9240e-6T^3$	(J/(mol K))
Gliserol	$C_3H_5(OH)_3$	$Cp = 90,105 + 0,86007T - 1,9745e-3T^2 + 1,8068e-6T^3$	(J/(mol K))
Natrium palmitat	$NaOOC_{16}H_{31}$	$Cp = 86,29 + 3,523T - 7,322e-3T^2 + 6,1001e-6T^3$	(J/(mol K))
Natrium oleat	$NaOOC_{18}H_{33}$	$Cp = 278,686 + 2,543T - 5,436e-3T^2 + 4,9240e-6T^3$	(J/(mol K))
Na hidroksida	NaOH	$Cp = 14,2$	(cal/mol K)
Na klorida	NaCl	$Cp = 12,07$	(cal/mol K)
Air	H <sub>2</sub> O	$Cp = 92,053 - 0,0399T - 2,1103e-4T^2 + 5,346e-7T^3$	(J/(mol K))

Penjelasan persamaan Cp:

RBDPS dinyatakan dalam dua senyawa komponen utama yaitu tripalmitin dan triolein. Tidak diperoleh data Cp baik dalam bentuk RBDPS maupun senyawa penyusunnya yaitu tripalmitin dan triolein.

Dari buku :

Bockish, M., 1998, "Fats and Oil Handbook", AOCS Press, Illinois.

Pada Tabel 2.17 halaman 79 didapat informasi harga koefisien untuk persamaan Cp, senyawa yang mendekati RBDPS adalah Tallow, palm oil, partially hardened oils (dianggap dekat sifatnya dengan alasan RBDPS berasal dari pengolahan kelapa sawit

yang menghasilkan palm oil). Koefisien di tabel tsb dimasukkan ke persamaan 2.1 Bockish hal 79 sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned} c_p &= 0,475 + 0,00055 \times T \quad (\text{cal/g}) \\ &= (0,475 + 0,00055 \times T) \times 4,18 \quad (\text{kJ/kg}) \end{aligned}$$

Cp untuk asam palmitat (hexadecanoic acid), asam oleat (oleic acid), gliserol (glycerol), dan air didapat dari Yaws.

Cp untuk Na palmitat dan Na oleat tidak ditemukan dalam referensi, sehingga didekati dengan Cp asam lemak penyusunnya yaitu asam palmitat dan asam oleat.

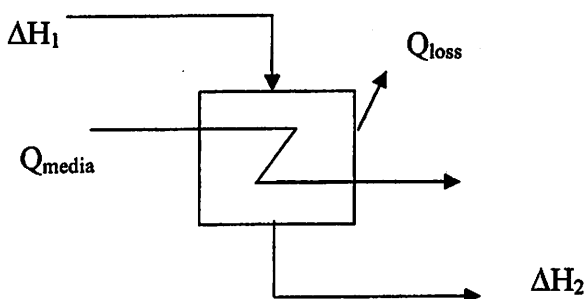
Cp untuk NaCl dan NaOH diperoleh dari Patnaik.

Panas peleburan ( $H_{fus}$ ):

Dari Tabel 2.18 halaman 81 Bockish diperoleh panas peleburan untuk tripalmitin sebesar 52,55 cal/g sedangkan untuk triolein tidak diperoleh data sehingga didekati dengan senyawa yang mirip yaitu tristearin sebesar 54,73 cal/g.

### 1. MELTER (E-113)

Fungsi : Melelehkan RBDPS dari 30°C sampai dengan 67°C.



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_{media} = \Delta H_2 + Q_{loss}$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam *feed*

$\Delta H_2$  = Panas dalam produk

$Q_{media}$  = Panas dari media pemanas

$Q_{loss}$  = Panas hilang



$$\begin{aligned}
\Delta H_1 &= \sum m_i \int_{T_R}^{T_i} C_p dT \\
&= 3.561,96 \times \int_{298,15}^{303,15} (0,475 + 0,00055 \times T) dT \times 4,18 + 1.561,96 \times \\
&\quad \int_{298,15}^{303,15} (0,475 + 0,00055 \times T) dT \times 4,18 \\
&= 3.561,96 \times [0,475 \times (303,15 - 298,15) + 0,00055/2 \times (303,15^2 - 298,15^2)] \\
&\quad \times 4,18 + 1.561,96 \times [0,475 \times (303,15 - 298,15) + 0,00055/2 \times (303,15^2 - \\
&\quad 298,15^2)] \times 4,18 \\
&= 49.098,37 + 21.042,16 \\
\Delta H_1 &= 70.140,53 \text{ kJ/j}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta H_2 &= \sum m_i \left[ \Delta H_{\text{fus}} + \int_{T_R}^{T_2} C_p dT \right] \\
&= 3.561,96 \times \left[ 52,55 + \int_{298,15}^{340,15} (0,475 + 0,00055 \times T) dT \right] \times 4,18 + \\
&\quad 1.561,96 \times \left[ 54,73 + \int_{298,15}^{340,15} (0,475 + 0,00055 \times T) dT \right] \times 4,18 \\
&= 3.561,96 \times [52,55 + (0,475 \times (340,15 - 298,15) + 0,00055/2 \times (340,15^2 - \\
&\quad 298,15^2))] \times 4,18 + 1.561,96 \times [54,73 + (0,475 \times (303,15 - 298,15) + \\
&\quad 0,00055/2 \times (303,15^2 - 298,15^2))] \times 4,18 \\
&= 1.190.646,15 + 524.187,50 \\
\Delta H_2 &= 1.714.833,65 \text{ kJ/j}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_{\text{loss}} &= 2,5 \% \times \Delta H_2 \\
&= 2,5\% \times 1.714.833,65 \\
&= 42.870,84 \text{ kJ/j}
\end{aligned}$$

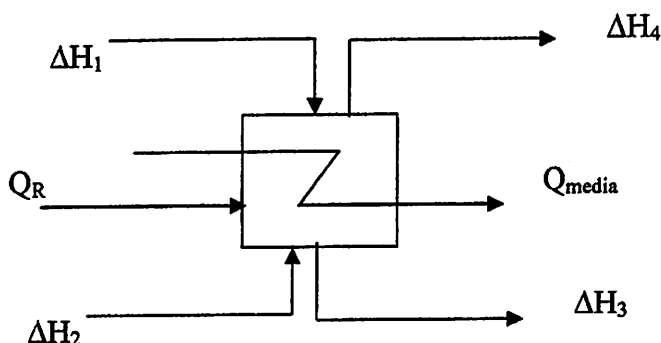
$$\begin{aligned}
\Delta H_1 + Q_{\text{media}} &= \Delta H_2 + Q_{\text{loss}} \\
Q_{\text{media}} &= \Delta H_2 + Q_{\text{loss}} - \Delta H_1 \\
&= 1.714.833,65 + 42.870,84 - 70.140,53 \\
&= 1.687.563,93 \text{ kJ/j}
\end{aligned}$$

### Neraca Panas Melter

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	70.140,53	$\Delta H_2$	1.714.833,65
$Q_{media}$	1.687.563,95	$Q_{loss}$	42.870,84
Jumlah	1.757.704,49	Jumlah	1.757.704,49

## 2. HYDROLYZER (R-110)

Fungsi : Mereaksikan RBDPS dengan air membentuk asam lemak dan gliserol



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_R + \Delta H_2 = Q_{media} + \Delta H_3 + \Delta H_4$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan air

$\Delta H_2$  = Panas dalam umpan RBDPS

$\Delta H_3$  = Panas dalam produk gliserol

$\Delta H_4$  = Panas dalam produk asam lemak

$Q_R$  = panas timbul karena reaksi

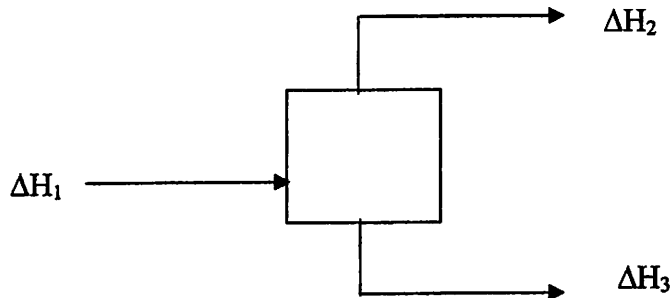
$Q_{media}$  = Panas dibuang ke pendingin

### Neraca Panas Hydrolizer

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	2.023.391,35	$\Delta H_3$	1.722.967,67
$\Delta H_2$	2.716.592,23	$\Delta H_4$	3.650.815,89
$Q_R$	951.774,58	$Q_{media}$	317.974,59
Jumlah	5.691.758,16	Jumlah	5.691.758,16

### 3. FLASH TANK (D-112)

Fungsi : Memisahkan uap air dari asam lemak.



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam *feed*

$\Delta H_2$  = Panas produk uap air

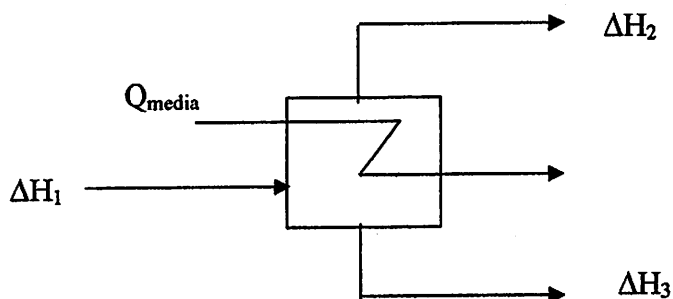
$\Delta H_3$  = Panas produk asam lemak

#### Neraca Panas Flash Tank

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	3.650.815,89	$\Delta H_2$	1.913.475,82
		$\Delta H_3$	1.737.340,07
Jumlah	3.650.815,89	Jumlah	3.650.815,89

### 4. EVAPORATOR (V-125)

Fungsi : Menguapkan air dari produk gliserol keluar hydrolyzer



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_{media} = \Delta H_2 + \Delta H_3$$

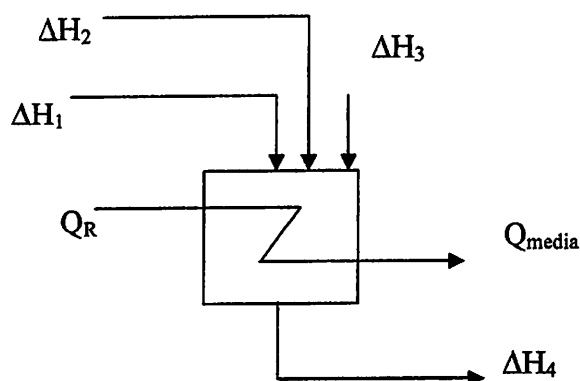
Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam *feed*  
 $\Delta H_2$  = Panas produk uap air  
 $\Delta H_3$  = Panas produk asam lemak  
 $Q_{media}$  = Panas dari media pemanas

### Neraca Panas Evaporator

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	1.722.967,67	$\Delta H_2$	3.335.860,52
$Q_{media}$	1.756.816,16	$\Delta H_3$	143.923,31
Jumlah	3.479.783,83	Jumlah	3.479.783,83

### 5. REAKTOR-NEUTRALIZER (N-120)

Fungsi : mereaksikan asam lemak dengan sodium hidroksida membentuk sabun



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + Q_R = Q_{media} + \Delta H_4$$

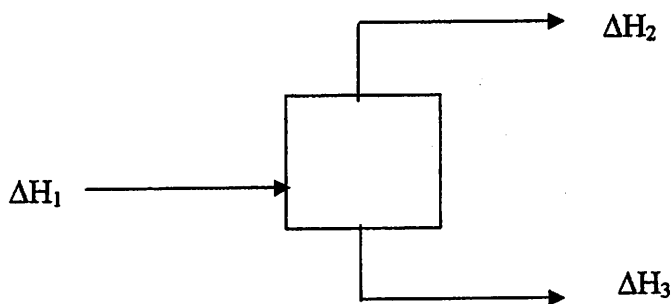
Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan asam lemak  
 $\Delta H_2$  = Panas dalam umpan sodium hidroksida  
 $\Delta H_3$  = Panas dalam umpan sodium klorida  
 $\Delta H_4$  = Panas dalam produk sabun  
 $Q_R$  = panas timbul karena reaksi  
 $Q_{media}$  = Panas dibuang ke pendingin

### Neraca Panas Mixer-Neutralizer

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	479.827,08	$\Delta H_4$	1.263.551,68
$\Delta H_2$	23.744,15	$Q_{media}$	821.031,51
$\Delta H_3$	10.353,07		
$Q_R$	1.570.658,88		
Jumlah	2.084.583,19	Jumlah	2.084.583,19

### 6. VACUUM SPRAY CHAMBER (P-128 A)

Fungsi : Mengeringkan sabun keluar dari Reaktor-Neutralizer.



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam *feed*

$\Delta H_2$  = Panas produk uap air

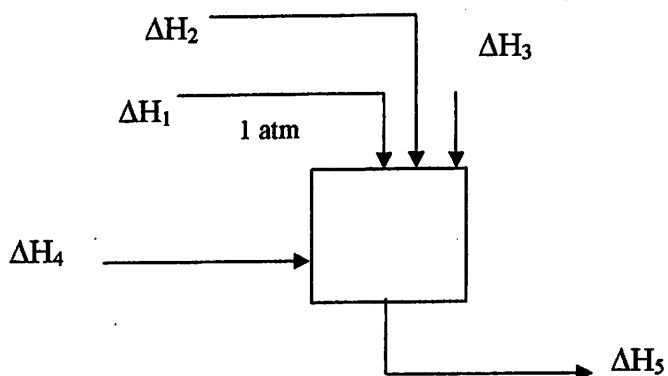
$\Delta H_3$  = Panas produk sabun

### Neraca Panas vacuum Spray Chamber

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	2.566.472,16	$\Delta H_2$	2.361.628,79
		$\Delta H_3$	203.297,24
Jumlah	2.566.472,16	Jumlah	2.564.926,03

### 7. AMALGAMATOR (P-128 C)

Fungsi : Mencampur sabun dengan aditif gliserol, EDTA, dan parfum.



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 = \Delta H_5$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan sabun

$\Delta H_2$  = Panas dalam umpan gliserol

$\Delta H_3$  = Panas dalam umpan EDTA

$\Delta H_4$  = Panas dalam umpan parfum

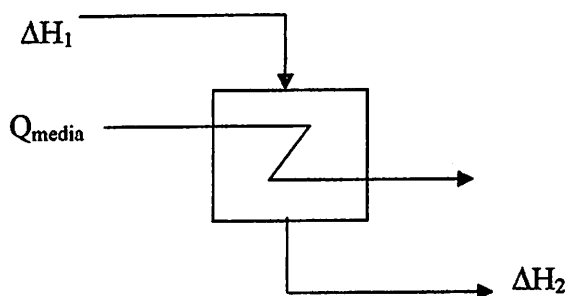
$\Delta H_5$  = Panas dalam produk

#### Neraca Panas Amalgamator

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	204.843,37	$\Delta H_4$	222.119,02
$\Delta H_2$	16.300,79		-
$\Delta H_3$	81,24		
$\Delta H_4$	893,62		
Jumlah	222.119,02	Jumlah	222.119,02

#### 8. HEATER (E-115 B)

Fungsi : memanaskan air umpan Hydrolyzer dari 30°C menjadi 210°C



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_{\text{media}} = \Delta H_2$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan

$\Delta H_2$  = Panas dalam produk

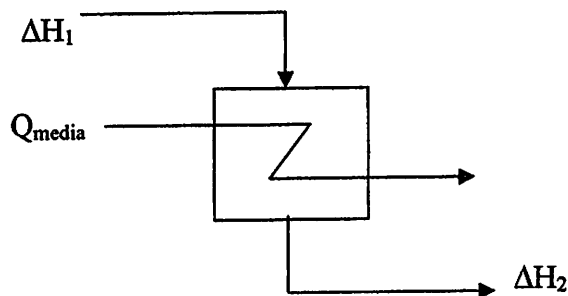
$Q_{\text{media}}$  = Panas dimasukkan dari pemanas

### Neraca Panas Heater

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	54.968,55	$\Delta H_2$	2.023.391,35
$Q_{\text{media}}$	1.968.422,80		
Jumlah	2.023.391,35	Jumlah	2.023.391,35

### 9. HEATER (E-115 A)

Fungsi : memanaskan RBDPS umpan Hydrolyzer dari 67°C menjadi 210°C



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_{\text{media}} = \Delta H_2$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan

$\Delta H_2$  = Panas dalam produk

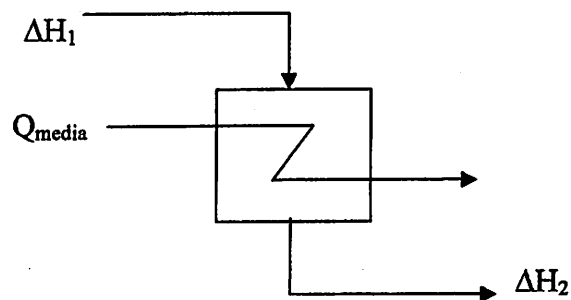
$Q_{\text{media}}$  = Panas dimasukkan dari pemanas

### Neraca Panas Heater

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	1.714.833,65	$\Delta H_2$	2.716.592,23
$Q_{media}$	1.001.758,59		
Jumlah	2.716.592,23	Jumlah	2.716.592,23

#### 10. HEATER (E-115 C)

Fungsi : memanaskan sabun umpan Vacuum Spray chamber dari 90°C menjadi 155°C



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_{media} = \Delta H_2$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan

$\Delta H_2$  = Panas dalam produk

$Q_{media}$  = Panas dimasukkan dari pemanas

### Neraca Panas Heater

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	1.263.551,68	$\Delta H_2$	2.566.472,16
$Q_{media}$	1.302.920,48		
Jumlah	2.566.472,16	Jumlah	2.566.472,16

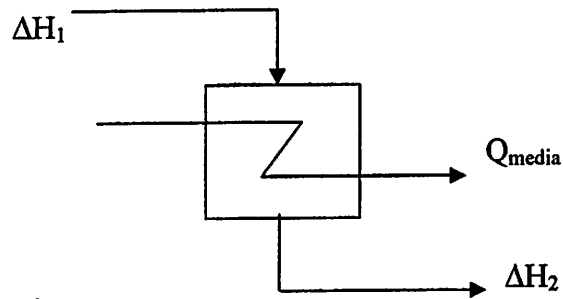
#### 11. COOLER (E-124 A)

Fungsi : Mendinginkan produk keluar flash tank dari 165,2°C menjadi 65°C.



**Neraca Panas Cooler**

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	143.923,31	$\Delta H_2$	25.134,70
		$Q_{media}$	118.788,61
Jumlah	143.923,31	Jumlah	143.923,31



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_{\text{media}} = \Delta H_2$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan

$\Delta H_2$  = Panas dalam produk

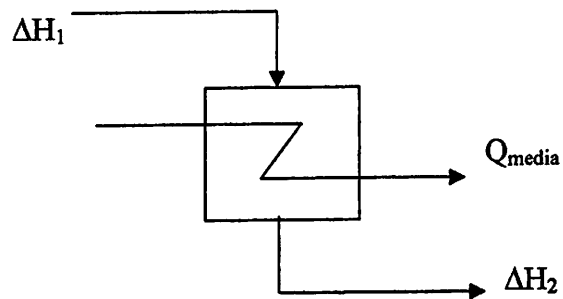
$Q_{\text{media}}$  = Panas dibuang ke pendingin

#### Neraca Panas Cooler

MASUK (kJ/j)		KELUAR (kJ/j)	
$\Delta H_1$	1.737.340,07	$\Delta H_2$	479.827,08
		$Q_{\text{media}}$	1.257.512,99
Jumlah	1.737.340,07	Jumlah	1.737.340,07

#### 12. COOLER (E-124 B)

Fungsi : Mendinginkan produk keluar evaporator dari 110°C menjadi 40°C



Neraca Panas Total :

$$\Delta H_1 + Q_{\text{media}} = \Delta H_2$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas dalam umpan

$\Delta H_2$  = Panas dalam produk

$Q_{\text{media}}$  = Panas dibuang ke pendingin

## APPENDIX C

### PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN

#### 1. GUDANG RBDPS

Fungsi : sebagai tempat penyimpanan RBDPS selama 1 minggu

Kode : F-111

Kondisi operasi :

$T_{udara}$  : 30 °C

P : 1 atm

Jenis : Bangunan tertutup

Densitas bahan = 0,91 ton/m<sup>3</sup>

Kapasitas bahan = 5084,67 kg/jam

Penyimpanan = 1 minggu

Volume = 10459,9 m<sup>3</sup>

Diambil over design 20 % :

Volume = 12551,9 m<sup>3</sup>

Dibuat 1 buah gudang dengan :

Tinggi tumpukan = 5 m

Luas = 2510,37 m<sup>2</sup>

lebar gudang = 40 m => 30 m

panjang gudang = 62,7593 m => 63 m

Dinding dibuat dari bata yang dilapisi semen

#### 2. SCREW CONVEYOR RBDPS

Fungsi : Membawa RBDPS dari F-111 ke M-113

Kode : J-112

Kondisi operasi :

Tudara : 30 oC

P : 1 atm

Densitas campuran :

$\rho_{mix}$  = 910 kg/m<sup>3</sup>

$$m = 5084,67 \text{ kg/jam}$$

$$= 186,8263 \text{ lb/menit}$$

$$FV = \frac{m}{\rho_{\text{mix}}}$$

$$= 5,5875 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 197,3223 \text{ cuft/jam}$$

Dari table. 13, Brown, P.53 diperoleh :

$$D_{\text{screw}} = 4 \text{ in}$$

$$= 0,3333 \text{ ft}$$

$$\text{Putaran Maksimum} = 220 \text{ rpm}$$

$$\text{Panjang} = 8 - 12 \text{ ft, diambil panjang :}$$

$$L_{\text{screw}} = 12 \text{ ft}$$

$$= 144 \text{ in}$$

Daya Penggerak

$$\text{Horse Power} = \frac{\text{coefficien} \cdot \text{capacity} \cdot \text{panjang}}{33.000}$$

(Brown, P.53)

Dari Brown, P.53, diketahui koefisien sebesar 4.0. Maka :

$$\text{Power} = 0,2717 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor digunakan 75%. Maka :

$$\text{Power} = 0,3623 \text{ Hp}$$

Digunakan motor dengan tenaga standar = 0,5 Hp (standar NEMA)

### 3. MELTER

Fungsi : Meleburkan RBDPS sebelum diumpankan ke Hydrolyzer

Kode : E-113

Kondisi operasi:

$$T : 67 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P : 1 \text{ atm}$$

1. Mencari dimensi melter

Waktu tinggal cairan dalam melter dipilih : 15 menit

$$\text{Kecepatan aliran keluar melter} = 5084,67 \text{ kg/j}$$

$$\text{densitas cairan} = 910 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Debit cairan} = 5,587544 \text{ m}^3/\text{j}$$

volume cairan selama waktu tinggal :

$$\begin{aligned} \text{VL} &= 1,40 \text{ m}^3 = 1396,89 \text{ liter} \\ &= 51,7365 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

over design dipakai 20.%, maka volume melter =

$$\begin{aligned} \text{VR} &= 1,67626 \text{ m}^3 \\ &= 1676,26 \text{ liter} = 62,083823 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Untuk tangki berpengaduk, rasio H / D antara 1 s/d 2 (Tabel 4-16, Ulrich, hal 168-169)

dimana : H = tinggi melter ; D = diameter melter

Dipilih tangki silinder dengan H = D

Jenis head yang dipilih Terispherical flanged and dished head, karena operasi pada tekanan rendah dan harganya murah

Volume Head,  $V_H = 0.0847 D^3$  (D =ft ; V = ft<sup>3</sup>) (Brownell&Young, p.88)

$$V_R = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H + 2 \cdot V_H$$

$$V_R = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (D) + 2 \times 0,0847 D^3$$

$$62,0838 \text{ ft}^3 = 22/28 D^3 + 0.1694 D^3$$

$$D^3 = 65,0015 \text{ ft}^3$$

$$D = 4,0207559 \text{ ft} = 1,20623 \text{ m}$$

Maka:

$$H = 4,0208 \text{ ft} = 1,20623 \text{ m}$$

$$V_H = 0.0847 D^3$$

$$V_H = 5,5056 \text{ ft}^3$$

Volume cairan dalam shell,  $V_C = V_L - V_H$

$$V_C = 46,2309 \text{ ft}^3$$

$$\text{Tinggi cairan dalam shell, } L = \frac{4 \cdot V_C}{\pi \cdot D^2}$$

$$L = 3,6428 \text{ ft}$$

$$= 43,7148 \text{ in}$$

$$= 1,1103 \text{ m}$$

## 2. Menentukan Tebal Dinding Melter (Shell)

Dipilih dinding dengan jenis carbon Steel.

$$t_s = \frac{Pr}{f.E - 0.6.P} + C$$

(hal 254 Brownell n Young)

Dimana :

$t_s$  = Tebal dinding melter minimum, in

P = Tekanan design, psig

r = jari-jari melter, in = 24,1245 in

f = Tekanan maksimum yang diizinkan = 13230 psi

E = Effisiensi penyambungan = 0,85 (Brownell&Young )

C = Faktor korosi = 3 mm = 0,1181102 in

(Ulrich, hal 250)

Preaksi = 1atm = 14.7 psi 1,00 atm = 14,7 psi

Pdesign= 1,2 Preaksi = 2,94 psig

$t_s$  = 0,1244 in

Dipilih tebal standar 1/4 in 0,1875 in = 0,00476 m

OD = ID + 2  $t_s$

OD = 48,4979 in

Standarisasi dari table 5.7 Brownell & Young, hal 91, didapat:

OD = 54 in = 1,3716 m                      OD = diameter luar dari shell

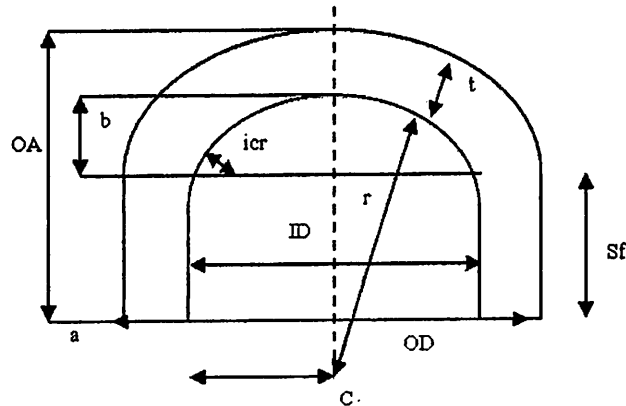
ID = 1,3621 m = 53,6250 in

H = 81 in

Tinggi cairan dalam shell, L =  $\frac{4.V_c}{\pi.D^2}$

L = 2,9082 ft = 34,8995 in = 0,8864466 m

## 3. Menghitung ukuran head



Keterangan Gambar: (Brownell n young, hal 87)

ID = diameter dalam head

OD = diameter luar head

a = jari-jari dalam head

t = tebal head

r = jari-jari luar dish

icr = jari-jari dalam sudut dish

b = tinggi head

sf = straight flange

OA = tinggi head total

Untuk menghitung tebal head digunakan persamaan:

$$t_H = \frac{0,885 \cdot P \cdot r}{fE - 0,1P} + C \quad (\text{Brownell n young, hal 258})$$

$$= 0,1237 \text{ in} = 0,00314 \text{ m}$$

Dipilih tebal standar 3/16 in

$$OD = ID + t_H$$

$$OD = 48,4979 \text{ in}$$

Standarisasi dari table 5.7 Brownell & Young, hal 91, didapat:

$$OD = 54 \text{ in} = 1,3716 \text{ m}$$

$$icr = 3 \text{ in} = 0,0762 \text{ m}$$

$$r = 54 \text{ in} = 1,3716 \text{ m}$$

$$a = 0.5 \times D$$

$$a = 24,1245 \text{ in} = 0,6127632 \text{ m}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 21,1245 \text{ in} = 0,5365632 \text{ m}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 51,000 \text{ in} = 1,2954 \text{ m}$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$$AC = 46,4193 \text{ in} = 1,1790509 \text{ m}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 7,581 \text{ in} = 0,1925491 \text{ m}$$

Dari tabel 5.8 Brownell & Young, hal 93, didapat  $sf = 2 \text{ in}$

$$OA = t_H + b + sf$$

$$OA = 9,704 \text{ in} = 0,2464908 \text{ m}$$

Jadi tinggi head total = 0,2465 m

#### 4. Menghitung Ukuran dan power pengaduk

Kecepatan putaran dibuat tinggi agar pencampuran berlangsung dengan baik digunakan pengaduk jenis turbin dengan 6 sudu (six blades turbine) karena dapat digunakan untuk kecepatan putaran yang cukup tinggi.

Data pengaduk diperoleh dari Brown "Unit Operation" hal. 507

Ukuran Pengaduk:

# Diameter pengaduk ( $D_o$ )

$$D_o = ID/3$$

$$d = 0,4021 \text{ m} = 1,31913 \text{ ft} = 0,1099275 \text{ in}$$

# Lebar sudu pengaduk ( $w$ )

$$w = D_o/5$$

$$w = 0,0804 \text{ m} = 3,16591 \text{ in}$$

# Panjang sudu pengaduk ( $l$ )

$$l = D_o/4$$

$$l = 0,1005 \text{ m} = 3,95739 \text{ in}$$

# lebar baffle( $J$ )

$$J = 0.1 \times ID$$



$$J = 0,1206 \text{ m} = 4,74887 \text{ in}$$

# Jarak pengaduk dengan dasar tangki

$$Z_i/d = 0.75-1.3 ; \text{dipilih } 1$$

$$Z_i = 0,4020756 \text{ m}$$

# Kecepatan putar pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi \cdot d} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \cdot d}}$$

(Rase,H.F.,Pers.8.8,p.345)

$$\text{WELH} = Z_L \times S_g$$

Dimana :

N = kecepatan putar pengaduk, rpm

d = diameter pengaduk, m

Z<sub>l</sub> = tinggi cairan dalam tangki, m

S<sub>g</sub> = specific gravity

WELH = water equivalent liquid Height, ft

Kecepatan ujung pengaduk 600-900 rpm (pheriperal speed)

ρ campuran = 910,00 kg/m<sup>3</sup>

ρ air = 998 kg/m<sup>3</sup>

S<sub>g</sub> = (ρ campuran/ρ air)

$$S_g = 0,9118$$

Z<sub>l</sub> tinggi cairan dalam tangki, m

$$Z_l = 1,11036 \text{ m} = 3,7011863 \text{ ft}$$

$$\text{WELH} = Z_l \times S_g$$

$$\text{WELH} = 3,37483 \text{ ft} = 1,0124488 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Pengaduk} = \text{WELH}/ID = 0,8393519 \approx 1 \text{ BUAH}$$

Kecepatan putar pengaduk

$$N = 163,8330 \text{ rpm} = 2,7305496 \text{ rps}$$

$$\text{Pakai } N = 165 \text{ rpm} = 2,75 \text{ rps}$$

# Menghitung power pengaduk

$$P = \frac{N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot d^5}{g_c}$$

(Brown, "Unit Operation" hal.508)

Dimana:

- $P$  = daya pengaduk, lb.ft/s  
 $N_p$  = power number  
 $N$  = kecepatan putar pengaduk, rps  
 $\rho$  = densitas campuran, lbm/ft<sup>3</sup>  
 $d$  = diameter pengaduk, ft  
 $g_c$  = gravitasi = 32,17 ft.lbm/s<sup>2</sup>.lbf

$$N_{re} = \frac{N \times d^2 \times \rho}{\mu}$$

$$\begin{aligned} \text{viskositas cairan} &= 0,06 \text{ g/cm det} \\ &= 21,6000 \text{ kg/m j} \end{aligned}$$

$$N_{re} = 67427,7$$

dari fig 19-13 , untuk  $N_{re}$   $6,7E+04$  dan pengaduk jenis turbin dengan 6 sudu, diperoleh  $N_p = 6$

$$P = 1193,2 \text{ Watt} = 1,6 \text{ HP}$$

Effisiensi motor penggerak = 80%

$$\text{Daya penggerak motor} = \frac{P}{\eta} = 1,96 \text{ HP}$$

dipilih motor standard = 2 HP

#### 4. POMPA RBDPS

Fungsi : Mengalirkan RBDPS dari E-113 ke R-110

Kecepatan aliran massa,  $m = 5.084,67 \text{ kg/j}$

Sifat Fisis (Yaws, 1999) :

Suhu,  $T = 67 \text{ }^\circ\text{C}$

Densitas,  $\rho = 910,00 \text{ kg/m}^3$

Viskositas,  $\mu = 6 \text{ cp} = 21,6 \text{ kg/j/m}$   
 $= 0,006 \text{ Pa.det}$

#### Menghitung Kapasitas Pompa

Laju Alir Volumetris,  $Q = m / \rho = 5,58754 \text{ m}^3/\text{jam}$

Dirancang : Over Design = 20 %

Kapasitas Pompa  $Q_p = (1,2) \cdot Q = 6,70505 \text{ m}^3/\text{jam}$

### Menentukan Ukuran Pipa Standar

Laju Alir Massa,  $G = Q_p \cdot \rho = 6101,6 \text{ kg/jam} = 1,69489 \text{ kg/dtk}$

Dipilih pipa carbon steel karena fluida tdk korosif

Untuk Bahan Carbon Steel, diameter pipa optimum dapat diperoleh dengan persamaan diameter optimum:

$$d_{i, \text{opt}} = 293 G^{0.53} \rho^{-0.37}$$

(Coulson, ed.4,v.6, h.221)

$$d_{i, \text{opt}} = 31,15065 \text{ mm} = 1,2264 \text{ in}$$

Dipilih : Spesifikasi Pipa Standar (Kern, hal 844)

Nominal Pipe Size, IPS = 1,25 in

Schedule Number, Sch.N = 40

Inside Diameter,  $d_i$  = 1,38 in

= 35,052 mm

Outside Diameter, OD = 1,66 in

Cek Bilangan Reynold:

Inside Cross Sectional Area:

$$A_f = \pi/4 \cdot d_i^2 = 0,00096 \text{ m}^2$$

Kecepatan Linier,  $v = Q_p/A_f = 1,9311 \text{ m/dtk}$

Bilangan Reynold:

$$Re = \frac{\rho v d_i}{\mu} = 10266,1$$

$Re > 10000$ , aliran turbulen

**Panjang Ekuivalen Pipa (Coulson, ed.4,v.6, h.204)**

Suction

1. Pipa Lurus horizontal = 1 m

2. Pipa Lurus vertikal = 1,5 m

L = 2,5 m

	Jumlah	eq pipe d	ID, m	Le, m
Fitting : Standar Ellbow 90 o	1	40	0,03505	1,40208
Entry Loss	1	25	0,03505	0,8763
valve : half open	0	200	0,03505	0
			Le =	2,27838

$$L + Le \text{ bagian suction} = 4,77838 \text{ m}$$

#### Discharge

$$1. \text{ Pipa Lurus horizontal} = 30 \text{ m}$$

$$2. \text{ Pipa Lurus vertikal} = 2 \text{ m}$$

$$L = 32 \text{ m}$$

	Jumlah	eq pipe d	ID, m	Le, m
Fitting : Standar Ellbow 90 o	5	40	0,03505	7,0104
Exit Loss	1	50	0,03505	1,7526
valve : half open	1	200	0,03505	7,0104
			Le =	15,7734

$$L + Le \text{ bagian discharge} = 47,7734 \text{ m}$$

Panjang ekivalen (Le) pipa total : 52,5518 m

#### Menentukan Friction Head

(Coulson, ed.4,v.6, h.201)

$$\Delta P_f = 8f \frac{L}{di} \frac{\rho V^2}{2}$$

absolute roughness = 0,046

untuk commercial steel pipe :

$$e = \text{absolute roughness}/di = 0,00131$$

dari fig 5.7 (Coulson, ed 4, v.6) pada Re = 10266,1

$$\text{didapat } f = 0,0027$$

Friction loss bagian suction:

$$\begin{aligned} \Delta P_{f \text{ suc}} &= 4996,224 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,049309 \text{ atm} \end{aligned}$$

Friction loss bagian discharge:

$$\begin{aligned} \Delta P_{f \text{ dis}} &= 49951,37 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,492982 \text{ atm} \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta P_f}{\rho g} =$$

0,559841 m

**Menentukan Pressure Head**

Tek.dalam input : P1 = 1 atm

Tek.dalam output : P2 = 41 atm

*Pressure Head* :

$$\Delta P / \rho g = P1 - P2 = -454,15 \text{ m}$$

**Menentukan Static Head**Tinggi Fluida masuk  $z1 = 1 \text{ m}$ 

$$\rho g z1 = 8924,37 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,08924 \text{ atm}$$

Tinggi fluida keluar  $z2 = 2 \text{ m}$ 

$$\rho g z1 = 17848,7 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,17849 \text{ atm}$$

*Static Head*  $\Delta z = z1 - z2 = -1 \text{ m}$ **Head pompa**

Rumus mencari head pompa

$$- W_s = \frac{\Delta P_f}{\rho g} - \frac{\Delta P}{\rho g} - \Delta z$$

(Coulson, ed.4,v.6, h.207)

Percepatan gravitasi bumi  $g = 9,807 \text{ m/dtk}$ Diperoleh :  $(-W_s) = 455,71 \text{ m}$ **Menentukan jenis pompa**

$$Q = m / t = 5,58754 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$(-W_s) = 455,71 \text{ m}$$

Fluida tidak mengandung padatan.

Dari fig 5.6. Coulson, ed.4, v.6 diperoleh :

multistage centrifugal Pump

**Cek NPSH**

$$NPSH_{avail} = \frac{P}{\rho g} + H - \frac{P_f}{\rho g} - \frac{P^o}{\rho g}$$

(Coulson, ed.4,v.6, h.212)

$$P = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ N/m}^2$$

$$P_o = 0,01 \text{ atm} = 1013,25 \text{ N/m}^2$$

$$P_f = 8f \frac{L_{suc}}{di} \frac{\rho v^2}{2} = 4996,22 \text{ N/m}^2$$

$$\text{NPSH avail} = 11,6804 \text{ m}$$

NPSH minimal 3 m, jadi sudah memenuhi syarat

### Tenaga Pompa

$$Q = 5,587544 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$(-W_s) = 455,7095 \text{ m}$$

Efisiensi Pompa diperoleh dari hal 480 Coulson ed. 4, vol. 6

$$\eta = 30\%$$

Tenaga Pompa dapat dicari dengan persamaan :

$$\text{power} = \frac{W m g}{\eta}$$

$$\text{power} = 21040,83 \text{ W} = 28,2162 \text{ Hp}$$

### Tenaga Motor

Efisiensi Motor dapat diperoleh dari Coulson, ed.4, h93

$$\text{Efisiensi Motor } \epsilon_m = 80\%$$

$$\text{Tenaga Motor } P = \text{power}/\epsilon_m = 35,2703 \text{ Hp}$$

Dipilih Daya Motor Standar = 50 Hp (Ludwig, hal 628)

## 5. HEATER RBDPS

Fungsi : Memanaskan umpan RBDPS sebelum masuk hydrolyzer

### a. Fluida dingin

$$\text{suhu masuk} = 67,0 \text{ }^\circ\text{C} = 152,6 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{suhu keluar} = 210,0 \text{ }^\circ\text{C} = 410,0 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{massa fluida} = 2542,3325 \text{ kg/j}$$

$$= 5593,13 \text{ lb/j}$$

### b. Fluida panas

#### Steam

$$\text{suhu} = 225 \text{ }^\circ\text{C} = 437 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$P = 25,1 \text{ atm (ullrich)}$$

panas penguapan,  $\lambda = 760$  btu/lb

Beban HE,  $Q_h = 1001000,72$  kJ/j Dari perhitungan n panas  
 $= 948815,85$  btu/j

jumlah steam yang dibutuhkan  $= 1248,441907$  lb/j  $= 567,473594$  kg/j

suhu masuk  $= 225$  °C  $= 437$  °F

suhu keluar  $= 225$  °C  $= 437$  °F

$C_p = 1$  Btu/lb/F



<i>Hot fluid</i>		<i>Cold fluid</i>	<i>Difference</i>
F		F	
437,00	<i>Higher Temp</i>	410	27,00
437,00	<i>Lower Tem</i>	152,60	284,40
0,00	<i>Difference</i>	257,40	-257,40

Kisaran  $U_D$  (organic- steam)  $= 100-200$  Btu/ft<sup>2</sup>/°F (Tabel 8 Kern)

Diambil  $UD = 120$

$\Delta t = \text{LMTD} :$

$$\text{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \left[ \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1} \right]}$$

$$= 109,32 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_c = t_a = 281,30 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_c = T_a = 437,00 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Luas transfer panas:

$$A = \frac{Q_h}{U_D \cdot \Delta t}$$

$$A = 72,33 \text{ ft}^2$$

$$= 6,73 \text{ m}^2 < 10 \text{ m}^2 \text{ maka dipakai double pipe}$$

Jenis HE : *Double Pipe Heat Exchanger*

*Trial Lay Out Hairpin*

Effective length,  $L = 8$  ft

*Exchanger, IPS (Sch 40)*

*Outer pipe = 3/4*

*Inner pipe = 1/4*

<i>HOT FLUID : INNER PIPE, steam</i>	<i>COLD FLUID : ANNULUS, fluida proses</i>
<p><i>Flow area :</i>            [Tab11] For Sch. 40  <math>ID = 3,068</math> in  <math>= 0,256</math> ft  <math>ap = 3.14 * D^2 / 4</math>  <math>= 0,051</math> ft<sup>2</sup></p> <p><i>Mass Velocity</i>  <math>Gp = w/ap</math>  <math>= 24330,47</math> lb/hr ft<sup>2</sup></p> <p>Hitung <math>Re = D * Gt / \mu</math>  <math>t_{av} = 437,00</math> F  <math>\mu = 0,018</math> cp  <math>= 0,0432</math> lb/ft jam  <math>Re = 143921,17</math></p> <p><math>h_{io} = h_i * (ID/OD)</math>  <math>= 1500,00</math> btu/hr.ft<sup>2</sup>.F</p>	<p><i>Flow area :</i>  <math>D1 = OD</math> pipe  <math>= 0,0208</math> ft  <math>D2 = ID</math> annulus  <math>= 0,063</math> ft  <math>aa = 3.14 * (D2^2 - D1^2) / 4</math>  <math>= 2,73E-03</math> ft<sup>2</sup></p> <p><i>Equivalent diameter</i>  <math>De = (D2^2 - D1^2) / D1</math>  <math>= 0,167</math> ft</p> <p><i>Mass Velocity</i>  <math>Ga = w/aa</math>  <math>= 2052002,42</math> lb/hr ft<sup>2</sup></p> <p><math>t_{av} = 281,30</math> F, maka :  <math>\mu = 6,0000</math> cpoise  <math>= 14,5200</math> lb/ft jam  <math>cp = 0,70031976</math> Btu/lb F  <math>k = 0,0939</math> Btu/j ft<sup>2</sup> F/ft  <math>Rea = De * Ga / \mu</math>  <math>= 23553,75</math></p> <p><math>jH = 80</math> [Fig 24]  <math>(cp * \mu / k)^{(1/3)} = 4,766</math></p> <p><math>h_o = jH * (k/De) * ((cp * \mu / k)^{(1/3)}) * (\mu / \mu_w)^{0.14}</math>  <math>= 214,85</math> Btu/hr ft<sup>2</sup> F</p>

*Clean overall coeficient*

$UC = h_{io} * h_o / (h_{io} + h_o)$

$= 187,93$  Btu/hr ft<sup>2</sup> F



*Dirt factor*

$$\begin{aligned} \text{Rd required : fluid proses} &= 0,001 \\ \text{steam} &= 0,0005 \quad \text{Kern, hal. 845} \\ \text{Rd req} &= 0,0015 \end{aligned}$$

*Required Surface :*

$$A = 72,33 \text{ ft}^2$$

Dari Tab. 11 untuk 2 in IPS, maka luas permukaan luar per satuan panjang (ft)

$$ap' = 0,917 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$\text{Required length} = A/ap'$$

$$A' = 78,87$$

$$\text{Jumlah pipa yang diperlukan} = 10$$

$$\text{Panjang sesungguhnya} = 80$$

$$\begin{aligned} \text{Luasan sesungguhnya} &= \text{panjang standar} \times ap' \\ &= 73,36 \text{ ft}^2 = 6,824314 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$UD = Q/A'/\text{delt} = 118,31$$

$$Rd = (UC - UD)/(UC \cdot UD) = 0,0031$$

$$\text{Rd terhitung (Rd calculated)} = 0,0031$$

$$\text{Rd dibutuhkan (Rd required)} = 0,0015$$

Rd calc  $\geq$  Rd req maka perhitungan bisa diterima

## PRESSURE DROP

<i>HOT FLUID : INNER PIPE, steam</i>	<i>COLD FLUID : ANNULUS, fluida proses</i>
$Re = 143921,17$ $f = \text{dari fig 26 Kern}$ $f = 0,0004$ $\rho = 0,8831 \text{ lb/ft}^3$ $\text{delFp} = 4 \cdot f \cdot G_p^2 \cdot L / (2 \cdot g \cdot \rho^2 \cdot D)$ $= 0,4545 \text{ ft}$ $\text{delPa} = \text{delFp} \cdot \rho / 144$ $= 2,79E-03 \text{ psi}$	$De' \text{ tidak sama dengan } De :$ $De' = D_2 - D_1$ $= 0,0417 \text{ ft}$ $Re_a = De' \cdot G_a / \mu$ $= 14250,0168$ $f \text{ dari fig 26 Kern}$ $f = 0,0003$ $\rho = 37,451865 \text{ lb/ft}^3$ $\text{delFa} = 4 \cdot f \cdot G_a^2 \cdot L / (2 \cdot g \cdot \rho^2 \cdot De')$ $= 8,27E-01 \text{ ft}$ $V = G / 3600 / \rho$

	$= 15,22 \text{ fps}$ $F_t = 3 \cdot (V^2) / 2g'$ $= 10,79 \text{ ft}$ $\text{delP} = (\text{delF}_a + F_t) \cdot \rho / 144$ $= 3,02 \text{ psi}$
--	--

Spesifikasi :

Fungsi : Memanaskan umpan RBDPS sebelum masuk hydrolyzer

Tipe : Double pipe

Ukuran : Luas Transfer Panas =  $73,36 \text{ ft}^2$

Panjang :  $8 \text{ ft} = 2,4 \text{ m}$

Jumlah pipa = 10

*Annulus* : RBDPS

*Inner Pipe* : Steam

IPS : 0,75

IPS : 0,25

Sch : 40

Sch : 40

## 6. HEATER AIR

Fungsi : Memanaskan umpan air proses sebelum masuk hydrolyzer

a. Fluida dingin

suhu masuk =  $30,0 \text{ }^\circ\text{C}$  =  $86,0 \text{ }^\circ\text{F}$

suhu keluar =  $210,0 \text{ }^\circ\text{C}$  =  $410,0 \text{ }^\circ\text{F}$

massa fluida =  $2542,3325 \text{ kg/j}$   
 $= 5593,13 \text{ lb/j}$

b. Fluida panas

**Steam**

suhu =  $225 \text{ }^\circ\text{C}$  =  $437 \text{ }^\circ\text{F}$

$P = 25,1 \text{ atm}$  (ullrich)

panas penguapan,  $\lambda = 760 \text{ btu/lb}$

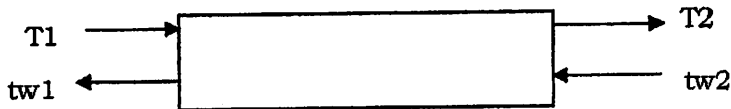
Beban HE,  $Q_h = 1966933,6 \text{ kJ/j}$  Dari perhitungan n panas  
 $= 1864392,1 \text{ btu/j}$

jumlah steam yang dibutuhkan =  $2453,15 \text{ lb/j}$

suhu masuk =  $225 \text{ }^\circ\text{C}$  =  $437 \text{ }^\circ\text{F}$

suhu keluar =  $225 \text{ }^\circ\text{C}$  =  $437 \text{ }^\circ\text{F}$

$$C_p = 1 \text{ Btu/lb/F}$$



<i>Hot fluid</i>		<i>Cold fluid</i>	<i>Difference</i>
F		F	
437,00	<i>Higher Temp</i>	410	27,00
437,00	<i>Lower Tem</i>	86,0	351,00
0,00	<i>Difference</i>	324,0	-324,00

Kisaran  $U_D$  (organic- steam) = 100-200 Btu/ft<sup>2</sup>/°F (Tabel 8 Kern)

Diambil  $UD = 200$

$\Delta t = \text{LMTD} :$

$$\text{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \left[ \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1} \right]}$$

$$= 126,3 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_c = t_a = 248 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_c = T_a = 498 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Luas transfer panas:

$$A = \frac{Q_h}{U_D \cdot \Delta t}$$

$$A = 73,8 \text{ ft}^2$$

$$= 6,87 \text{ m}^2 < 10 \text{ m}^2 \text{ maka dipakai double pipe}$$

Jenis HE : *Double Pipe Heat Exchanger*

*Trial Lay Out Hairpin*

Effective length,  $L = 8 \text{ ft}$

*Exchanger, IPS (Sch 40)*

*Outer pipe = 2*

*Inner pipe = 1/2*

<i>HOT FLUID : INNER PIPE, steam</i>	<i>COLD FLUID : ANNULUS, fluida proses</i>
<p><i>Flow area :</i>  [Tab11] For Sch. 40  ID = 3,068 in  = 0,256 ft  ap = <math>3.14 \cdot D^2/4</math>  = 0,051 ft<sup>2</sup></p> <p><i>Mass Velocity</i>  Gp = w/ap  = 47808,57 lb/hr ft<sup>2</sup></p> <p>Hitung <math>Re = D \cdot Gt / \mu</math>  t av = 437,00 F  miu = 0,018 cp  = 0,043221507 lb/ft jam</p> <p>Re = 282800,38  hio = <math>hi \cdot (ID/OD)</math>  = 1500,00 btu/hr.ft<sup>2</sup>.F</p>	<p><i>Flow area :</i>  D1 = OD pipe  = 0,0417 ft  D2 = ID annulus  = 0,167 ft  aa = <math>3.14 \cdot (D2^2 - D1^2)/4</math>  = 2,04E-02 ft<sup>2</sup></p> <p><i>Equivalent diameter</i>  De = <math>(D2^2 - D1^2)/D1</math>  = 0,625 ft</p> <p><i>Mass Velocity</i>  Ga = w/aa  = 273600,32 lb/hr ft<sup>2</sup></p> <p>tav = 248,00 F, maka :  miu = 0,2307 cpoise  = 0,5582 lb/ft jam</p> <p>cp = 1,01150575 Btu/lb F  k = 0,3938 Btu/j ft<sup>2</sup> F/ft  Rea = <math>De \cdot Ga / \mu</math>  = 306345,64</p> <p>jH = 700 [Fig 24]  <math>(cp \cdot \mu / k)^{1/3} = 1,128</math>  ho = <math>jH \cdot (k/De) \cdot ((cp \cdot \mu / k)^{1/3}) \cdot (\mu / \mu_w)^{0.14}</math>  = 497,33 Btu/hr ft<sup>2</sup> F</p>

*Clean overall coefficient*

$$UC = hio \cdot ho / (hio + ho)$$

$$= 373,5 \text{ Btu/hr ft}^2 \text{ F}$$

*Dirt factor*

$$Rd \text{ required : fluid proses} = 0,001$$

$$\text{steam} = 0,0005 \text{ Kern, hal. 845}$$

$$Rd \text{ req} = 0,0015$$

*Required Surface :*

$$A = 73,8 \text{ ft}^2$$

Dari Tab. 11 untuk 2 in IPS, maka luas permukaan luar per satuan panjang (ft)

$$ap' = 0,917 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$\text{Required length} = A/ap'$$

$$A' = 80,48$$

$$\text{Jumlah pipa yang diperlukan} = 11$$

$$\text{Panjang sesungguhnya} = 88$$

$$\text{Luasan sesungguhnya} = \text{panjang standar} \times ap'$$

$$= 80,70 \text{ ft}^2$$

$$UD = Q/A'/\text{delt} = 182,9$$

$$Rd = (UC - UD)/(UC \cdot UD) = 0,0028$$

$$Rd \text{ terhitung (Rd calculated)} = 0,0028$$

$$Rd \text{ dibutuhkan (Rd required)} = 0,0015$$

$Rd \text{ calc} \geq Rd \text{ req}$  maka perhitungan bisa diterima

#### PRESSURE DROP

<i>HOT FLUID : INNER PIPE, steam</i>	<i>COLD FLUID : ANNULUS, fluida proses</i>
$Re = 282800,38$ $f \text{ dari fig 26 Kern}$ $f = 0,0004$ $\rho = 0,883130391 \text{ lb/ft}^3$ $\text{delFp} = 4 \cdot f \cdot G_p^2 \cdot L / (2 \cdot g \cdot \rho^2 \cdot D)$ $= 1,9306 \text{ ft}$ $\text{delPa} = \text{delFp} \cdot \rho / 144$ $= 1,18E-02 \text{ psi}$	$De' \text{ tidak sama dengan } De :$ $De' = D2 - D1$ $= 0,1250 \text{ ft}$ $Rea = De' \cdot Ga / \mu$ $= 148271,291$ $f \text{ dari fig 26 Kern}$ $f = 0,0003$ $\rho = 58,379055 \text{ lb/ft}^3$ $\text{delFa} = 4 \cdot f \cdot Ga^2 \cdot L / (2 \cdot g \cdot \rho^2 \cdot De')$ $= 2,22E-03 \text{ ft}$ $V = G / 3600 / \rho$ $= 1,30 \text{ fps}$ $Ft = 3 \cdot (V^2) / 2g'$ $= 0,08 \text{ ft}$ $\text{delP} = (\text{delFa} + Ft) \cdot \rho / 144$ $= 0,03 \text{ psi}$

Spesifikasi :

Fungsi : Memanaskan umpan air proses sebelum masuk hydrolyzer

Tipe : *Double pipe*

Ukuran : Luas Transfer Panas = 80,696 ft<sup>2</sup>

Panjang	= 8 ft = 2,4 m
Jumlah pipa	= 11
<i>Annulus</i> : air proses	<i>Inner Pipe</i> : <i>Steam</i>
IPS : 2	IPS : 0,5
Sch : 40	Sch : 40

## 7. GUDANG NACI

Fungsi : sebagai tempat penyimpanan bahan baku sodium klorida selama 4 minggu

Kode : F-121

Kondisi operasi:

$T_{udara}$  : 30 °C

P : 1 atm

Jenis : Bangunan tertutup

Densitas bahan = 2,17 ton/m<sup>3</sup>

Kapasitas bahan = 49,35 kg/jam

Penyimpanan = 4 minggu

Volume = 107,3 m<sup>3</sup>

Diambil over design 20 % :

Volume = 204,4 m<sup>3</sup>

Dibuat 1 buah gudang dengan :

Tinggi tumpukan = 3 m

Luas = 68,1 m<sup>2</sup>

lebar gudang = 5 m => 5 m

panjang gudang = 13,6 m => 14 m

Dinding dibuat dari bata yang dilapisi semen

## 8. BELT CONVEYOR NACI

Tugas : Mengangkut sodium klorida dari F-121 ke M-123

Jenis : Belt Conveyor Continuous Closed

Kapasitas = 49,35 kg/jam = 108,823 lb/jam = 0,0494 ton/jam

Densitas = 2170,00 kg/m<sup>3</sup> = 135,464 lb/ft<sup>3</sup>

Kecepatan Volumetrik :

$$Q = 0,80333 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,0134 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

tabel 16 Brown , untuk  $\rho$  bulk =  $150 \text{ lb}/\text{ft}^3$

$$\text{lebar belt} = 14 \text{ in}$$

$$\text{kapasitas max.} = 48 \text{ ton/j} \quad \text{pada } 100 \text{ fpm}$$

tabel 15 Brown, lebar belt =  $14 \text{ in} = 0,3556 \text{ m}$

$$\text{normal speed} = 200 \text{ fpm}$$

$$\text{cross section area} = 0,11 \text{ ft}^2$$

kecepatan belt yang dibutuhkan,  $S = 0,2056362 \text{ fpm}$

ambil sudut kemiringan =  $10$  derajat (Walas)

$$\text{panjang belt,} \quad L = H/\sin d$$

$$\text{tinggi mixer,} \quad H = 2,5 \text{ m} = 8,2021 \text{ ft}$$

$$P = 14,395305 \text{ m} = 47,2287 \text{ ft}$$

$$\text{power yang dibutuhkan, } hp = (F(L+Lo) \times (T+0.03WS) + TZ) / 990$$

dengan : hp = power motor yang dibutuhkan

$$F = \text{faktor friksi ( } 0.03 \text{ untuk antifriction bearing )}$$

$$Lo = 150 \text{ untuk faktor friksi bearing}$$

$$W = \text{massa bagian yang bergerak termasuk belt dan idler}$$

dibagi panjang antara 2 pusat pulley (lb/ft)

$$z = \text{elevasi, (ft)}$$

$$T = 0,0494 \text{ ton/j}$$

$$S = 0,20564 \text{ fpm}$$

$$W = 6,58506 \text{ lb/ft}$$

$$hp = 0,00095$$

$$\text{effisiensi motor} = 0,8$$

$$\text{Power} = 0,00118 \text{ hp}$$

$$\text{digunakan motor standard} = 0,5 \text{ Hp} = 0,38 \text{ kW}$$

## 9. MIXER NACL

Fungsi : Melarutkan NaCl sebelum masuk Mixer-neutralizer

Kondisi operasi :

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$T = 30,0 \text{ }^\circ\text{C}$$

Tipe : Tangki berpengaduk

1. Mencari dimensi mixer

Waktu tinggal cairan dalam mixer dipilih : 15 menit

Massa produk mixer = 493,5268 kg/j

Densitas produk mixer = 1137,718 kg/m<sup>3</sup>

volume cairan keluar mixer = 0,433787 m<sup>3</sup>/j = 0,00723 m<sup>3</sup>/menit

volume mixer :  $V_i = 0,11 \text{ m}^3$

$$= 4,016542 \text{ ft}^3 = V_L (\text{VOLUME CAIRAN})$$

over design dipakai 20 %, maka volume mixer :

$$V_1 = V_2 = 0,130136 \text{ m}^3 = 4,819851 \text{ ft}^3$$

Untuk tangki berpengaduk, rasio H / D antara 1 s/d 2 (Tabel 4-16, Ulrich, hal 168-169)

dimana : H = tinggi netralizer; D = diameter netralizer

Dipilih tangki silinder dengan H = 1.5 x D

Jenis head yang dipilih Terispherical flanged and dished head, karena operasi pada tekanan rendah dan harganya murah

Volume Head,  $V_H = 0.0847 D^3$  (D = ft ; V = ft<sup>3</sup>)

(Brownell&Young, p.88)

$$V_R = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H + 2 \cdot V_H$$

$$V_R = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (1,5 \times D) + 2 \times 0,0847 D^3$$

$$4,8198 \text{ ft}^3 = 1.1775 D^3 + 0.1694 D^3$$

$$D^3 = 3,5785 \text{ ft}^3$$

$$D = 1,529558 \text{ ft}$$

$$= 0,45887 \text{ m}$$

Maka:

$$H = 2,2943 \text{ ft} = 0,6883 \text{ m}$$

$$V_H = 0.0847 D^3$$

$$V_H = 0,3031 \text{ ft}^3$$

Volume cairan dalam shell,  $V_C = V_L - V_H$



$$V_c = 3,7134 \text{ ft}^3$$

$$\text{Tinggi cairan dalam shell, } L = \frac{4 \cdot V_c}{\pi \cdot D^2}$$

$$L = 2,021972 \text{ ft} = 24,2637 \text{ in}$$

$$= 0,616297 \text{ m}$$

## 2. Menentukan Tebal Dinding mixer (Shell)

Dipilih dinding dengan jenis carbon Steel.

$$t_s = \frac{P \cdot r}{f \cdot E - 0.6 \cdot P} + C$$

hal 254 Brownell n Young

Dimana :

$t_s$  = Tebal dinding mixer minimum, in

$P$  = Tekanan design, psig

$r$  = jari-jari, in = 9,177351 in

$f$  = Tekanan maksimum yang diizinkan = 13230 psi

$E$  = Effisiensi penyambungan = 0,85 (Brownell&Young )

$C$  = Faktor korosi = 3 mm = 0,11811 in

(Ullrich, hal 250)

Preaksi = 1atm = 14.7 psi

1,0 atm = 14,7 psi

$P_{\text{design}} = 1,2 \text{ Preaksi} = 2,94 \text{ psig} = 17,64 \text{ psi}$

$t_s = 0,1205 \text{ in}$

Dipilih tebal standar 3/16 in = 0,1875 in = 0,004763 m

$OD = ID + 2 t_s$

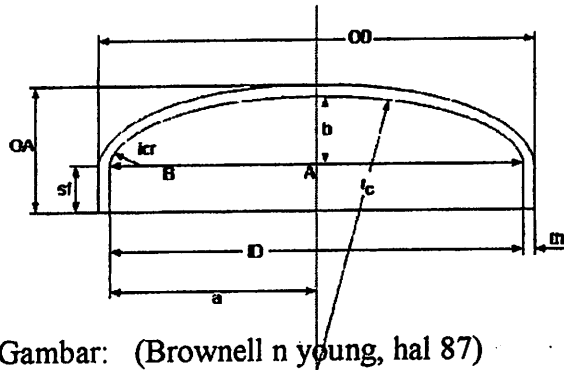
$OD = 18,5957 \text{ in}$

Standarisasi dari table 5.7 Brownell & Young, hal 91, didapat:

$OD = 24 \text{ in} = 0,6096 \text{ m}$   $OD = \text{diameter luar dari shell}$

$ID = 0,6001 \text{ m}$

## 3. Menghitung ukuran head



Keterangan Gambar: (Brownell n young, hal 87)

ID = diameter dalam head

OD = diameter luar head

a = jari-jari dalam head

t = tebal head

r = jari-jari luar dish

icr = jari-jari dalam sudut dish

b = tinggi head

sf = straight flange

OA = tinggi head total

Untuk menghitung tebal head digunakan persamaan:

$$t_H = \frac{0.885 \times P \times r}{fE - 0.1P} + C \quad \text{(Brownell n young, hal 258)}$$

$$t_H = 0,1202 \text{ in} = 0,00305 \text{ m}$$

Dipilih tebal standar 3/16 in

$$OD = ID + t_H$$

$$OD = 18,5957 \text{ in}$$

Standarisasi dari table 5.7 Brownell & Young, hal 91, didapat:

$$OD = 24 \text{ in} = 0,6096 \text{ m}$$

$$icr = 1 \text{ in} = 0,0254 \text{ m}$$

$$r = 24 \text{ in} = 0,6096 \text{ m}$$

$$a = 0.5 \times D$$

$$a = 9,1774 \text{ in} = 0,233105 \text{ m}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 8,1774 \text{ in} = 0,207705 \text{ m}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 23,000 \text{ in} = 0,5842 \text{ m}$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$$AC = 21,4972 \text{ in} = 0,54603 \text{ m}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 2,503 \text{ in} = 0,06357 \text{ m}$$

Dari tabel 5.8 Brownell & Young, hal 93, didapat  $sf = 2 \text{ in}$

$$OA = t_H + b + sf$$

$$OA = 4,623 \text{ in} = 0,117424 \text{ m}$$

Jadi tinggi head total = 0,1174 m

#### 4.. Menghitung Ukuran dan power pengaduk

Kecepatan putaran dibuat tinggi agar pencampuran berlangsung dengan baik

Digunakan pengaduk jenis turbin dengan 6 sudu (six blades turbine) karena dapat digunakan untuk kecepatan putaran yang cukup tinggi

Data pengaduk diperoleh dari Brown "Unit Operation" hal. 507

Ukuran Pengaduk:

# Diameter pengaduk (d)

$$d = ID/3$$

$$d = 0,1530 \text{ m} = 0,50182 \text{ ft}$$

# Lebar sudu pengaduk (b)

$$b = d/5$$

$$b = 0,0306 \text{ m}$$

# Panjang sudu pengaduk (l)

$$l = d/4$$

$$l = 0,0382 \text{ m}$$

# lebar baffle(w)

$$w = 0.1 \times ID$$

$$w = 0,0459 \text{ m}$$

# Jarak pengaduk dengan dasar tangki

$$Z_i/d = 0.75-1.3 ; \text{dipilih } 1$$

$$Z_i = 0,152956 \text{ m}$$

# Kecepatan putar pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi \cdot d} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \cdot d}} \quad (\text{Rase,H.F.,Pers.8.8,p.345})$$

$$\text{WELH} = Z_L \times S_g$$

Dimana :

N : kecepatan putar pengaduk, rpm

d : diameter pengaduk, m

Z<sub>l</sub> : tinggi cairan dalam tangki, m

S<sub>g</sub> : specific gravity

WELH : water equivalent liquid Height, ft

$$\rho_{\text{campuran}} = 1137,72 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{air}} = 998 \text{ kg/m}^3$$

$$S_g = (\rho_{\text{campuran}}/\rho_{\text{air}})$$

$$S_g = 1,1400$$

Z<sub>l</sub> tinggi cairan dalam tangki, m

$$Z_l = 0,616297 \text{ m} = 2,054324 \text{ ft}$$

$$\text{WELH} = Z_l \times S_g$$

$$\text{WELH} = 2,341925 \text{ ft} = 0,702578 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Pengaduk} = \text{WELH}/\text{ID} = 1,531112$$

$$\approx 2 \text{ BUAH}$$

Kecepatan putar pengaduk

$$N = 581,6669 \text{ rpm} = 9,694448 \text{ rps}$$

$$\text{Pakai } N = 590 \text{ rpm} = 9,833333 \text{ rps}$$

# Menghitung power pengaduk

$$P = \frac{N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot d^5}{g_c} \quad (\text{Brown, "Unit Operation" hal.508})$$

Dimana:

$$P = \text{ daya pengaduk, lb.ft/s}$$

- $N_p$  = power number  
 $N$  = kecepatan putar pengaduk, rps  
 $\rho$  = densitas campuran, lbm/ft<sup>3</sup>  
 $d$  = diameter pengaduk, ft  
 $g_c$  = gravitasi = 32,17 ft.lbm/s<sup>2</sup>.lbf

$$N_{re} = \frac{N \times d^2 \times \rho}{\mu}$$

viskositas cairan = 0,008997 g/cm det =

3,2390 kg/m j

$N_{re} = 290909,3$

dari fig 19-13, untuk  $N_{re}$   $2,9E+05$  dan pengaduk jenis turbin dengan 6 sudu, diperoleh  $N_p = 6$

$P = 543,4 \text{ Watt} = 0,715 \text{ HP}$

Effisiensi motor penggerak = 90%

Daya penggerak motor =  $\frac{P}{\eta} = 0,794 \text{ HP}$

dipilih motor standard = 1 HP  
= 0,76 kW

Cek waktu tinggal :

Waktu tinggal minimal untuk pengadukan agar dapat berjalan sempurna dihitung dengan rumus:

$$t \text{ (detik)} = 12000 (\mu V/P)^{0,5} V^{0,2} \quad (\text{Ulrich, hal 168-169})$$

$$= 99,06211 \text{ det} = 1,65104 \text{ menit}$$

Maka desain waktu tinggal sudah memenuhi syarat

Resume:

- Fungsi : Melarutkan NaCl sebelum masuk Mixer-neutralizer  
 Jenis : Tangki berpengaduk  
 Diameter : 0,61 m  
 Tinggi : 0,69 m  
 Daya pengaduk : 1 HP  
 Tebal shell : 0,0048 m

## 10. POMPA NACI

Fungsi : Mengalirkan larutan garam dari M-123 ke R-120

Kecepatan aliran massa,  $m = 493,53 \text{ kg/j}$

Sifat Fisis (Yaws, 1999) :

Suhu,  $T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

Densitas,  $\rho = 999,00 \text{ kg/m}^3$

Viskositas,  $\mu = 0,99 \text{ cp} = 3,564 \text{ kg/j/m}$

$= 0,00099 \text{ Pa}\cdot\text{det}$

### Menghitung Kapasitas Pompa

Laju Alir Volumetris,  $Q = m / \rho = 0,49402 \text{ m}^3/\text{jam}$

Dirancang : Over Design = 20 %

Kapasitas Pompa  $Q_p = (1,2) \cdot Q = 0,59282 \text{ m}^3/\text{jam}$

### Menentukan Ukuran Pipa Standar

Laju Alir Massa,  $G = Q_p \cdot \rho = 592,232 \text{ kg/jam} = 0,16451 \text{ kg/dtk}$

Dipilih pipa stainless steel karena fluida korosif

Untuk Bahan Stainless Steel, diameter pipa optimum dapat diperoleh dengan persamaan diameter optimum:

$$d_{i,opt} = 260 G^{0.52} \rho^{-0.37} \quad (\text{Coulson, ed.4,v.6, h.221})$$

$$d_{i, opt} = 7,898646 \text{ mm} = 0,31097 \text{ in}$$

Dipilih : Spesifikasi Pipa Standar (Kern, hal 844)

Nominal Pipe Size, IPS = 1/4 in

Schedule Number, Sch.N = 40

Inside Diameter,  $d_i = 0,364 \text{ in}$

$$= 9,2456 \text{ mm}$$

Outside Diameter, OD = 0,540 in

Cek Bilangan Reynold:

Inside Cross Sectional Area:

$$A_f = \pi/4 \cdot d_i^2 = 6,7E-05 \text{ m}^2$$

Kecepatan Linier,  $v = Q_p/A_f = 2,45405 \text{ m/dtk}$

Bilangan Reynold:

$$Re = \frac{\rho v d_i}{\mu} = 22895,5$$

$Re > 10000$ , aliran turbulen

**Panjang Ekuivalen Pipa (Coulson, ed.4,v.6, h.204)**

**Suction**

1. Pipa Lurus horizontal 1 m

2. Pipa Lurus vertikal 1,5 m

$$L = 2,5 \text{ m}$$

	Jumlah	eq pipe d	ID, m	Le, m
Fitting : Standar Ellbow 90 o	1	40	0,00925	0,36982
Entry Loss	1	25	0,00925	0,23114
valve : half open	0	200	0,00925	0
			Le =	0,60096

$$L + Le \text{ bagian suction} = 3,10096 \text{ m}$$

**Discharge**

1. Pipa Lurus horizontal 30 m

2. Pipa Lurus vertikal 2 m

$$L = 32 \text{ m}$$

	Jumlah	eq pipe d	ID, m	Le, m
Fitting : Standar Ellbow 90 o	5	40	0,00925	1,84912
Exit Loss	1	50	0,00925	0,46228
valve : half open	1	200	0,00925	1,84912
			Le =	4,16052

$$L + Le \text{ bagian discharge} = 36,1605 \text{ m}$$

Panjang ekuivalen (Le) pipa total : 39,2615 m

**Menentukan Friction Head**

(Coulson, ed.4,v.6, h.201)

$$\Delta P_f = 8f \frac{L}{d_i} \frac{\rho v^2}{2}$$

absolute roughness = 0,046

untuk commercial steel pipe :

$$e = \text{absolute roughness}/d_i = 0,00498$$

dari fig 5.7 (Coulson, ed 4, v.6) pada  $Re = 22895,5$

didapat  $f = 0,0027$

Friction loss bagian suction:

$$\begin{aligned}\Delta P_{f \text{ suc}} &= 21793,11 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,215081 \text{ atm}\end{aligned}$$

Friction loss bagian discharge:

$$\begin{aligned}\Delta P_{f \text{ dis}} &= 254130,7 \text{ N/m}^2 \\ &= 2,508075 \text{ atm}\end{aligned}$$

$$\frac{\Delta P_f}{\rho g} = 2,224424 \text{ m}$$

### Menentukan Pressure Head

Tek.dalam input  $P_1 = 1 \text{ atm}$

Tek.dalam output  $P_2 = 1 \text{ atm}$

*Pressure Head*  $\Delta P / \rho g = P_1 - P_2 = 0 \text{ m}$

### Menentukan Static Head

Tinggi Fluida masuk  $z_1 = 1 \text{ m}$

$$\begin{aligned}\rho g z_1 &= 9797,19 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,09797 \text{ atm}\end{aligned}$$

Tinggi fluida keluar  $z_2 = 2 \text{ m}$

$$\begin{aligned}\rho g z_2 &= 19594,4 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,19594 \text{ atm}\end{aligned}$$

*Static Head*  $\Delta z = z_1 - z_2 = -1 \text{ m}$

### Head pompa

Rumus mencari head pompa

$$-W_s = \frac{\Delta P_f}{\rho g} - \frac{\Delta P}{\rho g} - \Delta z \quad (\text{Coulson, ed.4, v.6, h.207})$$

Percepatan gravitasi bumi  $g = 9,807 \text{ m/dtk}$

Diperoleh :  $(-W_s) = 3,22442 \text{ m}$

### Menentukan jenis pompa

$$Q = m / t = 0,49402 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$(-W_s) = 3,22442 \text{ m}$$

Fluida tidak mengandung padatan.

Dari fig 5.6. Coulson, ed.4, v.6 diperoleh :

Single stage centrifugal Pump



**Cek NPSH**

$$\text{NPSH}_{\text{avail}} = \frac{P}{\rho g} + H - \frac{P_f}{\rho g} - \frac{P^o}{\rho g} \quad (\text{Coulson, ed.4,v.6, h.212})$$

$$P = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ N/m}^2$$

$$P_o = 0,01 \text{ atm} = 1013,25 \text{ N/m}^2$$

$$P_f = 8 f \frac{L_{\text{suc}}}{d_i} \frac{\rho v^2}{2}$$

$$= 21793,1 \text{ N/m}^2$$

$$\text{NPSH}_{\text{avail}} = 9,0144 \text{ m}$$

NPSH minimal 3 m, jadi sudah memenuhi syarat

**Tenaga Pompa**

$$Q = 0,494021 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$(-W_s) = 3,224424 \text{ m}$$

Efisiensi Pompa diperoleh dari hal 480 Coulson ed. 4, vol. 6

$$\eta = 70\%$$

Tenaga Pompa dapat dicari dengan persamaan :

$$\text{power} = \frac{W m g}{\eta}$$

Diperoleh :

$$\text{power} = 6,192963 \text{ W} = 0,0083 \text{ Hp}$$

**Tenaga Motor**

Efisiensi Motor dapat diperoleh dari Coulson,ed.4, h93

$$\text{Efisiensi Motor } \epsilon_m = 80\%$$

$$\text{Tenaga Motor } P = \text{power}/\epsilon_m = 0,01038 \text{ Hp}$$

Dipilih Daya Motor Standar = 0,5 Hp (Ludwig, hal 628)

**11. MIXER NEUTRALIZER**

Perhitungan ada di BAB VI

**12. FLASH TANK**

Fungsi : Memisahkan uap air dari asam lemak

Kondisi operasi :

$$\text{Suhu} : 158,81 \text{ } ^\circ\text{C}$$

tekanan : 7 atm

Hasil atas (fase uap):

$$\begin{aligned} \text{Densitas uap} &= P M / R T \\ &= 3,5053847 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Hasil bawah (fase cair):

$$\text{Densitas cairan} = 653,39 \text{ kg/m}^3$$

Menghitung densitas campuran uap+cair :

$$\rho_{\text{mix}} = 47,858012 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kecepatan alir fasa cair (Wl)} = 4935,27 \text{ kg/j}$$

$$\text{Kecepatan alir fasa uap (Wv)} = 734,82 \text{ kg/j}$$

$$\text{densitas cairan } (\rho_l) = 653,3917 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{densitas uap } (\rho_v) = 3,5053847 \text{ kg/m}^3$$

Dipakai separator vertikal

vapor liquid separation factor (F)

$$\begin{aligned} F &= \left( \frac{W_l}{W_v} \right) \sqrt{\frac{\rho_v}{\rho_l}} \\ &= 0,4919 \end{aligned}$$

dari fig 5-1 Evans diperoleh  $K_v = 0,2$

desain maksimum kecepatan uap ( $u_v \text{ max}$ )

$$\begin{aligned} u_{v \text{ max}} &= K_v \sqrt{\frac{(\rho_l - \rho_v)}{\rho_v}} \\ &= 2,7232083 \text{ ft/det} \end{aligned}$$

luas penampang vessel minimum ( $A_{\text{min}}$ )

$$Q_v = W_v / \rho_v = 209,62734 \text{ m}^3/\text{j} = 2,05668 \text{ ft}^3/\text{det}$$

$$A_{\text{min}} = Q_v / u_{v \text{ max}} = 0,7552 \text{ ft}^2$$

Diameter vessel minimum ( $D_{\text{min}}$ )

$$\begin{aligned} D_{\text{min}} &= \sqrt{\frac{4 A_{\text{min}}}{\pi}} \\ &= 0,9808 \text{ ft} = 11,77 \text{ in} \end{aligned}$$

ambil ke kelipatan 6 inchi terdekat

$$D = 24 \text{ in} = 2 \text{ ft} = 0,60 \text{ m}$$

volume cairan dalam vessel (V)

Liquid holdup time :

$$5 \text{ menit} = 300 \text{ detik}$$

$$Q_l = W_l / \rho_l = 7,5533 \text{ m}^3/\text{j} = 0,0741 \text{ ft}^3/\text{det}$$

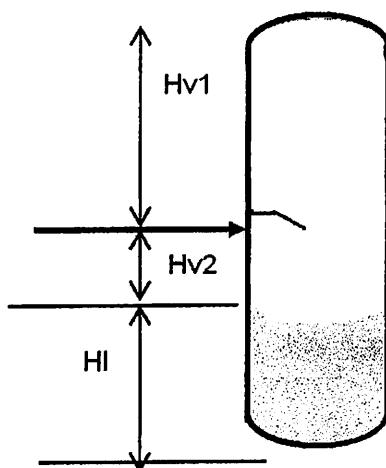
$$V = Q_l * \text{holdup time} = 22,232 \text{ ft}^3$$

Tinggi cairan dalam vessel (Hl)

$$H_l = V / (4/3 * \pi * D^2) = 7,0802 \text{ ft}$$

vapor disenganging space

tinggi ruang untuk uap minimal 1 kali diameter.



Tinggi minimum lubang pemasukan umpan di atas permukaan cairan ( $H_{v2}$ ) = 0,5 ft.

Dipakai :  $H_{v2} = 0,5 \text{ ft}$

$$H_{v1} = 2 \text{ ft}$$

$$H_l = 7,08022 \text{ ft}$$

$$\text{tinggi total (H)} = 9,58022 \text{ ft} = 2,92197 \text{ m}$$

H/D haruslah antara 3 -5

$$H/D = 4,8 \quad \text{memenuhi syarat}$$

Dipilih carbon steel sebagai bahan konstruksi

$$\text{tekanan operasi (Pop)} = 7 \text{ atm}$$

$$\text{diameter shell} = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Efisiensi pengelasan (E)} = 0,8$$

$$\text{Corrosion allowance (C)} = 2,00E-03 \text{ m}$$

$$\text{Allowable stress untuk carbon steel pada suhu operasi (f)} = 960 \text{ atm}$$

(Ullrich, 1984)

**Desain shell**

$$t = \frac{P r_i}{f E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell and Young})$$

$$\begin{aligned} P \text{ desain (P)} &= 1,1 P_{op} \\ &= 7,7 \text{ atm} = 113,19 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{jari-jari shell (r}_i\text{)} &= 0,5 D \\ &= 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$t = 5,03E-03 \text{ m} = 0,2010406 \text{ in}$$

$$\text{Pakai tebal plate standar} = \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = \text{OD} - 2 t = \text{ID} = 23,625$$

**Desain head**

Dipilih torispherical head karena vessel beroperasi pada tekanan rendah di bawah 10 atm. Untuk menghitung tebal head digunakan persamaan:

$$t_H = \frac{0,885 \times P \times r}{f.E - 0,1 P} + C \quad (\text{Brownell n young})$$

$$t_H = 0,0047 \text{ m} = 0,1836 \text{ in}$$

$$\text{pakai tebal plate standar } \frac{3}{16} \text{ in}$$

**14. KONDENSOR**

Fungsi : mengembunkan steam keluar dari flash tank

Bahan : SA-240 grade M type 316

Kode : E-128 A

Dasar perencanaan :

$$\text{flow rate masa uap air} = 734,8244 \text{ kg/jam}$$

$$= 1620,0191 \text{ lb/jam}$$

$$\text{suhu air injeksi masuk (}^\circ\text{C)} = 30,0$$

$$\text{Rho air injeksi} = 62,4300 \text{ lb/ft}^3$$

**Bentuk:** silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standart dish head, tutup bawah conis dengan alpha  $60^\circ$

$$Q = 1476260,2309 \text{ kJ/j}$$

$$c_p = 4,1800 \text{ kJ/kg/C}$$

$$DT = 15,0000 \text{ C}$$

$$\text{Massa air pendingin} = 23544,8203 \text{ kg/jam}$$

$$= 51906,9108 \text{ lb/jam}$$

### Volume kondensor

Dari Hugot hal 801 didapat vol kondensor per 1000 lb uap air = 6,3 ft<sup>3</sup>

maka vol kondensor = 10,2061 ft<sup>3</sup>

Dari Hugot tabel 41.2 hal 801, untuk rate 1334,2877 lb/jam dipakai kondensor barometrik = 3,3728 ft

### Diameter Kondensor (di)

$$V = 10,2061 \text{ ft}^3$$

$$H = 3d_i$$

$$V = \left(\frac{3,14}{4}\right) (d_i^2) (3 d_i)$$

$$d_i = 1,6224 \text{ ft}$$

$$= 0,4945 \text{ meter}$$

$$= 19,4694 \text{ in}$$

tekanan operasi (Pop) = 7 atm

diameter shell = 0,4945 m

Efisiensi pengelasan (E) = 0,8

Corrosion allowance (C) = 2,00E-03 m

Allowable stress untuk carbon steel pada suhu operasi (f) = 960 atm

(Ullrich, 1984)

### Desain shell

$$t = \frac{P r_i}{f E - 0,6 P} + C$$

(Brownell and Young)

P desain (P) = 1,1 Pop

$$= 7,7 \text{ atm} = 113,19 \text{ psi}$$

jari-jari shell (ri) = 0,5 D

$$= 0,2473 \text{ m}$$

$$t = 4,49E-03 \text{ m} = 0,1798 \text{ in}$$

Pakai tebal plate standar = 0,1875 in

### Desain head

Dipilih torispherical head karena vessel beroperasi pada tekanan rendah di bawah 10 atm

Untuk menghitung tebal head digunakan persamaan:

$$\frac{0,885 \times P \times r}{f \cdot E - 0,1 P} + C$$

$t_H =$

(Brownell n young)

$$= 0,0042 \text{ m} = 0,165203 \text{ in}$$

pakai tebal plate standar 0,1875 in

**Menghitung tebal tutup bawah yang berbentuk conical dengan sudut  $120^\circ$**

$$t_{hb} = \frac{P_i \cdot d_e}{2 (f \cdot E - 0,6 P_i) \cos \alpha} + C$$

$$t_{hb} = 0,0887$$

pakai tebal standar = 0,1875 in

Tinggi tutup bawah (hb)

$$b = 0,5 \cdot d_i / \tan 0,5 \cdot \alpha$$

$$b = 9,7347 / 1,7320 = 5,6203 \text{ in}$$

$$hb = b + sf = 5,6203 + 2,5$$

tinggi tutup bawah (hb) 8,1203 in

$$OD = 19,8444 \text{ in}$$

$$H = 58,4082 \text{ in}$$

**Menentukan diameter masuk dan keluar uap air dan air jatuhan**

dari tabel 2 Peter hal 496 didapat :

kecepatan linier uap air (v) = 50 - 100 ft/detik

kecepatan linier air (v') = 3 - 10 ft/detik

ditentukan :

$$v = 100 \text{ ft/detik}$$

$$v' = 10 \text{ ft/detik}$$

**Diameter masuk uap air**

$$\text{rate volumetrik (Q)} = 51,7247 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

$$\text{Cross section (s)} = 0,0125 \text{ ft}^2$$

$$\text{Diameter (D)} = 0,1261 \text{ ft}$$

$$= 1,5138 \text{ in}$$

Maka dipilih nozzle dengan nominal pipa = 1,5000 in

$$Odt = 1,90$$

$$Idt = 1,61$$

$$Sch = 40$$

**Diameter masuk air injeksi**

Rate volumetrik (Q) = 0,2310 ft<sup>3</sup>/detik

Diameter (D) = 0,1715 ft

2,0583 in

Maka dipilih nozzel dengan nominal pipa = 2,0000

Odt = 2,38

Idt = 2,07

Sch = 40

#### Diameter air jatuhan

Rate volumetrik (Q) = 0,2382 ft<sup>3</sup>/detik

Diameter (D) = 0,1742 ft

= 2,0902 in

Maka dipilih nozzel dengan nominal pipa = 2,0000

Odt = 2,38

Idt = 2,07

Sch = 40

### 15. COOLER

Tugas : mendinginkan hasil bawah flash tank

Kode : E-129 A

#### a. Fluida panas

suhu masuk = 165,2 °C = 329,36 °F

suhu keluar = 65 °C = 149 °F

massa fluida = 4935,2680 kg/j

= 10857,59 lb/j

Beban HE,  $Q_c = 1256561,64 \text{ kJ/j}$

= 1191053,68 btu/j

#### b. Pendingin

suhu masuk = 30,00 °C = 86 °F

suhu keluar = 45 °C = 113 °F

$C_p = 1 \text{ Btu/lb/F}$

$$m = \frac{Q}{C_p \cdot (t_{w2} - t_{w1})}$$

$$m = 44113,09936 \text{ lb/j}$$

$$\text{massa air yang digunakan} = 20051,4 \text{ kg/j}$$

<i>Hot fluid</i>		<i>Cold fluid</i>	
°F		°F	
329,36	<i>Higher Temp</i>	113	216,36
149,00	<i>Lower Tem</i>	86,00	63,00
180,36	<i>Difference</i>	27,00	153,36

Kisaran  $U_D = 100-200 \text{ Btu/ft}^2/\text{°F}$

(Tabel 8 Kern)

Diambil  $U_D = 200$

$$\text{delt} = \text{delt LMTD} = 124,2980112 \text{ F}$$

$$t_c = t_a = 99,50 \text{ F}$$

$$= 310,50 \text{ K}$$

$$T_c = T_a = 239,18 \text{ F}$$

$$= 388,10 \text{ K}$$

Luas transfer panas:

$$A = \frac{Q_c}{U_D \cdot \Delta t}$$

$$A = 47,91 \text{ ft}^2$$

$$= 4,46 \text{ m}^2 < 10 \text{ m}^2 \text{ maka dipakai double pipe}$$

Jenis HE : *Double Pipe Heat Exchanger*

*Trial Lay Out Hairpin*

Effective length,  $L = 16 \text{ ft}$

*Exchanger, IPS (Sch 40)*

*Outer pipe = 2*

*Inner pipe = 1,25*

Tabel 6.2 Kern, 1950

*Flow area, in2*

*Annulus = 1,19*

*Pipe = 1,5*

*Annulus, in*

$d_e = 0,915$

$d_e' = 0,4$



<i>COLD FLUID : INNER PIPE, water</i>	<i>HOT FLUID : ANNULUS, fluida proses</i>
<p>(6) <i>Flow area :</i>  [Tab11] For Sch. 40  ID = 1,38 in  = 0,115 ft  <math>ap = 3.14 \cdot D^2/4</math>  = 0,010 ft<sup>2</sup></p> <p>(7) <i>Mass Velocity</i>  <math>Gp = w/ap</math>  = 4249151,68 lb/hr ft<sup>2</sup></p> <p>(8) <i>Hitung <math>Re = D \cdot Gt / \mu</math></i>  <math>t_{av} = 99,50 \text{ F}</math>  <math>\mu = 1,000 \text{ cp}</math>  = 2,42 lb/ft jam  <math>Re = 201922,50</math></p> <p>[Tab 11]  OD = 1,66 in</p> <p>(9) <math>jH = 200</math> [fig. 24]  (10) <math>t_{av} = 100 \text{ F}</math>  <math>cp = 1 \text{ btu/lb.F}</math>  <math>k = 0,360 \text{ btu/j.ft}^2 \cdot \text{F/ft}</math>  <math>(cp \cdot \mu / k)^{1/3} = 1,88728558</math></p> <p>(11) <math>hi = jH \cdot (k/D) \cdot (cp \cdot \mu / k)^{1/3} \cdot (\mu / \mu_w)^{0.14}</math>  = 1181,60 btu/hr.ft<sup>2</sup>.F</p> <p>(12) <math>hio = hi \cdot (ID/OD)</math>  = 982,30 btu/hr.ft<sup>2</sup>.F</p>	<p>(6) <i>Flow area :</i>  D1 = OD pipe  = 0,1383 ft  D2 = ID annulus  = 0,173 ft  <math>aa = 3.14 \cdot (D2^2 - D1^2)/4</math>  = 0,008 ft<sup>2</sup></p> <p><i>Equivalent diameter</i>  <math>De = (D2^2 - D1^2)/D1</math>  = 0,077 ft</p> <p>(7) <i>Mass Velocity</i>  <math>Ga = w/aa</math>  = 1302367,55 lb/hr ft<sup>2</sup></p> <p>(8) <math>T_{av} = 239,18 \text{ F}</math>, maka :  <math>\mu = 1,2954 \text{ lb/ft jam}</math>  <math>cp = 0,60641969 \text{ Btu/lb F}</math>  <math>k = 0,3517 \text{ Btu/j.ft}^2 \cdot \text{F/ft}</math>  <math>Rea = De \cdot Ga / \mu</math>  = 173428,29</p> <p>(9) <math>jH = 180</math> [Fig 24]  (10) <math>(cp \cdot \mu / k)^{1/3} = 1,307</math>  (11) <math>ho = jH \cdot (k/De) \cdot ((cp \cdot \mu / k)^{1/3}) \cdot (\mu / \mu_w)^{0.14}</math>  = 1077,80 Btu/hr ft<sup>2</sup> F</p>

(13) *Clean overall coefficient*

$$UC = hio \cdot ho / (hio + ho)$$

$$= 513,92 \text{ Btu/hr ft}^2 \text{ F}$$

(14) *Dirt factor*

Rd required : fluid proses = 0,001  
air = 0,001 Kern, hal. 845  
Rd req = 0,002

(15) *Required Surface :*

$$A = 47,91 \text{ ft}^2$$

Dari Tab. 11 untuk 2 in IPS, maka luas permukaan luar per satuan panjang (ft)

$$ap' = 0,917 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$\text{Required length} = A/ap'$$

$$A' = 52,25$$

$$\text{Jumlah pipa yang diperlukan} = 4$$

$$\text{Panjang sesungguhnya} = 64$$

$$\begin{aligned} (16) \text{ Luasan sesungguhnya} &= \text{panjang standar} \times ap' \\ &= 58,69 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$UD = Q/A/\text{delt} = 163,27$$

$$Rd = (UC - UD)/(UC \cdot UD) = 0,0042$$

$Rd \text{ calc} \geq Rd \text{ req}$  maka perhitungan bisa diterima

### PRESSURE DROP

<p>(1) <math>Re = 201922,50</math>  <math>f = \text{dari fig 26 Kern}</math>  <math>f = 0,0003</math>  <math>s = 1</math>  <math>\rho = 62,5 \text{ lb}/\text{ft}^3</math>            (2) <math>\text{delFp} = 4 \cdot f \cdot Gp^2 \cdot L / (2 \cdot g \cdot \rho^2 \cdot D)</math>  <math>= 3,6923 \text{ ft}</math>  <math>\text{delPa} = \text{delFp} \cdot \rho / 144</math>  <math>= 1,60E+00 \text{ psi}</math></p>	<p>(1) <math>De'</math> tidak sama dengan <math>De</math> :  <math>De' = D2 - D1</math>  <math>= 0,0342 \text{ ft}</math>  <math>Rea = De' \cdot Ga / \mu</math>  <math>= 34350,5307</math>  <math>f = 0,0035 + 0,264 / (Rea^{0,42})</math>  <math>= 0,0068</math>  <math>\rho = 40,8406366 \text{ lb}/\text{ft}^3</math>  <math>s = 0,65345019</math>            (2) <math>\text{delFa} =</math>  <math>4 \cdot f \cdot Ga^2 \cdot L / (2 \cdot g \cdot \rho^2 \cdot De')</math>  <math>= 6,18 \text{ ft}</math>            (3) <math>V = G / 3600 / \rho</math>  <math>= 8,86 \text{ fps}</math>  <math>Ft = 3 \cdot (V^2) / 2g'</math>  <math>= 3,66 \text{ ft}</math>  <math>\text{delP} = (\text{delFa} + Ft) \cdot \rho / 144</math>  <math>= 2,79</math></p>
---	---

## 16. EVAPORATOR

Fungsi : Memekatkan larutan gliserol

Kode : V-132

Kondisi operasi :

$T_{\text{udara}} : 110 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$P : 1 \text{ atm}$

Jenis : Calandria. silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standart dished head dan tutup bawah berbentuk conis dengan sudut  $120^{\circ}$

Design :

Bahan : SA-240 grade M type 316

Type pengelasan : Double welded bult joint

Faktor Korosi : 3/16

Feed masuk = 1956,9052 Kg/jam  
= 4314,2600 lb/jam

Densitas larutan = 62,5810 lb/ft<sup>3</sup>

Volume = 68,9388 ft<sup>3</sup>/jam

Asumsi ruang kosong didalam evap = 20% vol. Liquid:

Volume Total = 86,1735 ft<sup>3</sup>/jam

Waktu tinggal dalam evap adalah 0,5 jam :

Volume total = 43,0868 ft<sup>3</sup>

$Q = 1755487,0595 \text{ kJ/jam}$   
 $= 1663874,1489 \text{ btu/jam}$

**Steam**

suhu =  $239 \text{ }^{\circ}\text{C} = 462,2 \text{ }^{\circ}\text{F}$

(ullrich)

panas penguapan,  $\lambda = 760 \text{ btu/lb}$

Beban HE,  $Q_h = 1843810,75 \text{ kJ/j}$   
 $= 1747687,92 \text{ btu/j}$

jumlah steam yang dibutuhkan =  $2299,59 \text{ lb/j} = 1045,27 \text{ kg/j}$

**Perhitungan jumlah dan luas penempatan tube**

Dari Kern didapat data

Panjang (L) = 12,0000 ft

OD = 1,0000 in

BWG = 16

ID = 0,8700 in = 0,0725 ft

$a' = 0,5940 \text{ in}^2$

$$a'' = 0,2618 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$P_t = 1,25 \text{ in}$$

### Menghitung jumlah tube

$$T_s = 239 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_v = 110 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 129 \text{ }^\circ\text{C} = 264 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Triaxial UD} = 100 \text{ J/m}^2\text{detK}$$

$$= 17,6109 \text{ Btu/Jft}^2\text{oF}$$

$$A = 357,6070 \text{ ft}^2$$

$$= 33,2236 \text{ m}^2$$

Dari Ulrich A diantara 30-300 m<sup>2</sup> (memenuhi)

$$\text{Luas per tube} = 2,7318 \text{ ft}^2$$

$$\text{Jumlah tube} = 130,9066$$

$$= 131 \text{ buah}$$

$$\text{Luas Tringular pitch} = 0,6766 \text{ in}^2$$

$$\text{Jumlah luasan tringular} = (A_2) 87,9531 \text{ in}^2$$

$$\text{Safety faktor untuk penempatan tube 20\% (A}_2) = 105,5438 \text{ in}^2$$

$$\text{Panjang total tube} = 1572,0000 \text{ ft}$$

$$= 479,1514 \text{ m}$$

### Perhitungan diameter evaporator

Berdasarkan banyaknya liquid yang berada dalam evaporator

$$\text{Vol total evap} = 43,0868 \text{ ft}^3$$

$$\text{Misal } L_s = 1,5 \text{ ID}$$

$$\text{Vol total evap} = \text{Vol tutup bawah} + \text{vol silinder} + \text{vol tutup atas}$$

$$\text{Vol tutup bawah} = 0,0755 D^3$$

$$\text{vol tutup atas} = 0,0847 D^3$$

$$\text{Vol silinder} = 1,1775 D^3$$

$$\text{Vol total evap} = 43,0868$$

$$\text{total ruas kanan} = 1,3377 D^3$$

$$D^3 = 32,2096$$

$$D = 3,1817 \text{ ft}$$

$$= 38,1810 \text{ in} = 0,9698 \text{ m}$$

**Standardisasi dari Brownell and Young**

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

$$\text{icr} = 2,3750 \text{ in}$$

$$r = 40,0000 \text{ in}$$

$$\text{Diameter Calandria} = 10,0000 \text{ in}$$

**Diameter penempatan tube :**

$$A2 = 0,7854 D2$$

$$A \text{ total} = 1256,6400$$

$$A1 = 78,5000$$

$$A \text{ ruang kosong} = 125,6640$$

$$\text{ruas kanan} = 1052,4760$$

$$D2 = 1340,0509$$

$$D = 36,6067 \text{ in} = 0,9298 \text{ meter}$$

$$\text{Jadi diameter penempatan tube} = 36,6067 \text{ in}$$

$$\text{tekanan operasi (Pop)} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{diameter shell} = 0,9298 \text{ m}$$

$$\text{Efisiensi pengelasan (E)} = 0,8$$

$$\text{Corrosion allowance (C)} = 2,00\text{E-}03 \text{ m}$$

$$\text{Allowable stress untuk carbon steel pada suhu operasi (f)} = 960$$

atm

(Ullrich,1984)

**Desain shell**

$$t = \frac{P r_i}{f E - 0,6 P} + C \quad (\text{Brownell and Young})$$

$$P \text{ desain (P)} = 1,1 \text{ Pop}$$

$$= 1,1 \text{ atm} = 16,17 \text{ psi}$$

$$\text{jari-jari shell (r}_i\text{)} = 0,5 D$$

$$= 0,4649 \text{ m}$$

$$t = 2,67\text{E-}03 \text{ m} = 0,1066 \text{ in}$$

$$\text{Pakai tebal plate standar} = 0,1875 \text{ in}$$

**Desain head**

Dipilih torispherical head karena vessel beroperasi pada tekanan rendah di bawah 10 atm.

Untuk menghitung tebal head digunakan persamaan:

$$t_H = \frac{0.885 \times P \times r}{f \cdot E - 0.1 P} + C \quad (\text{Brownell n young})$$

$$t_H = 0,0026 \text{ m} = 0,10194446 \text{ in}$$

pakai tebal plate standar 3/16 in

**Menghitung tebal tutup bawah yang berbentuk conical dengan sudut 120°**

$$t_{hb} = \frac{P_i \cdot d_e}{2 (f \cdot E - 0,6 P_i) \cos \alpha} + C$$

$$t_{hb} = 0,1109$$

pakai tebal standar = 3/16 in

Tinggi tutup bawah (hb)

$$b = 0,5 \cdot d_i$$

$$\text{tg } 0,5 \cdot \alpha$$

$$b = 19,0905 = 11,0219 \text{ in}$$

$$1,732050808$$

$$hb = b + sf = 11,0219 + 2,5$$

$$\text{tinggi tutup bawah (hb)} = 13,5219 \text{ in}$$

## 17. POMPA GLISEROL

Fungsi : Mengalirkan larutan gliserol dari V-132 ke P-137 A dan F-135 D

Kecepatan aliran massa,  $m = 635,65 \text{ kg/j}$

Sifat Fisis (Yaws, 1999) :

Suhu,  $T = 110 \text{ }^\circ\text{C}$

Densitas,  $\rho = 999,00 \text{ kg/m}^3$

Viskositas,  $\mu = 1 \text{ cp} = 3,6 \text{ kg/j/m}$

$$= 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{det}$$

**Menghitung Kapasitas Pompa**

Laju Alir Volumetris,  $Q = m / \rho = 0,63628 \text{ m}^3/\text{jam}$

Dirancang : Over Design = 20 %

Kapasitas Pompa  $Q_p = (1,2) \cdot Q = 0,76354 \text{ m}^3/\text{jam}$

### Menentukan Ukuran Pipa Standar

Laju Alir Massa,  $G = Q_p \cdot \rho = 762,778 \text{ kg/jam} = 0,21188 \text{ kg/dtk}$

Dipilih pipa carbon steel karena fluida tdk korosif

Untuk Bahan Carbon Steel, diameter pipa optimum dapat diperoleh dengan persamaan diameter optimum:

$$d_{i, \text{opt}} = 293 G^{0.53} \rho^{-0.37}$$

(Coulson, ed.4,v.6, h.221)

$$d_{i, \text{opt}} = 9,996754 \text{ mm} = 0,39357 \text{ in}$$

Dipilih : Spesifikasi Pipa Standar (Kern, hal 844)

Nominal Pipe Size, IPS = 0,375 in

Schedule Number, Sch.N = 40

Inside Diameter,  $d_i = 0,49 \text{ in}$

$$= 12,446 \text{ mm}$$

Outside Diameter, OD = 0,675 in

Cek Bilangan Reynold:

Inside Cross Sectional Area:

$$A_f = \pi/4 \cdot d_i^2 = 0,00012 \text{ m}^2$$

Kecepatan Linier,  $v = Q_p/A_f = 1,74422 \text{ m/dtk}$

Bilangan Reynold:

$$Re = \frac{\rho v d_i}{\mu} = 21686,8$$

$\mu = 10000$ , aliran turbulen

**Panjang Ekuivalen Pipa (Coulson, ed.4,v.6, h.204)**

Suction

1. Pipa Lurus horizontal 1 m
2. Pipa Lurus vertikal 1,5 m

$$L = 2,5 \text{ m}$$

	Jumlah	eq pipe d	ID, m	Le, m
Fitting : Standar Ellbow 90 o	1	40	0,01245	0,49784
Entry Loss	1	25	0,01245	0,31115
valve : half open	0	200	0,01245	0
			Le =	0,80899

$$L + Le \text{ bagian suction} = 3,30899 \text{ m}$$

### Discharge

1. Pipa Lurus horizontal 30 m
2. Pipa Lurus vertikal 5 m

$$L = 35 \text{ m}$$

	Jumlah	eq pipe d	ID, m	Le, m
Fitting : Standar Ellbow 90 o	5	40	0,01245	2,4892
Exit Loss	1	50	0,01245	0,6223
valve : half open	1	200	0,01245	2,4892
			Le =	5,6007

$$L + Le \text{ bagian discharge} = 40,6007 \text{ m}$$

Panjang ekivalen (Le) pipa total : 43,9097 m

### Menentukan Friction Head

$$\Delta P_f = 8f \frac{L}{d_i} \frac{\rho V^2}{2} \quad (\text{Coulson, ed.4,v.6, h.201})$$

absolute roughness = 0,046

untuk commercial steel pipe :

$$e = \text{absolute roughness}/d_i = 0,0037$$

dari fig 5.7 (Coulson, ed 4, v.6) pada  $Re = 21686,8$

$$\text{didapat } f = 0,0027$$

Friction loss bagian suction:

$$\begin{aligned} \Delta P_{f \text{ suc}} &= 8726,827 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,086127 \text{ atm} \end{aligned}$$

Friction loss bagian discharge:

$$\begin{aligned} \Delta P_{f \text{ dis}} &= 107076,6 \text{ N/m}^2 \\ &= 1,056764 \text{ atm} \end{aligned}$$



$$\frac{\Delta P_f}{\rho g} = 0,890748 \text{ m}$$

### Menentukan Pressure Head

Tek.dalam input  $P_1 = 1 \text{ atm}$

Tek.dalam output  $P_2 = 1 \text{ atm}$

$$\text{Pressure Head } \Delta P / \rho g = P_1 - P_2 = 0 \text{ m}$$

### Menentukan Static Head

Tinggi Fluida masuk  $z_1 = 1 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \rho g z_1 &= 9797,19 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,09797 \text{ atm} \end{aligned}$$

Tinggi fluida keluar  $z_2 = 2 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \rho g z_2 &= 19594,4 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,19594 \text{ atm} \end{aligned}$$

$$\text{Static Head } \Delta z = z_1 - z_2 = -1 \text{ m}$$

### Head pompa

Rumus mencari head pompa

$$-W_s = \frac{\Delta P_f}{\rho g} - \frac{\Delta P}{\rho g} - \Delta z \quad (\text{Coulson, ed.4,v.6, h.207})$$

Percepatan gravitasi bumi  $g = 9,807 \text{ m/dtk}$

$$\text{Diperoleh : } (-W_s) = 1,89075 \text{ m}$$

### Menentukan jenis pompa

$$Q = m / t = 0,63628 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$(-W_s) = 1,89075 \text{ m}$$

Fluida tidak mengandung padatan.

Dari fig 5.6. Coulson, ed.4, v.6 diperoleh :

single stage centrifugal Pump

### Cek NPSH

$$\text{NPSH}_{\text{avail}} = \frac{P}{\rho g} + H - \frac{P_f}{\rho g} - \frac{P^o}{\rho g} \quad (\text{Coulson, ed.4,v.6, h.212})$$

$$P = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ N/m}^2$$

$$P_o = 0,01 \text{ atm} = 1013,25 \text{ N/m}^2$$

$$P_f = 8f \frac{L_{suc}}{di} \frac{\rho v^2}{2}$$

$$= 8726,83 \text{ N/m}^2$$

$$\text{NPSH avail} = 10,3481 \text{ m}$$

NPSH minimal 3 m, jadi sudah memenuhi syarat

### Tenaga Pompa

$$Q = 0,636284 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$(-W_s) = 1,890748 \text{ m}$$

Efisiensi Pompa diperoleh dari hal 480 Coulson ed. 4, vol. 6

$$\eta = 70\%$$

Tenaga Pompa dapat dicari dengan persamaan :

$$\text{power} = \frac{W m g}{\eta}$$

$$\text{power} = 4,6772 \text{ W} = 0,00627 \text{ Hp}$$

### Tenaga Motor

Efisiensi Motor dapat diperoleh dari Coulson, ed.4, h93

$$\text{Efisiensi Motor } \epsilon_m = 80\%$$

$$\text{Tenaga Motor } P = \text{power}/\epsilon_m = 0,00784 \text{ Hp}$$

Dipilih Daya Motor Standar = 0,5 Hp (Ludwig, hal 628)

## 18. POMPA NAOH

Fungsi : Mengalirkan larutan NaOH dari F-125 ke R-120

Kecepatan aliran massa,  $m = 1.459,23 \text{ kg/j}$

Sifat Fisis (Yaws, 1999) :

$$\text{Suhu, } T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Densitas, } \rho = 1500,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Viskositas, } \mu = 0,99 \text{ cp} = 3,564 \text{ kg/j/m}$$

$$= 0,00099 \text{ Pa}\cdot\text{det}$$

### Menghitung Kapasitas Pompa

$$\text{Laju Alir Volumetris, } Q = m/\rho = 0,97282 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dirancang : Over Design = 20 %

Kapasitas Pompa  $Q_p = (1,2) \cdot Q = 1,16738 \text{ m}^3/\text{jam}$

### Menentukan Ukuran Pipa Standar

Laju Alir Massa,  $G = Q_p \cdot \rho = 1751,07 \text{ kg/jam} = 0,48641 \text{ kg/dtk}$

Dipilih pipa stainless steel karena fluida korosif

Untuk Bahan Stainless Steel, diameter pipa optimum dapat diperoleh dengan persamaan diameter optimum:

$$d_{i, \text{opt}} = 260 G^{0.52} \rho^{-0.37} \quad (\text{Coulson, ed.4, v.6, h.221})$$

$$d_{i, \text{opt}} = 11,94154 \text{ mm} = 0,47014 \text{ in}$$

Dipilih : Spesifikasi Pipa Standar (Kern, hal 844)

Nominal Pipe Size, IPS = 0,5 in

Schedule Number, Sch.N = 40

Inside Diameter,  $d_i = 0,622 \text{ in}$   
 $= 15,7988 \text{ mm}$

Outside Diameter, OD = 0,840 in

Cek Bilangan Reynold:

Inside Cross Sectional Area:

$$A_f = \pi/4 \cdot d_i^2 = 0,0002 \text{ m}^2$$

Kecepatan Linier,  $v = Q_p/A_f = 1,65498 \text{ m/dtk}$

Bilangan Reynold:

$$Re = \frac{\rho v d_i}{\mu} = 39616,2$$

$Re > 10000$ , turbulen

Panjang Ekuivalen Pipa (Coulson, ed.4, v.6, h.204)

Suction

1. Pipa Lurus horizontal 1 m
2. Pipa Lurus vertikal 1,5 m

$$L = 2,5 \text{ m}$$

	Jumlah	eq pipe d	ID, m	Le, m
Fitting : Standar Ellbow 90 o	1	40	0,0158	0,63195
Entry Loss	1	25	0,0158	0,39497
valve : half open	0	200	0,0158	0
			Le =	1,02692

$$L + L_e \text{ bagian suction} = 3,52692 \text{ m}$$

### Discharge

1. Pipa Lurus horizontal 30 m

2. Pipa Lurus vertikal 2 m

$$L = 32 \text{ m}$$

	Jumlah	eq pipe d	ID, m	Le, m
Fitting : Standar Ellbow 90 o	5	40	0,0158	3,15976
Exit Loss	1	50	0,0158	0,78994
valve : half open	1	200	0,0158	3,15976
			Le =	7,10946

$$L + L_e \text{ bagian discharge} = 39,1095 \text{ m}$$

Panjang ekivalen ( $L_e$ ) pipa total : 42,6364 m

### Menentukan Friction Head

$$\Delta P_f = 8f \frac{L}{d_i} \frac{\rho v^2}{2} \quad (\text{Coulson, ed.4,v.6, h.201})$$

absolute roughness = 0,046

untuk commercial steel pipe :

$$e = \text{absolute roughness}/d_i = 0,00291$$

dari fig 5.7 (Coulson, ed 4, v.6) pada  $Re = 39616,2$

didapat  $f = 0,0035$

Friction loss bagian suction:

$$\begin{aligned} \Delta P_{f \text{ suc}} &= 12840,32 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,126724 \text{ atm} \end{aligned}$$

Friction loss bagian discharge:

$$\begin{aligned} \Delta P_{f \text{ dis}} &= 142384,2 \text{ N/m}^2 \\ &= 1,405223 \text{ atm} \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta P_f}{\rho g} = 0,872868 \text{ m}$$

### Menentukan Pressure Head

Tek.dalam input  $P_1 = 1 \text{ atm}$

Tek.dalam output  $P_2 = 1 \text{ atm}$

$$\text{Pressure Head } \Delta P / \rho g = P_1 - P_2 = 0 \text{ m}$$

### Menentukan Static Head

Tinggi Fluida masuk  $z_1 = 1 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \rho g z_1 &= 14710,5 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,14711 \text{ atm} \end{aligned}$$

Tinggi fluida keluar  $z_2 = 2 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \rho g z_2 &= 29421 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,29421 \text{ atm} \end{aligned}$$

$$\text{Static Head } \Delta z = z_1 - z_2 = -1 \text{ m}$$

### Head pompa

Rumus mencari head pompa

$$-W_s = \frac{\Delta P_f}{\rho g} - \frac{\Delta P}{\rho g} - \Delta z \quad (\text{Coulson, ed.4, v.6, h.207})$$

Percepatan gravitasi bumi  $g = 9,807 \text{ m/dtk}$

$$\text{Diperoleh : } (-W_s) = 1,87287 \text{ m}$$

### Menentukan jenis pompa

$$Q = m / t = 0,97282 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$(-W_s) = 1,87287 \text{ m}$$

Fluida tidak mengandung padatan.

Dari fig 5.6. Coulson, ed.4, v.6 diperoleh :

Single stage centrifugal Pump

### Cek NPSH

$$\text{NPSH}_{\text{avail}} = \frac{P}{\rho g} + H - \frac{P_f}{\rho g} - \frac{P_o}{\rho g} \quad (\text{Coulson, ed.4, v.6, h.212})$$

$$P = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ N/m}^2$$

$$P_o = 0,01 \text{ atm} = 1013,25 \text{ N/m}^2$$

$$P_f = 8 f \frac{L_{\text{suc}}}{d_i} \frac{\rho v^2}{2}$$

$$= 12840,3 \text{ N/m}^2$$

$$\text{NPSH avail} = 6,94619 \text{ m}$$

NPSH minimal 3 m, jadi sudah memenuhi syarat

### Tenaga Pompa

$$Q = 0,972818 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$(-W_s) = 1,872868 \text{ m}$$

Efisiensi Pompa diperoleh dari hal 480 Coulson ed. 4, vol. 6

$$\eta = 70\%$$

Tenaga Pompa dapat dicari dengan persamaan :

$$\text{power} = \frac{W m g}{\eta}$$

Diperoleh :

$$\text{power} = 10,63569 \text{ W} = 0,01426 \text{ Hp}$$

### Tenaga Motor

Efisiensi Motor dapat diperoleh dari Coulson, ed. 4, h93

$$\text{Efisiensi Motor } \epsilon_m = 80\%$$

$$\text{Tenaga Motor } P = \text{power}/\epsilon_m = 0,01783 \text{ Hp}$$

Dipilih Daya Motor Standar = 0,5 Hp (Ludwig, hal 628)

## 19. POMPA SABUN

Fungsi : Mengalirkan larutan sabun dari R-120 ke E-134

Kecepatan aliran massa,  $m = 6.888,02 \text{ kg/j}$

Sifat Fisis (Yaws, 1999) :

$$\text{Suhu, } T = 90 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Densitas, } \rho = 1026,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Viskositas, } \mu = 0,59 \text{ cp} = 2,124 \text{ kg/j/m}$$

$$= 0,00059 \text{ Pa}\cdot\text{det}$$

### Menghitung Kapasitas Pompa

$$\text{Laju Alir Volumetris, } Q = m/\rho = 6,71347 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dirancang : Over Design = 20 %

$$\text{Kapasitas Pompa } Q_p = (1,2)*Q = 8,05617 \text{ m}^3/\text{jam}$$

**Menentukan Ukuran Pipa Standar**

Laju Alir Massa,  $G = Q_p \cdot \rho = 8265,63 \text{ kg/jam} = 2,29601 \text{ kg/dtk}$

Dipilih pipa carbon steel karena fluida tdk korosif

Untuk Bahan Carbon Steel, diameter pipa optimum dapat diperoleh dengan persamaan diameter optimum:

$$d_{i, \text{opt}} = 293 G^{0.53} \rho^{-0.37}$$

(Coulson, ed.4,v.6, h.221)

$$d_{i, \text{opt}} = 34,99926 \text{ mm} = 1,37792 \text{ in}$$

Dipilih : Spesifikasi Pipa Standar (Kern, hal 844)

Nominal Pipe Size, IPS = 1,25 in

Schedule Number, Sch.N = 40

Inside Diameter,  $d_i$  = 1,38 in  
= 35,052 mm

Outside Diameter, OD = 1,66 in

Cek Bilangan Reynold:

Inside Cross Sectional Area:

$$A_f = \pi/4 \cdot d_i^2 = 0,00096 \text{ m}^2$$

Kecepatan Linier,  $v = Q_p/A_f = 2,32023 \text{ m/dtk}$

Bilangan Reynold:

$$Re = \frac{\rho v d_i}{\mu} = 141429$$

$Re > 10000$ , aliran turbulen

**Panjang Ekuivalen Pipa (Coulson, ed.4,v.6, h.204)**

Suction

1. Pipa Lurus horizontal 1 m

2. Pipa Lurus vertikal 1,5 m

$$L = 2,5 \text{ m}$$

	Jumlah	eq pipe d	ID, m	Le, m
Fitting : Standar Ellbow 90 o	1	40	0,03505	1,40208
Entry Loss	1	25	0,03505	0,8763
valve : half open	0	200	0,03505	0
			Le =	2,27838

L + Le bagian suction = 4,77838 m

#### Discharge

1. Pipa Lurus horizontal 30 m

2. Pipa Lurus vertikal 5 m

L = 35 m

	Jumlah	eq pipe d	ID, m	Le, m
Fitting : Standar Ellbow 90 o	5	40	0,03505	7,0104
Exit Loss	1	50	0,03505	1,7526
valve : half open	1	200	0,03505	7,0104
			Le =	15,7734

L + Le bagian discharge = 50,7734 m

Panjang ekivalen (Le) pipa total : 55,5518 m

#### Menentukan Friction Head

(Coulson, ed.4,v.6, h.201)

$$\Delta P_f = 8f \frac{L}{di} \frac{\rho v^2}{2}$$

absolute roughness = 0,046

untuk commercial steel pipe :

$$e = \text{absolute roughness}/di = 0,00131$$

dari fig 5.7 (Coulson, ed 4, v.6) pada Re = 141429

didapat f = 0,0027

Friction loss bagian suction:

$$\begin{aligned} \Delta P_{f,suc} &= 8132,054 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,080257 \text{ atm} \end{aligned}$$

Friction loss bagian discharge:

$$\begin{aligned} \Delta P_{f,dis} &= 86408,37 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,852784 \text{ atm} \end{aligned}$$



$$\frac{\Delta P_f}{\rho g} = 0,808196 \text{ m}$$

### Menentukan Pressure Head

Tek.dalam input  $P_1 = 1 \text{ atm}$

Tek.dalam output  $P_2 = 1 \text{ atm}$

*Pressure Head*  $\Delta P / \rho g = P_1 - P_2 = 0 \text{ m}$

### Menentukan Static Head

Tinggi Fluida masuk  $z_1 = 1 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \rho g z_1 &= 10062 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,10062 \text{ atm} \end{aligned}$$

Tinggi fluida keluar  $z_2 = 2 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \rho g z_2 &= 20124 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,20124 \text{ atm} \end{aligned}$$

*Static Head*  $\Delta z = z_1 - z_2 = -1 \text{ m}$

### Head pompa

Rumus mencari head pompa

$$-W_s = \frac{\Delta P_f}{\rho g} - \frac{\Delta P}{\rho g} - \Delta z \quad (\text{Coulson, ed.4,v.6, h.207})$$

Percepatan gravitasi bumi  $g = 9,807 \text{ m/dtk}$

Diperoleh :  $(-W_s) = 1,8082 \text{ m}$

### Menentukan jenis pompa

$$Q = m / r = 6,71347 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$(-W_s) = 1,8082 \text{ m}$$

Fluida tidak mengandung padatan.

Dari fig 5.6. Coulson, ed.4, v.6 diperoleh :

single stage centrifugal Pump

### Cek NPSH

$$NPSH_{\text{avail}} = \frac{P}{\rho g} + H - \frac{P_f}{\rho g} - \frac{P^o}{\rho g} \quad (\text{Coulson, ed.4,v.6, h.212})$$

$$P = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ N/m}^2$$

$$P_o = 0,01 \text{ atm} = 1013,25 \text{ N/m}^2$$

$$P_f = 8f \frac{L_{suc}}{di} \frac{\rho v^2}{2}$$

$$= 8132,05 \text{ N/m}^2$$

$$\text{NPSH avail} = 10,1612 \text{ m}$$

NPSH minimal 3 m, jadi sudah memenuhi syarat.

### Tenaga Pompa

$$Q = 6,713471 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$(-W_s) = 1,808196 \text{ m}$$

Efisiensi Pompa diperoleh dari hal 480 Coulson ed. 4, vol. 6

$$\eta = 70\%$$

Tenaga Pompa dapat dicari dengan persamaan :

$$\text{power} = \frac{W m g}{\eta}$$

$$\text{power} = 48,47029 \text{ W} = 0,065 \text{ Hp}$$

### Tenaga Motor

Efisiensi Motor dapat diperoleh dari Coulson, ed.4, h93

$$\text{Efisiensi Motor } \epsilon_m = 80\%$$

$$\text{Tenaga Motor } P = \text{power}/\epsilon_m = 0,08125 \text{ Hp}$$

Dipilih Daya Motor Standar = 0,5 Hp (Ludwig, hal 628)

## 20. POMPA EDTA

Fungsi : Mengalirkan EDTA dari F-135 A ke P-137A

Kecepatan aliran massa,  $m = 5,89 \text{ kg/j}$

Sifat Fisis (Yaws, 1999) :

$$\text{Suhu, } T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Densitas, } \rho = 999,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Viskositas, } \mu = 1 \text{ cp} = 3,6 \text{ kg/j/m}$$

$$= 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{det}$$

### Menghitung Kapasitas Pompa

Laju Alir Volumetris,  $Q = m/\rho = 0,0059 \text{ m}^3/\text{jam}$

Dirancang : Over Design = 20 %

Kapasitas Pompa  $Q_p = (1,2)*Q = 0,00708 \text{ m}^3/\text{jam}$

### Menentukan Ukuran Pipa Standar

Laju Alir Massa,  $G = Q_p \cdot \rho = 7,07235 \text{ kg/jam} = 0,00196 \text{ kg/dtk}$

Dipilih pipa carbon steel karena fluida tdk korosif

Untuk Bahan Carbon Steel, diameter pipa optimum dapat diperoleh dengan persamaan diameter optimum:

$$d_{i, \text{opt}} = 293 G^{0.53} \rho^{-0.37}$$

(Coulson, ed.4,v.6, h.221)

$$d_{i, \text{opt}} = 0,836482 \text{ mm} = 0,03293 \text{ in}$$

Dipilih : Spesifikasi Pipa Standar (Kern, hal 844)

Nominal Pipe Size, IPS = 0,125 in

Schedule Number, Sch.N = 40

Inside Diameter,  $d_i = 0,269 \text{ in}$

$$= 6,8326 \text{ mm}$$

Outside Diameter, OD = 0,54 in

Cek Bilangan Reynold:

Inside Cross Sectional Area:

$$A_f = \pi/4 \cdot d_i^2 = 3,7E-05 \text{ m}^2$$

Kecepatan Linier,  $v = Q_p/A_f = 0,05366 \text{ m/dtk}$

Bilangan Reynold:

$$Re = \frac{\rho v d_i}{\mu} = 366,273$$

$Re > 10000$ , aliran turbulen

**Panjang Ekuivalen Pipa (Coulson, ed.4,v.6, h.204)**

Suction

1. Pipa Lurus horizontal 1 m

2. Pipa Lurus vertikal 1,5 m

$$L = 2,5 \text{ m}$$

	Jumlah	eq pipe d	ID, m	Le, m
Fitting : Standar Ellbow 90 o	1	40	0,00683	0,2733
Entry Loss	1	25	0,00683	0,17082
valve : half open	0	200	0,00683	0
			Le =	0,44412

$$L + Le \text{ bagian suction} = 2,94412 \text{ m}$$

### Discharge

1. Pipa Lurus horizontal 10 m
2. Pipa Lurus vertikal 5 m

$$L = 15 \text{ m}$$

	Jumlah	eq pipe d	ID, m	Le, m
Fitting : Standar Ellbow 90 o	5	40	0,00683	1,36652
Exit Loss	1	50	0,00683	0,34163
valve : half open	1	200	0,00683	1,36652
			Le =	3,07467

$$L + Le \text{ bagian discharge} = 18,0747 \text{ m}$$

Panjang ekivalen (Le) pipa total : 21,0188 m

### Menentukan Friction Head

$$\Delta P_f = 8f \frac{L}{d_i} \frac{\rho v^2}{2} \quad (\text{Coulson, ed.4, v.6, h.201})$$

absolute roughness = 0,046

untuk commercial steel pipe :

$$e = \text{absolute roughness}/d_i = 0,00673$$

dari fig 5.7 (Coulson, ed 4, v.6) pada Re = 366,273

$$\text{didapat } f = 0,0027$$

Friction loss bagian suction:

$$\begin{aligned} \Delta P_f \text{ suc} &= 13,38649 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,000132 \text{ atm} \end{aligned}$$

Friction loss bagian discharge:

$$\begin{aligned} \Delta P_f \text{ dis} &= 82,18292 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,000811 \text{ atm} \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta P_f}{\rho g} = 0,001366 \text{ m}$$

### Menentukan Pressure Head

Tek.dalam input  $P_1 = 1 \text{ atm}$

Tek.dalam output  $P_2 = 1 \text{ atm}$

*Pressure Head*  $\Delta P / \rho g = P_1 - P_2 = 0 \text{ m}$

### Menentukan Static Head

Tinggi Fluida masuk  $z_1 = 1 \text{ m}$

$$\rho g z_1 = 9797,19 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,09797 \text{ atm}$$

Tinggi fluida keluar  $z_2 = 2 \text{ m}$

$$\rho g z_2 = 19594,4 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,19594 \text{ atm}$$

*Static Head*  $\Delta z = z_1 - z_2 = -1 \text{ m}$

### Head pompa

Rumus mencari head pompa

$$-W_s = \frac{\Delta P_f}{\rho g} - \frac{\Delta P}{\rho g} - \Delta z \quad (\text{Coulson, ed.4,v.6, h.207})$$

Percepatan gravitasi bumi  $g = 9,807 \text{ m/dtk}$

Diperoleh :  $(-W_s) = 1,00137 \text{ m}$

### Menentukan jenis pompa

$$Q = m / t = 0,0059 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$(-W_s) = 1,00137 \text{ m}$$

Fluida tidak mengandung padatan.

Dari fig 5.6. Coulson, ed.4, v.6 diperoleh :

single stage centrifugal Pump

### Cek NPSH

$$NPSH_{\text{avail}} = \frac{P}{\rho g} + H - \frac{P_f}{\rho g} - \frac{P^o}{\rho g}$$

(Coulson, ed.4,v.6, h.212)

$$P = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ N/m}^2$$

$$P_o = 0,01 \text{ atm} = 1013,25 \text{ N/m}^2$$

$$P_f = 8f \frac{L_{suc}}{d_i} \frac{\rho v^2}{2}$$

$$= 13,3865 \text{ N/m}^2$$

$$\text{NPSH avail} = 11,2375 \text{ m}$$

NPSH minimal 3 m, jadi sudah memenuhi syarat

### Tenaga Pompa

$$Q = 0,0059 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$(-W_s) = 1,001366 \text{ m}$$

Efisiensi Pompa diperoleh dari hal 480 Coulson ed. 4, vol. 6

$$\eta = 30\%$$

Tenaga Pompa dapat dicari dengan persamaan :

$$\text{power} = \frac{W m g}{\eta}$$

$$\text{power} = 0,05359 \text{ W} = 7,2\text{E-}05 \text{ Hp}$$

### Tenaga Motor

Efisiensi Motor dapat diperoleh dari Coulson, ed.4, h93

$$\text{Efisiensi Motor } \epsilon_m = 80\%$$

$$\text{Tenaga Motor } P = \text{power}/\epsilon_m = 9\text{E-}05 \text{ Hp}$$

Dipilih Daya Motor Standar = 0,5 Hp (Ludwig, hal 628)

## 21. POMPA PARFUM

Fungsi : Mengalirkan parfum dari F-135 B ke P-137 A

Kecepatan aliran massa,  $m = 64,83 \text{ kg/j}$

Sifat Fisis (Yaws, 1999) :

$$\text{Suhu, } T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Densitas, } \rho = 999,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Viskositas, } \mu = 1 \text{ cp} = 3,6 \text{ kg/j/m}$$

$$= 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{det}$$

### Menghitung Kapasitas Pompa

$$\text{Laju Alir Volumetris, } Q = m/\rho = 0,06489 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dirancang : Over Design = 20 %

Kapasitas Pompa  $Q_p = (1,2) \cdot Q = 0,07787 \text{ m}^3/\text{jam}$

### Menentukan Ukuran Pipa Standar

Laju Alir Massa,  $G = Q_p \cdot \rho = 77,7958 \text{ kg/jam} = 0,02161 \text{ kg/dtk}$

Dipilih pipa carbon steel karena fluida tdk korosif

Untuk Bahan Carbon Steel, diameter pipa optimum dapat diperoleh dengan persamaan diameter optimum:

$$d_{i, \text{opt}} = 293 G^{0.53} \rho^{-0.37}$$

(Coulson, ed.4,v.6, h.221)

$$d_{i, \text{opt}} = 2,981226 \text{ mm} = 0,11737 \text{ in}$$

Dipilih : Spesifikasi Pipa Standar (Kern, hal 844)

Nominal Pipe Size, IPS = 0,125 in

Schedule Number, Sch.N = 40

Inside Diameter,  $d_i = 0,269 \text{ in}$

$$= 6,8326 \text{ mm}$$

Outside Diameter, OD = 0,54 in

Cek Bilangan Reynold:

Inside Cross Sectional Area:

$$A_f = \pi/4 \cdot d_i^2 = 3,7E-05 \text{ m}^2$$

Kecepatan Linier,  $v = Q_p/A_f = 0,59026 \text{ m/dtk}$

Bilangan Reynold:

$$Re = \frac{\rho v d_i}{\mu} = 4029,01$$

$Re > 10000$ , aliran turbulen

**Panjang Ekuivalen Pipa (Coulson, ed.4,v.6, h.204)**

Suction

1. Pipa Lurus horizontal 1 m

2. Pipa Lurus vertikal 1,5 m

$$L = 2,5 \text{ m}$$

	Jumlah	eq pipe d	ID, m	Le, m
Fitting : Standar Ellbow 90 o	1	40	0,00683	0,2733
Entry Loss	1	25	0,00683	0,17082
valve : half open	0	200	0,00683	0
			Le =	0,44412

$$L + Le \text{ bagian suction} = 2,94412 \text{ m}$$

### Discharge

1. Pipa Lurus horizontal 10 m
2. Pipa Lurus vertikal 5 m

$$L = 15 \text{ m}$$

	Jumlah	eq pipe d	ID, m	Le, m
Fitting : Standar Ellbow 90 o	5	40	0,00683	1,36652
Exit Loss	1	50	0,00683	0,34163
valve : half open	1	200	0,00683	1,36652
			Le =	3,07467

$$L + Le \text{ bagian discharge} = 18,0747 \text{ m}$$

Panjang ekuivalen (Le) pipa total : 21,0188 m

### Menentukan Friction Head

$$\Delta P_f = 8f \frac{L}{d_i} \frac{\rho v^2}{2} \quad (\text{Coulson, ed.4,v.6, h.201})$$

$$\text{absolute roughness} = 0,046$$

untuk commercial steel pipe :

$$e = \text{absolute roughness}/d_i = 0,00673$$

dari fig 5.7 (Coulson, ed 4, v.6) pada  $Re = 4029,01$

$$\text{didapat } f = 0,0027$$

Friction loss bagian suction:

$$\begin{aligned} \Delta P_{f,suc} &= 1619,765 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,015986 \text{ atm} \end{aligned}$$

Friction loss bagian discharge:

$$\begin{aligned} \Delta P_{f,dis} &= 9944,133 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,098141 \text{ atm} \end{aligned}$$



$$\frac{\Delta P_f}{\rho g} = 0,165329 \text{ m}$$

### Menentukan Pressure Head

Tek.dalam input  $P_1 = 1 \text{ atm}$

Tek.dalam output  $P_2 = 1 \text{ atm}$

$$\text{Pressure Head } \Delta P / \rho g = P_1 - P_2 = 0 \text{ m}$$

### Menentukan Static Head

Tinggi Fluida masuk  $z_1 = 1 \text{ m}$

$$\rho g z_1 = 9797,19 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,09797 \text{ atm}$$

Tinggi fluida keluar  $z_2 = 2 \text{ m}$

$$\rho g z_2 = 19594,4 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,19594 \text{ atm}$$

$$\text{Static Head } \Delta z = z_1 - z_2 = -1 \text{ m}$$

### Head pompa

Rumus mencari head pompa

$$-W_s = \frac{\Delta P_f}{\rho g} - \frac{\Delta P}{\rho g} - \Delta z \quad (\text{Coulson, ed.4,v.6, h.207})$$

Percepatan gravitasi bumi  $g = 9,807 \text{ m/dtk}$

Diperoleh :  $(-W_s) = 1,16533 \text{ m}$

### Menentukan jenis pompa

$$Q = m / r = 0,06489 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$(-W_s) = 1,16533 \text{ m}$$

Fluida tidak mengandung padatan.

Dari fig 5.6. Coulson, ed.4, v.6 diperoleh :

single stage centrifugal Pump

### Cek NPSH

$$\text{NPSH}_{\text{avail}} = \frac{P}{\rho g} + H - \frac{P_f}{\rho g} - \frac{P^o}{\rho g}$$

(Coulson, ed.4,v.6, h.212)

$$P = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ N/m}^2$$

$$P_o = 0,01 \text{ atm} = 1013,25 \text{ N/m}^2$$

$$P_f = 8f \frac{L_{\text{suc}}}{d_i} \frac{\rho v^2}{2}$$

$$= 1619,76 \text{ N/m}^2$$

$$\text{NPSH avail} = 11,0735 \text{ m}$$

NPSH minimal 3 m, jadi sudah memenuhi syarat

### Tenaga Pompa

$$Q = 0,064895 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$(-W_s) = 1,165329 \text{ m}$$

Efisiensi Pompa diperoleh dari hal 480 Coulson ed. 4, vol. 6

$$\eta = 30\%$$

Tenaga Pompa dapat dicari dengan persamaan :

$$\text{power} = \frac{W m g}{\eta}$$

$$\text{power} = 0,686019 \text{ W} = 0,00092 \text{ Hp}$$

### Tenaga Motor

Efisiensi Motor dapat diperoleh dari Coulson, ed.4, h93

$$\text{Efisiensi Motor } \epsilon_m = 80\%$$

$$\text{Tenaga Motor } P = \text{power}/\epsilon_m = 0,00115 \text{ Hp}$$

Dipilih Daya Motor Standar = 0,5 Hp (Ludwig, hal 628)

## 22. TANGKI EDTA

Fungsi : Menyimpan bahan baku EDTA selama 4 minggu

Tipe : Silinder tegak dengan atap kerucut

Kondisi operasi : P = 1 atm

T = 30 °C

### Kapasitas produk yang akan disimpan

jumlah produk yang disimpan selama : 28 hari

$$M = 5,8936 \text{ kg/j}$$

$$= 1980,3 \text{ kg} = 4365,6468 \text{ lbm}$$

### Volume larutan dan volume perancangan

$$\text{suhu} = 30 \text{ C} = 303 \text{ K}$$

$$\rho_{\text{camp.}} = 1662,2240 \text{ kg/m}^3 = 103,7726 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Volume larutan} = m/\rho = 4365,65 \text{ lbm}$$

$$103,773 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 42,069 \text{ ft}^3$$

$$\text{Over design} = 20\%$$

$$\text{Volume perancangan} = 1.1 * \text{Vol. larutan}$$

$$= 46,276 \text{ ft}^3 = 1,310 \text{ m}^3$$

### Dimensi Tangki

$$\text{Dari hasil perhitungan di peroleh volume} = 46,2763 \text{ ft}^3$$

$$= 8,2427 \text{ bbl}$$

$$\text{tangki dibuat sebanyak} = 1 \text{ buah}$$

$$\text{Volume masing- masing tangki} = 46,2763 \text{ ft}^3$$

$$= 8,24 \text{ bbl} \quad 346,192822 \text{ gallon}$$

dari brownell&young (hal 43), perancangan tangki silinder vertikal untuk volume kecil (<400 bbl) :

$$D = H$$

$$V = 1/4 * \pi * D^2 * H$$

$$V = 1/4 * \pi * D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}}$$

$$H = 3,89 \text{ ft}$$

Dari Appendix E Item 1 Brownell & Young, ukuran tangki terhitung lebih kecil dari standard yang ada.

Maka dipakai ukuran sesuai yang terhitung

$$V = 8,24 \text{ bbl}$$

$$\text{Diameter (D)} = 3,90 \text{ ft} = 1,18872 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 3,90 \text{ ft} = 1,18872 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Course} = 0,65$$

$$V \text{ sesungguhnya} = 1,3186 \text{ m}^3$$

**Tebal dinding shell**

Jumlah course yang digunakan = 1 buah

Bahan yang dipilih adalah : stainless steel

Allowable stress ( f ) = 13230 psi (Ullrich, hal 251)

Corrosion Allowance (C) = 0,125

Effisiensi Pengelasan = 0,80 (double welded butt joint)

(Tabel 13.2, Brownell)

Tebal plate dirumuskan sebagai berikut :

$t = (P.d/2.f.E) + c$  (in) (Brownell, pers.3.16)

$P = \rho*(H-1)/144$  tekanan hidrostatik (Brownell, pers.3.17)

dengan :

ts = tebal shell minimum, in

P = tekanan hidrostatik, psi = 14,7 psi

D = diameter tangki ,in = 47 in

f = allowable stress, psi 13230

E = efisiensi pengelasan 0,80

c = corrosion allowance, in 0,125

H = tinggi tangki, ft 4

$\rho$  = densitas campuran = 103,7726 lb/ft<sup>3</sup>

Persamaan 3.17 masuk ke persamaan 3.16

$$t = \frac{\rho d}{144 \times 2 f E} (H-1) + C$$

$$= 0,0016 (H-1) + 0,125$$

Menentukan tebal shell

# Course ke-1

H = 3,90 ft

ts = 0,129620451 in

digunakan tebal shell standard = 0,1875 in

### Spesifikasi

Fungsi Menyimpan bahan baku EDTA selama 4 minggu

Tipe Silinder tegak dengan atap kerucut

Kondisi operasi : T = 30 °C

P = 1 atm

jumlah = 1 buah

Bahan konstruksi : stainless steel

Dimensi :

Diameter = 3,9 ft = 1,1887 m

Tinggi silinder = 3,9 ft = 1,1887 m

Tebal silinder = 0,1875 in = 0,0048 m

### 23. TANGKI PARFUM

Fungsi : Menyimpan bahan baku Parfum selama 4 minggu

Tipe : Silinder tegak dengan atap kerucut

Kondisi operasi : P = 1 atm

T = 30 °C

#### Kapasitas produk yang akan disimpan

jumlah produk yang disimpan selama : 28 hari

M = 64,8299 kg/j

21782,8 kg = 48022,1151 lbm

#### Volume larutan dan volume perancangan

suhu = 30 C = 303 K

$\rho_{\text{camp.}} = 1662,2240 \text{ kg/m}^3 = 103,7726 \text{ lb/ft}^3$

Volume larutan =  $m/\rho = 48022,12 \text{ lbm}$

= 103,773  $\text{lb/ft}^3$

= 462,763  $\text{ft}^3$

Over design = 20%

Volume perancangan =  $1.1 * \text{Vol. larutan}$

= 509,039  $\text{ft}^3 = 14,414 \text{ m}^3$

#### Dimensi Tangki

Dari hasil perhitungan di peroleh volume = 509,0390  $\text{ft}^3$

= 90,6695 bbl

tangki dibuat sebanyak = 1 buah

Volume masing- masing tangki = 509,0390  $\text{ft}^3$

= 90,67 bbl 3808,12104 gallon

dari brownell&young (hal 43), perancangan tangki silinder vertikal untuk volume kecil (<400 bbl) :

$$D = H$$

$$V = 1/4 * \pi * D^2 * H$$

$$V = 1/4 * \pi * D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}}$$

$$H = 8,66 \text{ ft}$$

Dari Appendix E Item 1 Brownell & Young, ukuran tangki terhitung lebih kecil dari standard yang ada.

Maka dipakai ukuran sesuai yang terhitung

$$V = 90,67 \text{ bbl}$$

$$\text{Diameter (D)} = 8,70 \text{ ft} = 2,65176 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 8,70 \text{ ft} = 2,65176 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Course} = 1,45$$

$$V \text{ sesungguhnya} = 14,6377 \text{ m}^3$$

### Tebal dinding shell

Jumlah course yang digunakan = 1 buah

Bahan yang dipilih adalah : stainless steel

$$\text{Allowable stress (f)} = 13230 \text{ psi (Ullrich, hal 251)}$$

$$\text{Corrossion Allowance (C)} = 0,125$$

$$\text{Effisiensi Pengelasan} = 0,80 \text{ (double welded butt joint)}$$

(Tabel 13.2, Brownell)

Tebal plate dirumuskan sebagai berikut :

$$t = (P \cdot d / 2 \cdot f \cdot E) + c \text{ (in) (Brownell, pers.3.16)}$$

$$P = \rho \cdot (H-1) / 144 \text{ tekanan hidrostatik (Brownell, pers.3.17)}$$

dengan :

$$t_s = \text{tebal shell minimum, in}$$

$$P = \text{tekanan hidrostatik, psi} = 14,7 \text{ psi}$$

$$D = \text{diameter tangki, in} = 104 \text{ in}$$

$$f = \text{allowable stress, psi} = 13230$$

- E = efisiensi pengelasan 0,80  
 c = corrosion allowance, in 0,125  
 H = tinggi tangki, ft 9  
 $\rho$  = densitas campuran = 103,7726 lb/ft<sup>3</sup>

Persamaan 3.17 masuk ke persamaan 3.16

$$t = \frac{\rho d}{144 \times 2 f E} (H-1) + C$$

$$= 0,0036 (H-1) + 0,125$$

Menentukan tebal shell

# Course ke-1

$$H = 8,70 \text{ ft}$$

$$t_s = 0,152367289 \text{ in}$$

digunakan tebal shell standard = 0,1875 in

### Spesifikasi

Fungsi Menyimpan bahan baku Parfum selama 4 minggu

Tipe Silinder tegak dengan atap kerucut

Kondisi operasi T = 30 °C

P = 1 atm

jumlah = 1 buah

Bahan konstruksi : stainless steel

Dimensi :

Diameter = 8,7 ft = 2,6518 m

Tinggi silinder = 8,7 ft = 2,6518 m

Tebal silinder : = 0,1875 in = 0,0048 m

## 24. TANGKI LARUAN NAOH

Fungsi : Menyimpan bahan baku NaOH selama 4 minggu

Tipe : Silinder tegak dengan atap kerucut

Kondisi operasi : P = 1 atm

T = 30 °C

**Massa yang akan disimpan**

jumlah produk yang disimpan selama : 28 hari

$$M = 1459,2269 \text{ kg/j}$$

$$490300,2 \text{ kg} = 1080908,8039 \text{ lbm}$$

### Volume larutan dan volume perancangan

$$\text{suhu} = 30 \text{ C} = 303 \text{ K}$$

$$\rho_{\text{camp.}} = 1200 \text{ kg/m}^3 = 74,9160 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Volume larutan} = m/\rho = 1080908,80 \text{ lbm}$$

$$74,916 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 14428,277 \text{ ft}^3$$

$$\text{Over design} = 20\%$$

$$\text{Volume perancangan} = 1.1 * \text{Vol. larutan}$$

$$= 15871,105 \text{ ft}^3 = 449,422 \text{ m}^3$$

### Dimensi Tangki

$$\text{Dari hasil perhitungan di peroleh volume} = 15871,1048 \text{ ft}^3$$

$$= 2826,9461 \text{ bbl}$$

tangki dibuat sebanyak = 1 buah

$$\text{Volume masing- masing tangki} = 15871,1048 \text{ ft}^3$$

$$= 2826,95 \text{ bbl} = 118731,735 \text{ gallon}$$

dari brownell&young (hal 43), perancangan tangki silinder vertikal untuk volume besar (>400 bbl) :

$$D = 8/3 H$$

$$V = 1/4 * \pi * D^2 * H$$

$$V = 1/4 * \pi * D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot V}{3 \pi}}$$

$$D = 31,1011$$

$$H = 14,17 \text{ ft}$$

Dari Appendix E Item 1 Brownell & Young, ukuran tangki yang paling mendekati :

$$\text{Diameter (D)} = 45,00 \text{ ft} = 13,716 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 12,00 \text{ ft} = 3,6576 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Course} = 2$$



V sesungguhnya = 540,1580 m<sup>3</sup>

### Tebal dinding shell

Jumlah course yang digunakan = 2 buah

Bahan yang dipilih adalah : Carbon steel

Allowable stress ( f ) = 13230 psi (Ullrich, hal 251)

Corrosion Allowance (C) = 0,125

Effisiensi Pengelasan = 0,80 (double welded butt joint)

(Tabel 13.2, Brownell)

Tebal plate dirumuskan sebagai berikut :

$t = (P.d/2.f.E) + c$  (in) (Brownell, pers.3.16)

$P = \rho*(H-1)/144$  tekanan hidrostatik (Brownell, pers.3.17)

dengan :

ts = tebal shell minimum, in

P = tekanan hidrostatik, psi = 14,7 psi

D = diameter tangki, in = 540 in

f = allowable stress, psi 13230

E = efisiensi pengelasan 0,80

c = corrosion allowance, in 0,125

H = tinggi tangki, ft 12

$\rho$  = densitas campuran = 74,9160 lb/ft<sup>3</sup>

Persamaan 3.17 masuk ke persamaan 3.16

$$t = \frac{\rho d}{144 \times 2 f E} (H-1) + C$$

$$= 0,0133 (H-1) + 0,125$$

Menentukan tebal shell

# Course ke-1

H = 6,00 ft

ts = 0,191358418 in

digunakan tebal shell standard = 0,1875 in

# Course ke-2

H = 12,00 ft

ts = 0,27098852 in

digunakan tebal shell standard = 0,25 in

### Spesifikasi

Fungsi Menyimpan bahan baku NaOH selama 4 minggu

Tipe Silinder tegak dengan atap kerucut

Kondisi operasi T = 30 °C

P = 1 atm

jumlah = 1 buah

Bahan konstruksi : Carbon steel

Dimensi :

Diameter = 45,00 ft = 13,7162 m

Tinggi silinder = 12 ft = 3,6576 m

Tebal silinder : =

course 1 = 0,1875 in = 0,0048 m

course 2 = 0,2500 in = 0,0064 m

## 25. GUDANG SABUN

Fungsi : sebagai tempat penyimpanan produk sabun selama 4 minggu

Kode : F-127 D

Kondisi operasi:

T<sub>udara</sub> : 30 °C

P : 1 atm

Jenis : Bangunan tertutup

Densitas bahan = 1,04 ton/m<sup>3</sup>

Kapasitas bahan = 6313,1 kg/jam

Penyimpanan = 4 minggu

Volume = 45454,5 m<sup>3</sup>

Diambil over design 20 % :

Volume = 54545,5 m<sup>3</sup>

Dibuat 1 buah gudang dengan :

Tinggi tumpukan = 5 m

Luas = 10909,1 m<sup>2</sup>

lebar gudang = 80 m => 80 m

panjang gudang = 136,4 m  $\Rightarrow$  140 m

Dinding dibuat dari bata yang dilapisi semen

## 26. TANGKI GLISEROL

Fungsi : Menyimpan produk gliserol selama 4 minggu

Tipe : Silinder tegak dengan atap kerucut

Kondisi operasi : P = 1 atm

T = 30 °C

### Kapasitas produk yang akan disimpan

jumlah produk yang disimpan selama : 28 hari

M = 223,0945 kg/j

= 74959,7 kg = 165255,1482 lbm

### Volume larutan dan volume perancangan

suhu = 30 C = 303 K

$\rho_{\text{camp.}} = 1662,2240 \text{ kg/m}^3 = 103,7726 \text{ lb/ft}^3$

Volume larutan =  $m/\rho = 165255,15 \text{ lbm}$

=  $103,773 \text{ lb/ft}^3$

=  $1592,473 \text{ ft}^3$

Over design = 20%

Volume perancangan =  $1.1 * \text{Vol. larutan}$

=  $1751,720 \text{ ft}^3 = 49,603 \text{ m}^3$

### Dimensi Tangki

Dari hasil perhitungan di peroleh volume =  $1751,7205 \text{ ft}^3$

= 312,0148 bbl

tangki dibuat sebanyak = 1 buah

Volume masing- masing tangki =  $1751,7205 \text{ ft}^3$

= 312,01 bbl 13104,6208 gallon

dari brownell&young (hal 43), perancangan tangki silinder vertikal untuk volume kecil (<400 bbl) :

D = H

$V = 1/4 * \pi * D^2 * H$

$V = 1/4 * \pi * D^3$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}}$$

$$D = 13,07 \text{ ft}$$

$$H = 13,07 \text{ ft}$$

Dari Appendix E Item 1 Brownell & Young, ukuran tangki terhitung lebih kecil dari standard yang ada.

Maka dipakai ukuran sesuai yang terhitung

$$V = 312,01 \text{ bbl}$$

$$\text{Diameter (D)} = 15,00 \text{ ft} = 4,572 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 12,00 \text{ ft} = 3,6576 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Course} = 2$$

$$V \text{ sesungguhnya} = 60,0176 \text{ m}^3$$

### Tebal dinding shell

Jumlah course yang digunakan = 2 buah

Bahan yang dipilih adalah : carbon steel

$$\text{Allowable stress (f)} = 13230 \text{ psi (Ullrich, hal 251)}$$

$$\text{Corrosion Allowance (C)} = 0,125$$

$$\text{Efisiensi Pengelasan} = 0,80 \text{ (double welded butt joint)}$$

(Tabel 13.2, Brownell)

Tebal plate dirumuskan sebagai berikut :

$$t = (P \cdot d / 2 \cdot f \cdot E) + c \text{ (in) (Brownell, pers.3.16)}$$

$$P = \rho \cdot (H-1) / 144 \text{ tekanan hidrostatik (Brownell, pers.3.17)}$$

dengan :

$$t_s = \text{tebal shell minimum, in}$$

$$P = \text{tekanan hidrostatik, psi} = 14,7 \text{ psi}$$

$$D = \text{diameter tangki, in} = 180 \text{ in}$$

$$f = \text{allowable stress, psi} 13230$$

$$E = \text{efisiensi pengelasan} 0,80$$

$$c = \text{corrosion allowance, in} 0,125$$

$$H = \text{tinggi tangki, ft} 12$$

$$\rho = \text{densitas campuran} = 103,7726 \text{ lb/ft}^3$$

Persamaan 3.17 masuk ke persamaan 3.16

$$t = \frac{\rho d}{144 \times 2 f E} (H-1) + C$$

$$= 0,0061 (H-1) + 0,125$$

Menentukan tebal shell

# Course ke-1

$$H = 12,00 \text{ ft}$$

$$ts = 0,192407117 \text{ in}$$

$$\text{digunakan tebal shell standard} = 0,1875 \text{ in}$$

### Spesifikasi

Fungsi Menyimpan produk gliserol selama 4 minggu

Tipe Silinder tegak dengan atap kerucut

Kondisi operasi T = 30 °C

$$P = 1 \text{ atm}$$

jumlah = 1 buah

Bahan konstruksi : carbon steel

Dimensi :

$$\text{Diameter} = 15 \text{ ft} = 4,5721 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi silinder} = 12 \text{ ft} = 3,6576 \text{ m}$$

$$\text{Tebal silinder} = 0,1875 \text{ in} = 0,0048 \text{ m}$$

## 27. SPRAY VACUUM CHAMBER

Bahan : stainless steel AISI 304 (Soaptech, 2012)

Type pengelasan Double welded bult joint

Faktor Korosi 3/16

Type : silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standart dished head dan tutup

bawah berbentuk conis dengan sudut 120°

Feed masuk = 6888,0217 Kg/jam

$$= 15185,5677 \text{ lb/jam}$$

Sabun diperoleh : 5893,6232 Kg/jam

Diameter chamber (ID) untuk output sabun di atas:

$$= 2,0 \text{ m (alisha Machine, 2011)}$$

$$= 78,7 \text{ in}$$

Diambil Tinggi chamber (H) = 2 ID = 4,0 m

**Standardisasi dari Brownell and Young**

$$OD = 78,7000 \text{ in}$$

**Menghitung tebal shell**

$$\text{Poperasi} = 60,0000 \text{ mmHg} = 1,1605 \text{ Psia} \quad (\text{Kent})$$

Silinder beroperasi pada tekanan vakum :

$$\text{Trial : } ts = 0,5000 \text{ in}$$

$$OD = 78,7000$$

$$H = 157,3770$$

$$L/OD = 1,9997$$

$$OD/ts = 157,4000$$

Untuk data diatas dari Brownell hal 147 didapat harga  $B = 4500,0000$

$$P_{\text{all}} = 28,5896$$

$$P_{\text{teori}} = 15,0000 \text{ full vacuum}$$

$$\text{Del } P = 13,5896$$

jadi  $P_{\text{all}} > P_{\text{teori}}$  memadai untuk  $ts = 1/2 \text{ in}$

**Menghitung tebal tutup atas berbentuk standart dish head**

$$di = OD - 2ts$$

jadi  $di = 77,7000 \text{ in}$  1,9736 meter

$$\text{Trial : } tha = 0,2500$$

$$r = 77,7000$$

$$r/100 tha = 3,11$$

$$\text{untuk } T = 75,0000 \text{ oC}$$

$$= 167,0000 \text{ oF}$$

Untuk data diatas dari Brownell hal 147 didapat harga  $B = 5500,0000$

$$P_{\text{all}} = 17,6963$$

$$P_{\text{teori}} = 14,7000$$

$$\text{del } P = 20,3828$$

jadi  $P_{\text{all}} > P_{\text{teori}}$  memadai untuk  $tha = 1/4$

**Menghitung tebal tutup bawah yang berbentuk conical dengan sudut  $120^\circ$** 

$$\text{Trial : } thb = 0,5000$$

$$\alpha = 120,0000$$

tinggi tutup bawah (hb) 121,3909 in

$$hb/OD = 1,5425$$

$$OD/thb = 157,4000$$

Untuk data diatas dari Brownell hal 147 didapat harga B = 6500,0000

$$P_{all} = 41,2961$$

$$P_{teori} = 14,7000$$

$$\Delta P = 180,9256$$

jadi  $P_{all} > P_{teori}$  memadai untuk  $th = 4/16$

### Menghitung tinggi tutup atas

$$h_a = 0,169 \times ID$$

$$ID = 77,7000$$

$$h_a = 13,1313 \text{ in}$$

### Menghitung tinggi total Chamber

$$H = h_a + h_b + \text{tinggi shell}$$

$$h_a = 13,1313 \text{ in}$$

$$h_b = 121,3909 \text{ in}$$

$$\text{tinggi shell} = 157,4000 \text{ in}$$

$$H = 291,9222 \text{ in}$$

$$= 7,4148 \text{ m}$$

## 28. SCREW CONVEYOR

Fungsi : Membawa sabun dari D-130 ke P-137 A

Kode : J-136 A

Kondisi operasi:

$$T_{udara} : 37,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P : 1 \text{ atm}$$

Densitas campuran :

$$\rho_{mix} = 1040 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 5893,62 \text{ kg/jam}$$

$$= 216,5499 \text{ lb/menit}$$

$$F_v = \frac{m}{\rho_{mix}}$$

$$= 5,6669 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 200,1263 \text{ cuft/jam}$$

Dari table.13, Brown, P.53 diperoleh :

$$D_{\text{screw}} = 4 \text{ in}$$

$$= 0,3333 \text{ ft}$$

$$\text{Putaran Maksimum} = 220 \text{ rpm}$$

Panjang = 8 – 12 ft, diambil panjang :

$$L_{\text{screw}} = 12 \text{ ft}$$

$$= 144 \text{ in}$$

Daya Penggerak

$$\text{Horse Power} = \frac{\text{coefficien} \cdot \text{capacity} \cdot \text{panjang}}{33.000}$$

(Brown, P.53)

Dari Brown, P.53, diketahui koefisien sebesar 4.0. Maka :

$$\text{Power} = 0,2625 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor digunakan 75%. Maka :

$$\text{Power} = 0,35 \text{ Hp}$$

Digunakan motor dengan tenaga standar = 0,5 Hp (standar NEMA)

## 29. AMALGAMATOR

Fungsi : mencampur sabun dengan aditif gliserol, EDTA, dan parfum

Kode : P-137 A

Kapasitas produksi : 6313,839 kg/j

Satu siklus membutuhkan waktu pencampuran : 15 menit (Sela,2011)

Massa yang ditangani per siklus = 1578,46 kg

Dipakai 2 buah amalgamator dengan tipe ;

Tipe	NHJ750	NHJ1200
Produktivitas, kg/siklus	750	1200
Power, kW	37x2	55x2
Dimensi, mm	3950x150x1740	3850x1850x1900

(nantong universal machinery)

## 30. SCREW CONVEYOR

Fungsi : Membawa sabun dari P-137 A ke P-137 B

Kode : J-136 B



Kondisi operasi:

$$T_{\text{udara}} : 37,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P : 1 \text{ atm}$$

Densitas campuran :

$$\rho_{\text{mix}} = 1040 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 5893,62 \text{ kg/jam}$$

$$= 216,5499 \text{ lb/menit}$$

$$F_v = \frac{m}{\rho_{\text{mix}}}$$

$$= 5,6669 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 200,1263 \text{ cuft/jam}$$

Dari table.13, Brown, P.53 diperoleh :

$$D_{\text{screw}} = 4 \text{ in}$$

$$= 0,3333 \text{ ft}$$

$$\text{Putaran Maksimum} = 220 \text{ rpm}$$

Panjang = 8 – 12 ft, diambil panjang :

$$L_{\text{screw}} = 12 \text{ ft}$$

$$= 144 \text{ in}$$

Daya Penggerak

$$\text{Horse Power} = \frac{\text{coefficien} \cdot \text{capacity} \cdot \text{panjang}}{33.000}$$

(Brown, P.53)

Dari Brown, P.53, diketahui koefisien sebesar 4.0. Maka :

$$\text{Power} = 0,2625 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor digunakan 75%. Maka :

$$\text{Power} = 0,35 \text{ Hp}$$

Digunakan motor dengan tenaga standar = 0,5 Hp (standar NEMA)

### 31. PLODDER

Fungsi : Membentuk batangan kontinyu sabun

Kode : P-137 B

Kapasitas produksi : 6313,839 kg/j

Dipakai :

Tipe : Sela Z 400  
 Simplex/Duplex : Duplex plodder  
 Worm : Twin worm  
 Diameter screw : 400 mm  
 Daya motor 90 kW : 118,421 HP  
 Kapasitas : 7000 kg/j

(Sela, 2011)

### 32. CUTTER

fungsi : memotong batangan kontinyu sabun keluar dari plodder

Kode P-137 C

Dipilih dimensi sabun :

Lebar : 5 cm  
 Panjang : 8 cm  
 Tebal : 2 cm  
 Volume : 0,080 L

Densitas sabun : 1,04 kg/L

maka berat sabun : 0,0832 kg/batang = 83,2 g

Kapasitas produksi : 6313,839 kg/j

Maka jumlah sabun diproduksi :

$75.887,5 \text{ batang/j} = 1.264,8 \text{ batang/menit}$

Dipakai mesin stamping yang dapat mencetak 4 batang sekali press.

maka jumlah batangan yang harus dibentuk oleh cutter = 316,2 batang/menit

Dipakai mesin cutter tipe:

Tipe : Rico HV  
 Rentang pemotongan, mm : 50-100  
 Pemotongan maks/menit : 400

### 33. JET EJECTOR

Fungsi : Untuk memvakumkan spray chamber

Type : Steam jet ejector single stage

Jumlah uap dari spray chamber = 994,3984 kg/jam  
 = 2192,2848 lb/jam

direncanakan :

tekanan discharge ejektor (Pa) = 14,7000 psia  
 = 1,0000 atm

Suhu steam (Toa) = 150,0 oC = 302,0 oF = 423,0 K

Tekanan steam (Poa) = 475,8000 Kpa = 69,1120 psia

Suhu uap dari VSC (Tob) = 37,4000 oC = 99,3200 oF = 310,4000 K

Tekanan uap dari VSC (Pob) = 38,5800 Kpa = 5,6207 psia

Bahan konstruksi karbon steel

Jumlah 1

Perhitungan:  $P_a/P_{ob} = 2,6153$

$P_{ob}/P_{oa} = 0,0813$

Dari gambar 6.72 Perry edisi 6 didapat:

$P_o/P_{ob} = 5,0000$

$A_2/A_1 = 17,0000$

$W_b/W_a = 0,1800$

dari pers 6-36 Perry edisi 6 hal 632 didapat:

$W/W_a = (W_b/W_a) \times \text{akar}((T_{oa} \times M_b)/(T_{ob} \times M_a))$

dimana :

$M_a$  = berat molekul udara = 29,0000

$M_b$  = berat molekul air = 18,0000

sehingga :

$W_b/W_a = 0,1800$

$T_{oa} \times M_b = 7614,0000$

$T_{ob} \times M_a = 9001,6000$

hasil bagi = 0,8458

hasil akar = 0,9197

$W/W_a = 0,1655$

$W = 1,0000$

Jadi steam yang dipakai ejector 6,0406 lb/jam

**2,7400 kg/jam.**

## APPENDIKS D

### PERHITUNGAN UTILITAS

Utilitas pada suatu pabrik adalah bagian atau unit yang dapat menunjang proses produksi. Adapun utilitas di dalam pra rencana pabrik Sabun dari RBDPS dengan Proses Netralisasi Asam Lemak ini meliputi 4 unit, yaitu:

1. Unit Penyediaan Steam
2. Unit Penyediaan Air
3. Unit Pembangkit Tenaga Listrik
4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

#### 1. Unit Penyediaan Steam

Kebutuhan steam dipenuhi dengan jalan menguapkan air di dalam sebuah ketel (boiler). Untuk itu maka kesadahan air pengisi ketel (boiler feed water) harus benar – benar diperhatikan dan diperiksa dengan teliti serta harus bebas dari kotoran yang mungkin akan mengganggu jalannya operasi pabrik.

Kualitas steam yang diperlukan dalam proses diperhitungkan menurut pemakaian setiap harinya dari masing – masing alat. Menurut perhitungan dari bab – bab sebelumnya.

Tabel 1.1 Kebutuhan steam adalah sebagai berikut

No.	Nama Peralatan	Kebutuhan Steam (kg/jam)
1	Evaporator (V-125).	830,2400
2	Jet ejector (G-129)	2,7400
3	Heater air (E-115 A)	567,4700
4	Heater RBDPS (E-115B)	1115,0700
5	Melter (EE-113)	777,2500
6	Heater sabun (E-124 C)	740,1000
	Total	4032,8700

#### a. Menghitung kebutuhan pemanas

Untuk Design dan faktor keamanan direncanakan banyaknya steam yang di supplay adalah 20 % excess dari jumlah kebutuhan steam.

$$\text{Steam yang disediakan boiler} = 1,2 \times 4032,8700$$

$$= 4839,4440 \text{ kg/jam}$$

$$= 10669,1350 \text{ lb/jam}$$

Direncanakan steam yang digunakan adalah saturated steam dengan kondisi:

$$\text{Suhu (T)} = 225^\circ\text{C} = 437^\circ\text{F}$$

$$\text{Tekanan (P)} = 2548 \text{ kPa}$$

Karena tekanan di atas 18 bar maka digunakan boiler dengan jenis Water Tube Boiler (Ulrich hal 109).

$$\text{Boiler Horse Power} = \frac{M_s (h_g - h_f)}{H_{fg} \times 34,5}$$

Dimana:

$M_s$  = massa steam yang dihasilkan oleh boiler, lb/jam

$h_f$  = Enthalpi air pada suhu  $86^\circ\text{F}$

$h_{fg}$  = enthalpi uap air pada suhu  $86^\circ\text{F}$

$h_g$  = enthalpi uap air pada suhu  $415^\circ\text{F}$

34,5 = konstanta penyesuaian pada penguapan 1 lb air/jam dari  $86^\circ\text{F}$  dan tekanan 14,7 psia menjadi uap kering.

Dari Appendik A 2-9 Geankoplis, hal. 858 – 859 diperoleh :

$$H_{86^\circ\text{F}} = 180,07 \text{ Btu/lbm } 14,7 \text{ psia}$$

Dari Tabel C-3 hal 629 Van Ness diperoleh :

$$H_{410^\circ\text{F}} = 1202,1 \text{ Btu/lbm}$$

$$\text{Boiler Hp} = \frac{4032,87(1202,56 - 180,16)}{970,3 \times 34,5}$$

$$= 123,13 \text{ Hp}$$

Dari persamaan 171 Savern W. H hal 140 :

$$\text{Kapasitas Boiler} = \frac{M_s(h_g - h_f)}{1000} = \frac{4032,87(1202,56 - 180,16)}{1000}$$

$$= 4121,71 \text{ lb/j}$$

Dari persamaan 173 Savern W. H hal 140 :

$$\text{Faktor Evaporasi} = (h - h_f) / 970,3$$

$$= (1201,1 - 180,16) / 970,3$$

$$= 1,0533$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi air yang dibutuhkan} &= \text{faktor evaporasi} \times \text{rate steam} \\
 &= 1,0533 \times 10669,1350 \\
 &= 11237,9430 \text{ lb/jam} \\
 &= 5097,4186 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

b. Kebutuhan bahan bakar boiler

Sebagai bahan bakar boiler digunakan fuel oil dengan heating Value = 19000 Btu/lb. (Perry ed 3, hal 16-29).

Sehingga kebutuhan bahan bakar boiler (Mf) :

$$M_f = \frac{M_s \times (h - h_f)}{\eta_{\text{boiler}} \times \text{heating value}}$$

Karena efisiensi boiler sebesar 80 % maka :

$$\begin{aligned}
 M_f &= 4032,8700 \times (1171,4 - 180,16) / (0,8 \times 19000) \\
 &= 271,1654 \text{ lb/jam} \\
 &= 122,9979 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Maka jumlah perpindahan panas boiler dan jumlah tube :

$$\text{Heating value surface} = 10 \text{ ft}^2/\text{Hp boiler}$$

$$\text{Direncanakan panjang tube standard} = 20 \text{ ft}$$

$$\text{Ukuran pipa yang digunakan (NPS)} = 1,5 \text{ in}$$

$$\text{Luas permukaan linier feed} = 0,498 \text{ ft}^3/\text{ft} \text{ (Kern, Tabel 10, hal 844)}$$

$$\text{Jumlah tube (Nt)} = A / (a \times L)$$

$$A = \text{Luas perpindahan panas boiler}$$

$$= 10 \times 123,1 = 1231,26842 \text{ ft}^2$$

$$\text{Sehingga : } N_t = A / (a \times L)$$

$$= 1231,268419 / (0,498 \times 20)$$

$$= 123,6213 \text{ buah} \approx 124 \text{ buah}$$

**Spesifikasi boiler :**

Tipe : fire tube boiler

Kapasitas boiler : 4121,7141 lb/jam

Rate steam : 10669,135 lb/jam

Bahan bakar : fuel oil

Effisiensi : 80 %

Heating surface : 1900 ft<sup>2</sup>

Jumlah tube	: 124
Ukuran tube	: 1,5 in
Panjang tube	: 20 ft
Jumlah boiler	: 1 buah

## 2. Unit Penyediaan Air

Kebutuhan air pada pra rencana pabrik Sabun dari RBDPS antara lain untuk keperluan sebagai berikut :

### 2.1. Keperluan air proses :

Pada reaktor hydrolizer	= 2544,26 kg/jam = 61062,2 kg/d
Pada tangki Pretreatment	= 444,510 kg/jam = 10668,25 kg/d
<b>Total</b>	<b>= 2988,770 kg/jam</b> <b>= 71730,4898 kg/d</b>

### 2.2. Keperluan air pendingin :

Pada reaktor hydrolizer	= 4021,94 kg/jam = 96526,56 kg/d
Pada reaktor netralisasi	= 10335,14 kg/jam = 248043,36 kg/d
Pada cooler A,B	= 21946,53 kg/jam = 526716,72 kg/d
Pada kondensor A,B,C	= 106357,3 kg/jam = 2552575,44 kg/d
<b>Total</b>	<b>= 142660,9 kg/jam</b>

Direncanakan banyaknya air pendingin yang disupply dengan *excess* 20%

Kebutuhan air pendingin	= 1,2 x 142660,9
	= 171193,1 kg/jam
	= 4108634,5 kg/d

### 2.3 Keperluan pembangkit steam

Pada evaporator	= 830,240 kg/jam = 19925,8 kg/d
Pada jet ejector	= 2,7400 kg/jam = 65,760 kg/d
Pada heater air	= 567,470 kg/jam = 13619,3 kg/d
Pada heater RBDPS	= 1115,07 kg/jam = 26761,7 kg/d
Pada melter	= 777,250 kg/jam = 18654,0 kg/d
Pada heater sabun	= 740,100 kg/jam = 17762,4 kg/d
<b>Total</b>	<b>= 4032,870 kg/jam</b>

Air umpan boiler disediakan 20% dari kebutuhan steam

$$\begin{aligned}
 \text{Steam yang disediakan boiler} &= 1,2 \times 4032,9 \\
 &= 4839,444 \text{ kg/jam} \\
 &= 116146,656 \text{ kg/d}
 \end{aligned}$$

## 2.4 Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, taman dan kebutuhan yang lain.

Syarat – syarat air sanitasi:

### 1. Syarat fisik:

- Berada di bawah suhu udara
- Warnanya jernih
- Tidak berasa
- Tidak berbau

### 2. Syarat Kimia:

- Tidak mengandung logam berat seperti Pb, As, Cr, Cd, Hg
- Tidak mengandung zat – zat kimia beracun
- Warnanya jernih

### 3. Syarat Mikrobiologis

- Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri patogen

Keperluan air sanitasi:

#### 1. Keperluan karyawan

Menurut standar WHO kebutuhan air untuk tiap orang = 120 L/hari

Jumlah karyawan pada pabrik = 250 orang

Kebutuhan air untuk 250 karyawan = 120 L/hari × 250

= 30000 L/hari

Jika densitas air = 995,568 kg/m<sup>3</sup>

Pemakaian air sanitasi untuk 250 karyawan :

$$V = m / \rho$$

$$m = V \times \rho$$

$$= 30000 \times 995,568 \times 1 / 1000$$

$$= 29867,0400 \text{ kg/hari}$$



## 2. Air untuk laboratorium

Kebutuhan air untuk laboratorium dan taman direncanakan sebesar 30 % dari kebutuhan karyawan.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan laboratorium dan taman} &= 0,3 \times 29867,0400 \\ &= 8960,1120 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$3. \text{ Air untuk kebutuhan lainnya} = 10000 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Total air sanitasi} = 48827,1520 \text{ kg/hari} = 2034,4647 \text{ kg/j}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi total kebutuhan air} &= 4345338,794 \text{ kg/hari} \\ &= 181055,783 \text{ kg/j} \end{aligned}$$

Air yang disirkulasi adalah steam kondensat diperkirakan kehilangan selama sirkulasi sebesar 10 %.

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan air selama sirkulasi} &= 0,1 \times \text{total} \\ &= 0,1 \times 181055,783 \\ &= 18105,5783 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air yang disirkulasi} &= 181055,783 - 18105,5783 \\ &= 162950,205 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Make up water yang disuplai} &= 181055,783 - 162950,205 \\ &= 18105,5783 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Untuk cadangan dan persediaan unit pemadam kebakaran disediakan 35 % berlebih, maka :

$$\begin{aligned} \text{Total Kebutuhan air yang dibutuhkan} &= 1,35 \times \text{total} \\ &= 1,35 \times 181055,783 \\ &= 244425,3072 \text{ kg/j} \\ &= 5866207,372 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$

## 3. Proses Pengolahan Air

### 1. Pompa Air Sungai (L-211)

Fungsi : untuk memompa air dari sungai ke bak skimmer

Tipe : sentrifugal

Direncanakan pompa yang digunakan sebanyak 2 buah

$$\begin{aligned} \text{Rate aliran tiap pompa} &= 244425,3072/2 \\ &= 122212,6536 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate aliran} &= 122212,6536 \text{ kg/jam} = 269430,0161 \text{ lb/jam} \\ &= 74,8417 \text{ lb/detik}\end{aligned}$$

$$\rho = 62,5 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\begin{aligned}\mu &= 0,85 \text{ Cp} \quad (\text{Fig. 14 Kern hal 823}) \\ &= 5,7118\text{E-}04 \text{ lb/ft .detik}\end{aligned}$$

Rate Volumetrik :

$$\begin{aligned}V &= \text{rate} / \rho \\ &= 269430,0161 / 62,5 \\ &= 4310,8803 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 1,1975 \text{ ft}^3/\text{det} = 71,848 \text{ ft}^3/\text{min} = 537,4949 \text{ gpm}\end{aligned}$$

Asumsi : aliran adalah turbulen

Pers 15 Timmerhaus hal 892 diperoleh di optimum = 7,2 in

Dari A.5 Geankoplis,892 didapatkan :

$$\text{Ukuran pipa nominal (NPS)} = 8 \text{ in Sch 40}$$

$$\text{Diameter luar} = 8,625 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 7,981 \text{ in} = 0,6651 \text{ ft}$$

$$\text{Inside Cross-Sectional area} = \text{in}^2 = 0,3474 \text{ ft}^2$$

Pengecekan aliran :

$$\begin{aligned}V &= \text{rate volumetric} / A_o \\ &= 1,1975 / 0,3474 \\ &= 3,4469 \text{ ft/det}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{Re} &= d_i \times \rho \times v / \mu \\ &= 0,6651 \times 62,5 \times 3,4469 / 5,7118\text{E-}04 \\ &= 250850,5560\end{aligned}$$

Untuk aliran turbulen,  $N_{Re} > 2100$ , maka asumsi benar.

Perpipaan :

Pipa lurus :

$$L_{\text{pipa}} = 100 \text{ ft}$$

Elbow 90° sebanyak 3 buah

$$L/D = 35 \quad (\text{Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93})$$

$$L_{\text{elbow}} = 35 \times ID$$

$$= 3 \times 35 \times 0,6651 = 69,8330405 \text{ ft}$$

Gate valve sebanyak 2 buah

$$L/D = 9 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{gate valve}} &= 9 \times ID \\ &= 2 \times 9 \times 0,6651 = 5,9857 \text{ ft} \end{aligned}$$

Globe valve sebanyak 1 buah

$$L/D = 300 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{globe valve}} &= 300 \times ID \\ &= 300 \times 0,6651 = 199,5230 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= L_{\text{pipa}} + L_{\text{elbow}} + L_{\text{gate valve}} + L_{\text{globe valve}} \\ &= 100 + 69,833 + 5,9857 + 199,5230 \\ &= 375,3417 \text{ ft} \end{aligned}$$

Bahan pipa : cast iron

Dari *Geankoplis* hal. 88, diperoleh :  $\varepsilon = 0,00026 \text{ m}$ , sehingga :

$$\begin{aligned} \varepsilon/D &= 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m} / 0,6651 \\ &= 0,0013 \end{aligned}$$

$$f = 0,007$$

Faktor Turbulen  $\alpha = 1$

Friksi pada pipa :

$$\begin{aligned} F_f &= 4f \Delta L v^2 / (D 2 \alpha gc) \quad \text{(Pers. 2.10-6 Geankoplis hal 89)} \\ &= 4 \cdot 0,007 \cdot 375,3417 \cdot 3,4469 / (0,6651 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 32,174) \\ &= 2,9177 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

Friksi pada elbow  $90^\circ$  (3 buah)

$$K_f = 0,75 \quad \text{(Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$\begin{aligned} h_f &= K_f v^2 / 2 \quad \text{(Pers. 2.10-17 Geankoplis hal 94)} \\ &= 3 \times 0,75 \cdot 3,4469 / 2 = 13,3666 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \text{friksi loss} &= F_f + h_f \\ &= 2,9177 + 13,3666 \\ &= 16,2843 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli : (Pers. 2.7-28 Geankoplis hal 97)

$$\frac{\Delta V^2}{2\alpha gc} + \frac{\Delta Z \cdot g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_r = 0$$

Direncanakan:

$$\Delta Z = 20 \text{ ft}$$

$$\Delta v = 3,4469 \text{ ft/det}$$

$$\Delta P = 0$$

Sehingga diperoleh harga :

$$\begin{aligned} -W_s &= 3,4469 / (2 \times 1 \times 32,174) + 20 \times 1 + 16,2843 \\ &= 36,4689 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= -W_s \times m / 550 = 36,4689 \times 74,8417 / 550 \\ &= 4,9625 \approx 5 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Efisiensi pompa = 70% (fig. 14-37 Peter Timmerhauss hal 520)

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \text{WHP} / \eta \text{ pompa} = 5 / 0,7 \\ &= 7 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Efisiensi motor = 86% (fig 14-38 Peter Timmerhauss hal 521)

$$\begin{aligned} \text{Power pompa aktual} &= \text{BHP} / \eta \text{ motor} = 7 / 0,86 \\ &= 8,3056 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai motor standard} = 10 \text{ Hp}$$

**Spesifikasi Peralatan :**

Fungsi : Memompakan air dari sungai ke bak skimer (F-212)

Tipe : Centrifugal pump.

Dimensi Pompa : di = 7,981 in

$$A = 0,3474 \text{ ft}^2$$

Daya motor = 10 Hp

Bahan : cast iron.

Jumlah : 2 buah.

## 2. Bak Skimer (F-212)

Fungsi : menampung air dari sungai sekaligus sebagai tempat pengendapan pendahuluan serta untuk membersihkan partikel berat yang terbawa dalam air sungai.

Laju alir = 244425,3072 kg/jam

Direncanakan bak Skimer yang digunakan sebanyak 2 buah.

$$\begin{aligned} \text{Laju alir tiap bak} &= 244425,3072/2 = 122212,6536 \text{ kg/jam} \\ &= 122212,6536 \times 2,2046 / 62,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju alir tiap bak} &= 4310,8803 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 122,0750 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 12 \text{ jam}$$

$$\text{Volume air} = 122,0750 \times 12 = 1464,8999 \text{ m}^3$$

Diperkirakan air mengisi 80 % bak

$$\text{Volume bak} = 1464,8999/0,8 = 1831,1248 \text{ m}^3$$

Direncanakan bak penampung air berbentuk persegi panjang, dimana:

$$\text{Panjang} = 2 \times L$$

$$\text{Tinggi} = 7 \text{ m}$$

$$\text{Volume bak penampung air sungai} = P \times L \times T$$

$$1831,1248 = 2 L \times L \times 7$$

$$L = 130,795 \text{ m}^2$$

$$L = 11,4365 \text{ m}$$

$$\text{Maka : } P = 2 \times L$$

$$= 2 \times 11,4365 = 22,8731 \text{ m}$$

#### **Spesifikasi Peralatan :**

Bentuk : Persegi panjang

Ukuran bak :  $22,8731 \times 11,4365 \times 7 \text{ m}^3$

Bahan : Beton bertulang

Jumlah : 2 buah

### **3. Pompa bak skimer (L-213)**

Fungsi : Memompakan air di bak skimer ke bak sedimentasi (F-214)

Direncanakan pompa yang digunakan sebanyak 2 buah

Sehingga rate aliran pompa =  $244425,3072/2$

$$= 122212,6536 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Rate aliran} = 122212,6536 \text{ kg/jam} = 269430,0161 \text{ lb/jam}$$

$$= 74,8417 \text{ lb/detik}$$

$$\rho = 62,5 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\mu = 0,85 \text{ Cp} \quad (\text{Fig. 14 Kern hal 823})$$

$$= 5,7118\text{E-}04 \text{ lb/ft .detik}$$

Rate Volumetrik :

$$V = \text{rate} / \rho = 269430,0161 / 62,5 = 4310,8803 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 1,1975 \text{ ft}^3/\text{det} = 71,848 \text{ ft}^3/\text{min} = 537,4949 \text{ gpm}$$

Asumsi : aliran adalah turbulen

Per 15 Timmerhaus hal 525 diperoleh di optimum = 7,2 in

Dari A.5 Geankolis hal 892 didapatkan :

$$\text{Ukuran pipa nominal (NPS)} = 8 \text{ in sch 40}$$

$$\text{Diameter luar} = 8,625 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 7,981 \text{ in} = 0,6651 \text{ ft}$$

$$\text{Inside Cross-Sectional area} = 0,3474 \text{ ft}^2$$

Pengecekan aliran :

$$V = \text{rate volumetric} / A_o = 1,1975 / 0,3474 = 3,4469 \text{ ft/det}$$

$$N_{Re} = d_i \times \rho \times v / \mu = 0,6651 \times 62,5 \times 3,4469 / 5,7118E-04$$

$$= 250850,5560$$

Untuk aliran turbulen,  $N_{Re} > 2100$ , maka asumsi benar.

Perpipaan :

Pipa lurus :

$$L_{\text{pipa}} = 100 \text{ ft}$$

Elbow 90° sebanyak 3 buah

$$L/D = 35 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{elbow}} = 35 \times ID$$

$$= 3 \times 35 \times 0,6651 = 69,8330405 \text{ ft}$$

Gate valve sebanyak 2 buah

$$L/D = 9 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{gate valve}} = 9 \times ID$$

$$= 2 \times 9 \times 0,6651 = 5,98568918 \text{ ft}$$

Globe valve sebanyak 1 buah

$$L/D = 300 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{globe valve}} = 300 \times ID$$

$$= 300 \times 0,6651 = 199,5230 \text{ ft}$$

$$L = L_{\text{pipa}} + L_{\text{elbow}} + L_{\text{gate valve}} + L_{\text{globe valve}}$$

$$= 100 + 69,833 + 5,985689185 + 199,5230$$

$$= 375,3417 \text{ ft}$$

Bahan pipa : cast iron

Dari *Geankoplis* hal. 88, diperoleh :  $\varepsilon = 0,00026 \text{ m}$ , sehingga :

$$\varepsilon/D = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m} / 0,6651 = 0,0013$$

$$f = 0,007$$

Faktor Turbulen  $\alpha = 1$

Friksi pada pipa :

$$F_f = 4f \Delta L v^2 / (D 2 \alpha gc)$$

(Pers. 2.10-6 *Geankoplis* hal 89)

$$= 4 \cdot 0,007 \times 375,3417 \times 3,4469 / (0,6651 \times 2 \times 1 \times 32,174)$$

$$= 2,91773225 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Friksi pada elbow  $90^\circ$  (3 buah)

$K_f = 0,75$  (Tabel 2.10-1 *Geankoplis* hal 93)

$h_f = K_f v^2 / 2$  (Pers. 2.10-17 *Geankoplis* hal 94)

$$= 3 \times 0,75 \times 3,4469 / 2 = 13,3666 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$\sum$  friksi loss =  $F_f + h_f$

$$= 2,9177 + 13,3666$$

$$= 16,2843 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Persamaan Bernoulli : (Pers. 2.7-28 *Geankoplis* hal 97)

$$\frac{\Delta V^2}{2\alpha gc} + \frac{\Delta Z \cdot g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_r = 0$$

Direncanakan:

$$\Delta Z = 20 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta v = 3,4469 \text{ ft/det}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$-W_s = 3,4469 / (2 \times 1 \times 32,174) + 20 \times 1 + 16,28429717$$

$$= 36,4689 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{WHP} = -W_s \times m/550 = 36,4689 \times 74,8417 / 550$$

$$= 4,9625 \approx 5 \text{ Hp}$$

Efisiensi pompa = 70% (fig. 14-37 Peter Timmerhauss hal 520)

$$\text{BHP} = \text{WHP} / \eta \text{ pompa} = 5 / 0,7 = 7 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 86% (fig 14-38 Peter Timmerhauss hal 521)

$$\begin{aligned} \text{Power pompa aktual} &= \text{BHP} / \eta \text{ motor} = 7 / 0,86 \\ &= 8,3056 \approx 8,5 \text{ Hp} \end{aligned}$$

#### Spesifikasi Peralatan :

Fungsi : Memompakan air dari bak skimer ke bak sedimentasi (F-212)

Tipe : Centrifugal pump.

Dimensi Pompa :  $d_i = 7,981 \text{ in}$

$$A = 0,3474 \text{ ft}^2$$

Daya pompa = 8,5 Hp

Bahan : cast iron.

Jumlah : 2 buah.

Bahan : cast iron.

#### 4. Bak Sedimentasi (F-214)

Fungsi : mengendapkan partikel-partikel yang tidak mengendap pada bak skimer

Laju alir = 244425,3072 kg/jam

Direncanakan bak sedimentasi yang digunakan sebanyak 2 buah.

$$\begin{aligned} \text{Laju alir tiap bak} &= 244425,3072 / 2 = 122212,6536 \text{ kg/jam} \\ &= 122212,6536 \times 2,2046 / 62,5 \end{aligned}$$

$$\text{Laju alir tiap bak} = 4310,8803 \text{ ft}^3/\text{jam} = 122,075 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Waktu tinggal = 12 jam

$$\text{Volume air} = 122,0750 \times 12 = 1464,8999 \text{ m}^3$$

Diperkirakan air mengisi 80 % bak

$$\text{Volume bak} = 1464,8999 / 0,8 = 1831,1248 \text{ m}^3$$

Direncanakan bak penampung air berbentuk persegi panjang, dimana:

$$\text{Panjang} = 2 \times L$$

$$\text{Tinggi} = 7 \text{ m}$$

$$\text{Volume bak penampung air sungai} = P \times L \times T$$

$$1831,1248 = 2 L \times L \times 7$$

$$L = 130,795 \text{ m}^2$$

$$L = 11,4365 \text{ m}$$



$$\begin{aligned} \text{Maka : } P &= 2 \times L \\ &= 2 \times 11,4365 = 22,8731 \text{ m} \end{aligned}$$

**Spesifikasi Peralatan :**

Bentuk : Persegi panjang

Ukuran bak :  $22,8731 \times 11,4365 \times 7 \text{ m}^3$

Bahan : Beton bertulang

Jumlah : 2 buah

**5. Pompa bak sedimentasi (L-215)**

Fungsi : Memompakan air di bak sedimentasi ke tangki clarifier

Direncanakan pompa yang digunakan sebanyak 2 buah

$$\begin{aligned} \text{Rate aliran tiap pompa} &= 244425,3072 / 2 \\ &= 122212,6536 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate aliran} &= 122212,6536 \text{ kg/jam} = 269430,0161 \text{ lb/jam} \\ &= 74,8417 \text{ lb/detik} \end{aligned}$$

$$\rho = 62,5 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\mu = 0,85 \text{ Cp} \quad (\text{Fig. 14 Kern hal 823})$$

$$= 5,7118\text{E-}04 \text{ lb/ft .detik}$$

Rate Volumetrik :

$$\begin{aligned} V &= \text{rate} / \rho = 269430,0161 / 62,5 = 4310,8803 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 1,1975 \text{ ft}^3/\text{det} = 71,848 \text{ ft}^3/\text{min} = 537,4949 \text{ gpm} \end{aligned}$$

Asumsi : aliran adalah turbulen

Fig. 14-2 Timmerhaus hal 498 diperoleh di optimum = 24 in

Dari tabel 11 Kern hal 844 didapatkan :

$$\text{Ukuran pipa nominal (NPS)} = 24 \text{ in}$$

$$\text{Diameter luar} = 24 \text{ in.}$$

$$\text{Diameter dalam} = 23,25 \text{ in} = 1,9375 \text{ ft}$$

$$\text{Inside Cross-Sectional area} = 425 \text{ in}^2 = 35,4163 \text{ ft}^2$$

Pengecekan aliran :

$$V = \text{rate volumetric} / A_o = 1,1975 / 35,4163 = 0,0338 \text{ ft/det}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= di \times \rho \times v / \mu = 1,9375 \times 62,5 \times 0,0338 / 5,7118\text{E-}04 \\ &= 7168,1528 \end{aligned}$$

Untuk aliran turbulen,  $N_{Re} > 2100$ , maka asumsi benar.

Perpipaan :

Pipa lurus :

$$L_{\text{pipa}} = 100 \text{ ft}$$

Elbow 90° sebanyak 3 buah

$$L/D = 35 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{elbow}} = 35 \times ID$$

$$= 3 \times 35 \times 1,9375 = 203,435433 \text{ ft}$$

Gate valve sebanyak 2 buah

$$L/D = 9 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{gate valve}} = 9 \times ID$$

$$= 2 \times 9 \times 1,9375 = 17,4373228 \text{ ft}$$

Globe valve sebanyak 1 buah

$$L/D = 300 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{globe valve}} = 300 \times ID$$

$$= 300 \times 1,9375 = 581,2441 \text{ ft}$$

$$L = L_{\text{pipa}} + L_{\text{elbow}} + L_{\text{gate valve}} + L_{\text{globe valve}}$$

$$= 100 + 203,435 + 17,43732283 + 581,2441$$

$$= 902,1169 \text{ ft}$$

Bahan pipa : cast iron

Dari *Geankoplis* hal. 88, diperoleh :  $\epsilon = 0,00026 \text{ m}$ , sehingga :

$$\epsilon/D = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m} / 1,9375 = 0,0004$$

$$f = 0,007$$

Faktor Turbulen  $\alpha = 1$

Friksi pada pipa :

$$F_f = 4f \Delta L v^2 / D 2 \alpha gc \text{ (Pers. 2.10-6 Geankoplis hal 89)}$$

$$= 4 \times 0,007 \times 902,1169 \times 0,0338 / (1,9375 \times 2 \times 1 \times 32,174)$$

$$= 0,0002 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Friksi pada elbow 90° (3 buah)

$$K_f = 0,75 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$h_f = K_f v^2 / 2 \text{ (Pers. 2.10-17 Geankoplis hal 94)}$$

$$= 3 \times 0,75 \times 0,0338 / 2 = 0,0013 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\Sigma \text{ friksi loss} = F_f + h_f$$

$$= 0,0002 + 0,0013$$

$$= 0,0015 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Persamaan Bernoulli : (Pers. 2.7-28 Geankoplis hal 97)

$$\frac{\Delta V^2}{2\alpha gc} + \frac{\Delta Z.g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_r = 0$$

Direncanakan:

$$\Delta Z = 20 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta v = 0,0338 \text{ ft/det}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$-W_s = 0,0338 / ( 2 \times 1 \times 32,174 ) + 20 \times 1 + 0,0015$$

$$= 20,0015 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{WHP} = -W_s \times m / 550 = 20,0015 \times 74,8417 / 550$$

$$= 2,7217 \approx 5 \text{ Hp}$$

Efisiensi pompa = 70% (fig. 14-37 Peter Timmerhauss hal 520)

$$\text{BHP} = \text{WHP} / \eta \text{ pompa} = 5 / 0,70 = 7 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 86% (fig 14-38 Peter Timmerhauss hal 521)

$$\text{Power pompa aktual} = \text{BHP} / \eta \text{ motor} = 7 / 0,86$$

$$= 8,3056 \approx 8,5 \text{ Hp}$$

**Spesifikasi Peralatan :**

Fungsi : Memompakan air dari bak sedimentasi ke tangki clarifier

Tipe : Centrifugal pump.

Dimensi Pompa : di = 23,25 in

$$A = 35,4163 \text{ ft}^2$$

Daya pompa = 8,5 Hp

Bahan : cast iron.

Jumlah : 2 buah.

Bahan : cast iron.

## 6. Tangki Clarifier (F-216)

Fungsi : sebagai tempat terjadinya flokulasi dengan penambahan alum

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  30% sebanyak 80 ppm ( $0,08 \text{ kg/m}^3$ )

Laju alir = 244425,3072 kg/jam

Direncanakan tanki clarifier yang digunakan sebanyak 2 buah.

Laju alir tiap tangki =  $244425,3072 / 2 = 122212,6536$  kg/jam

$$= 122212,6536 \times 2,2046 / 62,5$$

Laju alir tiap tangki = 4310,8803 ft<sup>3</sup>/jam

$$= 122,0750 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Waktu tinggal = 4 jam

Volume air =  $122,0750 \times 4 = 488,3000$  m<sup>3</sup>

Diperkirakan air mengisi 80 % tangki

Volume tangki =  $488,3000 / 0,8 = 610,3749$  m<sup>3</sup>

Kebutuhan alum = 30% dari volume air total dengan konsentrasi 80 ppm

atau 80 mg tiap 1 L air ( 0,08 kg/m<sup>3</sup>).

Kebutuhan alum =  $0,3 \times 610,3749 \times 0,08 \times 2$

$$= 29,2980 \text{ kg/jam}$$

Kebutuhan alum tiap hari =  $24 \times 29,2980$

$$= 703,1519 \text{ kg/hari}$$

Tangki berbentuk silinder dengan tutup bawah berbentuk conical :

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi \times D^3}{24 \times \tan 1/2 \alpha} + \frac{\pi}{4} D^2 \times L_s$$

Diasumsikan  $L = 1,5 D$

Tutup membentuk sudut ( $\alpha$ ) = 60°

sehingga didapatkan :

$$610,3749 = \frac{\pi \times D^3}{24 \times \tan 1/2 \alpha} + \frac{\pi}{4} D^2 \times 1,5 D$$

$$610,3749 = 0,227 D^3 + 1,1775 D^3$$

$$D = 7,5746 \text{ m}$$

Menentukan tinggi clarifier :

Tinggi shell =  $1,5 \times D = 1,5 \times 7,574576 = 11,36186373$  m

Tinggi tutup bawah berbentuk conis :

$$h = \frac{1/2 \times D}{\text{tg } 1/2 \alpha} = 0,5 \times 7,5745 / \text{tg } 30^\circ = 6,5592 \text{ m}$$

Tinggi total tangki = tinggi shell + tinggi tutup bawah

$$= 11,3619 + 6,5592$$

$$= 17,9211 \text{ m}$$

Jadi ukuran tangki clarifier :

$$\text{Diameter} = 7,5746 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 17,9211 \text{ m}$$

**Perencanaan pengaduk :**

Digunakan pengaduk jenis turbine with 6 blades at  $45^\circ$  angle.

Data-data jenis pengaduk (G.G. Brown, hal 507) :

$$Dt/Di = 3,0$$

$$Zi/Di = 0,75 - 1,3$$

$$Zl/Di = 2,7 - 3,9$$

$$W/Di = 0,17$$

Dimana :

Dt = diameter dalam tangki

Di = diameter impeller

Zi = tinggi impeller dari dasar tangki

Zl = tinggi zat cair dalam silinder

W = lebar baffle impeller

a. Menentukan diameter impeler

$$Dt/Di = 3$$

$$Di = Dt = 7,5746 = 2,5249 \text{ m}$$

$$3 \quad 3$$

b. Menentukan tinggi impeller dari dasar tangki

$$Zi/Di = 0,75 - 1,3 \text{ (diambil } 0,9)$$

$$Zi = Di \times 0,9 = 2,5249 \times 0,9 = 2,2724 \text{ m}$$

c. Menentukan panjang impeler

$$\frac{L}{Dt} = \frac{1}{4}$$

$$L = 1/4 \times Dt = 1/4 \times 7,5746 = 1,8936 \text{ m}$$

d. Menentukan lebar impeller

$$\frac{W}{Di} = 0,17$$

$$W = 0,17 \times Di = 0,17 \times 2,5249 \\ = 0,4292 \text{ m}$$

e. Menentukan daya pengaduk

Motor penggerak = 200 – 250 (diambil  $V = 240$ )

$$V = \pi \times Di \times n$$

$$Nre =$$

$$P = \frac{n \times Di^2 \times \rho}{gc} \phi \times \rho \times n^{1,5} \times Di^5$$

(Geankoplis 6<sup>th</sup>, pers. 3.4-2, hal. 145)

Dimana :

$n$  = putaran pengaduk (rpm)

$Di$  = diameter impeller (m)

$P$  = daya motor (Hp)

$V$  = motor penggerak

$\rho$  =  $1 \text{ g/cm}^3 = 62,5 \text{ lb/ft}^3$

$\mu$  = viscositas (0,03631 lb.ft.mnt)

$gc$  =  $32,174 \text{ lb.ft/dt}^2 \cdot \text{lb} = 115826,4 \text{ lb.ft/mnt}^2 \cdot \text{lb}$

$\Phi = 6$  (G.G. Brown, hal 507)

Sehingga :

$$n = V / \pi \times Di = 240 / \pi \times 2,5249 \\ = 30,2722 \approx 25 \text{ rpm}$$

$$Nre = 25 \times 2,5249 \times 62,5 / 5,7118E-04 \\ = 1,7439E+07 \text{ (aliran turbulen)}$$

$$P = 6 \times 62,5 \times 25 \times 2,5249 / 115826,4 \\ = 5190,7373 \text{ lb.ft/mnt} \\ = 86,5123 \text{ lb.ft/det} = 0,1573 \text{ Hp}$$

Ditetapkan :

$\eta$  motor = 80%

$\eta$  pengaduk = 60%

Maka :

$$P = 0,1573 / 0,8 \times 0,6 = 0,3277 \text{ Hp} \approx 0,5 \text{ Hp}$$

**Spesifikasi tangki clarifier :**

Bentuk	= tangki silinder, tutup bawah berbentuk conical
Diameter Tangki	= 7,5746 m
Tinggi	= 17,9211 m
Diameter Impeller	= 2,5249 m
Lebar Impeller	= 0,4292 m
Daya Motor	= 0,9 Hp
Bahan	= Carbon Steel Sa-240 Grade M Type 316
Jumlah	= 2 buah

**7. Sand Filter (F-217)**

Fungsi : Menyaring partikel-partikel yang masih ada dalam air dari tangki clarifier.

Ketentuan :

- Berbentuk silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard dished head.
- Waktu penyaringan = 0,5 jam
- Bahan bed pasir
- Volume dalam silinder = 80 %

*Penentuan volume bejana*

Direncanakan sand filter yang digunakan sebanyak 2 buah.

rate tiap filter =  $244425,3072 / 2 = 122212,6536$  kg/jam

$$= 122212,6536 \times 2,2046 / 62,5$$

$$= 4310,8803 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 122,0750 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Volume air dalam bejana =  $122,0750 \times 0,5$  jam

$$= 61,0375 \text{ m}^3$$

$$\text{Porositas} = \frac{V_{\text{ruang kosong}}}{V_{\text{ruang kosong}} + V_{\text{padatan}}}$$

Asumsi : Porositas = 0,4

Air terisi dalam bed = 60 % air masuk

Maka air dalam bed =  $0,6 \times 61,0375 = 36,62249645 \text{ m}^3$

Sehingga  $V_b = V_p + V_{air}$

$$\begin{aligned} \text{Maka volume ruang kosong} &= 0,2 \times 61,0375 \\ &= 12,20749882 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$0,4 = 12,2075 / ( 12,20749882 + V_p )$$

$$V_{padatan} = 18,31124822 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga: } V_b &= V_p + V_{air} \\ &= 18,31125 + 61,0375 \\ &= 79,3487 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Bila bejana terisi oleh 80 % bahan, maka :

$$V_{bejana} = 79,3487 / 0,8 = 99,1859 \text{ m}^3$$

### Penentuan dimensi bejana

Mula-mula bejana dianggap berbentuk silinder dengan perbandingan :

$$L/D = 1,5$$

$$V_b = (\pi/4) \times d^2 \times L$$

$$79,3487 = (\pi/4) \times d^2 \times 1,5 d$$

$$d = 2,7242 \text{ m} = 107,2504 \text{ in}$$

Standardisasi (tabel 5.7. Brownell and Young hal 90-91)

$$\text{Diameter standart} = 132 \text{ in} = 11 \text{ ft} = 3,3528 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi silinder} = 1,5 \times 132 = 198 \text{ in}$$

$$= 5,0292 \text{ m}$$

### Spesifikasi Peralatan :

$$\text{Tinggi} = 5,0292 \text{ m}$$

$$\text{Diameter} = 3,3528 \text{ m}$$

Bahan konstruksi = carbon steel

$$\text{Jumlah} = 2 \text{ buah}$$

### 8. Bak Air Bersih (F-218)

Fungsi : menampung air bersih dari sand filter

$$\text{Laju alir} = 244425,3072 \text{ kg/jam}$$

Direncanakan bak air bersih yang digunakan sebanyak 2 buah.

$$\text{Laju alir tiap bak} = 244425,3072 / 2 = 122212,6536 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Laju alir tiap bak} = 122212,6536 \times 2,2046 / 62,5$$

$$= 4310,8803 \text{ ft}^3/\text{jam}$$



$$= 122,0750 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Waktu tinggal = 12 jam

$$\text{Volume air} = 122,0750 \times 12 = 1464,8999 \text{ m}^3$$

Diperkirakan air mengisi 80 % bak

$$\text{Volume bak} = 1464,8999 / 0,8 = 1831,1248 \text{ m}^3$$

Direncanakan bak penampung air berbentuk persegi panjang, dimana:

$$\text{Panjang} = 2 \times L$$

$$\text{Tinggi} = 7 \text{ m}$$

$$\text{Volume bak penampung air sungai} = P \times L \times T$$

$$1831,1248 = 2 L \times L \times 7$$

$$L = 130,795 \text{ m}^2$$

$$L = 11,4365 \text{ m}$$

$$\text{Maka : } P = 2 \times L = 2 \times 11,4365 = 22,873096 \text{ m}$$

#### **Spesifikasi Peralatan :**

Bentuk : Persegi panjang

Ukuran bak :  $22,8731 \times 11,4365 \times 7 \text{ m}^3$

Bahan : Beton bertulang

Jumlah : 2 buah

#### **9. Pompa Demineralizer (L-219)**

Fungsi : Memompakan air di bak air bersih ke kation exchanger

Direncanakan pompa yang digunakan sebanyak 2 buah

$$\text{Rate aliran tiap pompa} = 242390,8425 / 2$$

$$= 121195,4212 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Rate aliran} = 121195,4212 \text{ kg/jam} = 267187,4257 \text{ lb/jam}$$

$$= 74,2187 \text{ lb/detik}$$

$$\rho = 62,5 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\mu = 0,85 \text{ Cp} \quad (\text{Fig. 14 Kern hal 823})$$

$$= 5,7118\text{E-}04 \text{ lb/ft .detik}$$

Rate Volumetrik :

$$V = \text{rate} / \rho = 267187,4257 / 62,5 = 4274,9988 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 1,1875 \text{ ft}^3/\text{det} = 71,250 \text{ ft}^3/\text{min} = 533,0211 \text{ gpm}$$

Asumsi : aliran adalah turbulen

Fig. 14-2 Timmerhaus hal 498 diperoleh di optimum = 24 in

Dari tabel 11 Kern hal 844 didapatkan :

$$\text{Ukuran pipa nominal (NPS)} = 24 \text{ in}$$

$$\text{Diameter luar} = 24 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 23,25 \text{ in} = 1,9375 \text{ ft}$$

$$\text{Inside Cross-Sectional area} = 425 \text{ in}^2 = 35,4163 \text{ ft}^2$$

Pengecekan aliran :

$$V = \text{rate volumetric} / A_o = 1,1875 / 35,4163 = 0,0335 \text{ ft/det}$$

$$N_{Re} = d_i \times \rho \times v / \mu = 1,9375 \times 62,5 \times 0,0335 / 5,7118E-04 \\ = 7108,4890$$

Untuk aliran turbulen,  $N_{Re} > 2100$ , maka asumsi benar.

Perpipaan :

Pipa lurus :

$$L_{\text{pipa}} = 50 \text{ ft}$$

Elbow 90° sebanyak 3 buah

$$L/D = 35 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{elbow}} = 35 \times ID$$

$$= 3 \times 35 \times 1,9375 = 203,435433 \text{ ft}$$

Gate valve sebanyak 2 buah

$$L/D = 9 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{gate valve}} = 9 \times ID$$

$$= 2 \times 9 \times 1,9375 = 17,4373228 \text{ ft}$$

Globe valve sebanyak 1 buah

$$L/D = 300 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{globe valve}} = 300 \times ID$$

$$= 300 \times 1,9375 = 581,2441 \text{ ft}$$

$$L = L_{\text{pipa}} + L_{\text{elbow}} + L_{\text{gate valve}} + L_{\text{globe valve}}$$

$$= 50 + 203,435 + 17,43732283 + 581,2441$$

$$= 852,1169 \text{ ft}$$

Bahan pipa : cast iron

Dari *Geankoplis* hal. 88, diperoleh :  $\epsilon = 0,00026 \text{ m}$ , sehingga :

$$\epsilon / D = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m} / 1,938 = 0,0004$$

$$f = 0,007$$

Faktor Turbulen  $\alpha = 1$

Friksi pada pipa :

$$\begin{aligned} F_f &= 4f \Delta L v^2 / (D^2 \alpha gc) \quad (\text{Pers. 2.10-6 Geankoplis hal 89}) \\ &= 4 \times 0,007 \times 852,1169 \times 0,0335 / (1,9375 \times 2 \times 1 \times 32,174) \\ &= 0,00021515 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

Friksi pada elbow  $90^\circ$  (3 buah)

$$K_f = 0,75 \quad (\text{Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93})$$

$$\begin{aligned} h_f &= K_f v^2 / 2 \quad (\text{Pers. 2.10-17 Geankoplis hal 94}) \\ &= 3 \times 0,75 \times 0,0335^2 / 2 = 0,00126477 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \text{friksi loss} &= F_f + h_f \\ &= 0,00021515 + 0,00126477 \\ &= 0,00147993 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli : (Pers. 2.7-28 Geankoplis hal 97)

$$\frac{\Delta V^2}{2\alpha gc} + \frac{\Delta Z \cdot g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_r = 0$$

Direncanakan:

$$\Delta Z = 20 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta v = 0,0335 \text{ ft/det}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$\begin{aligned} -W_s &= 0,0335 / (2 \times 1 \times 32,174) + 20 \times 1 + 0,0015 \\ &= 20,0015 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= -W_s \times m / 550 = 20,0015 \times 74,2187 / 550 \\ &= 2,6991 \approx 5 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Efisiensi pompa = 70% (fig. 14-37 Peter Timmerhauss hal 520)

$$\text{BHP} = \text{WHP} / \eta \text{ pompa} = 5 / 0,7 = 7,1 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 86% (fig 14-38 Peter Timmerhauss hal 521)

$$\begin{aligned} \text{Power pompa aktual} &= \text{BHP} / \eta \text{ motor} = 7,1 / 0,86 \\ &= 8,3056 \approx 8,5 \text{ Hp} \end{aligned}$$

**Spesifikasi Peralatan :**

Fungsi : Memompakan air dari bak air bersih ke kation exchanger

Tipe : Centrifugal pump.

Dimensi Pompa :  $d_i = 23,25$  in

$$A = 35,4163 \text{ ft}^2$$

Daya pompa = 8,5 Hp

Bahan : cast iron.

Jumlah : 2 buah.

Bahan : cast iron.

#### 10. Kation Exchanger (D-210A)

Fungsi : Menghilangkan ion-ion positif penyebab kesadahan air.

Resin yang digunakan adalah Hidrogen Exchanger ( $H_2Z$ ). Untuk tiap  $m^3$   $H_2Z$  dapat menghilangkan 6500 – 9000 gram hardness. Direncanakan  $H_2Z$  dengan kapasitas  $7500 \text{ g/m}^3$ .

Direncanakan kation exchanger yang digunakan sebanyak 2 buah.

Rate volumetrik = 533,0211 gpm

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik tiap kation exchanger} &= 533,0211 / 2 = 266,5106 \\ &= 15990,63305 \text{ gal/jam} \end{aligned}$$

Direncanakan berbentuk silinder dengan :

$$\text{Kecepatan air} = 5 \text{ gpm/ft}^2$$

$$\text{Tinggi bed} = 3 \text{ m} = 9,8424 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang bed} &= \text{rate} / \text{kecepatan alir} = 533,0211 / 5 \\ &= 106,6042 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bed} &= \text{luas} \times \text{tinggi} \\ &= 106,6042 \times 9,8424 \\ &= 1049,2414 \text{ ft}^3 = 29,7123 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ 106,6042 &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ D &= 11,6534 \text{ ft} = 3,5520 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Direncanakan : } H &= 3 \times D \\ &= 3 \times 11,6534 \\ &= 34,9602 \text{ ft} = 10,65599 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Volume tangki} = \text{luas} \times \text{tinggi}$$

$$= 106,6042 \times 34,9602$$

$$= 3726,9024 \text{ ft}^3 = 105,5380 \text{ m}^3$$

Asumsi, tiap galon air mengandung 10 grain hardness, maka :

$$\text{Kandungan hardness dalam air} = 15990,63305 \times 10$$

$$= 159906,3305 \text{ grain/jam}$$

Dalam  $1,4362 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{Z}$  dapat dihilangkan hardness sebanyak :

$$105,5380 \times 7500 = 791534,8088 \text{ gram}$$

$$= 12215281,7837 \text{ grain}$$

$$\text{Umur resin} = 12215281,7837 / 159906,3305 = 76,3902 \text{ jam}$$

Setelah umur resin 76,3902 jam maka resin harus segera diregenerasi dengan asam sulfat atau asam klorida.

**Spesifikasi peralatan :**

Fungsi : menghilangkan ion-ion positif penyebab kesadahan air.

Bahan : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316.

Jumlah : 2 buah.

#### 11. Anion Exchanger (D-210B)

Fungsi : Menghilangkan ion-ion negatif penyebab kesadahan air.

Resin yang digunakan adalah De-acidite (DOH). Direncanakan DOH dengan kapasitas  $7500 \text{ g/m}^3$ .

Direncanakan anion exchanger yang digunakan sebanyak 2 buah.

$$\text{Rate volumetrik} = 533,0211 \text{ gpm}$$

$$\text{Rate volumetrik tiap anion exchanger} = 533,0211 / 2 = 266,5106$$

$$= 15990,63305 \text{ gal/jam}$$

Direncanakan berbentuk silinder dengan :

$$\text{Kecepatan air} = 5 \text{ gpm/ft}^2$$

$$\text{Tinggi bed} = 3 \text{ m} = 9,8424 \text{ ft}$$

$$\text{Luas penampang bed} = \text{rate} / \text{kecepatan alir} = 533,0211 / 5$$

$$= 106,6042 \text{ ft}^2$$

$$\text{Volume bed} = \text{luas} \times \text{tinggi}$$

$$= 106,6042 \times 9,8424$$

$$= 1049,2414 \text{ ft}^3 = 29,7123 \text{ m}^3$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$106,6042 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$D = 11,6534 \text{ ft} = 3,5520 \text{ m}$$

Direncanakan :  $H = 3 \times D$

$$= 3 \times 11,6534$$

$$= 34,9602 \text{ ft} = 10,65599 \text{ m}$$

Volume tangki = luas  $\times$  tinggi

$$= 106,6042 \times 34,9602$$

$$= 3726,9024 \text{ ft}^3 = 105,5380 \text{ m}^3$$

Asumsi, tiap galon air mengandung 10 grain hardness, maka :

Kandungan hardness dalam air =  $15990,63305 \times 10$

$$= 159906,3305 \text{ grain/jam}$$

Dalam  $1,4362 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{Z}$  dapat dihilangkan hardness sebanyak :

$$105,5380 \times 7500 = 791534,8088 \text{ gram}$$

$$= 12215281,7837 \text{ grain}$$

Umur resin =  $12215281,7837 / 159906,3305 = 76,3902 \text{ jam}$

Setelah umur resin 103,4145 jam maka resin harus segera diregenerasi dengan asam sulfat atau asam klorida.

#### Spesifikasi peralatan :

Fungsi : menghilangkan ion-ion positif penyebab kesadahan air.

Bahan : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316.

Jumlah : 2 buah.

#### 12. Bak Air Lunak (F-221)

Fungsi : menampung air yang sudah mengalami pelunakan

Laju alir =  $242390,8425 \text{ kg/jam}$

Direncanakan bak air bersih yang digunakan sebanyak 2 buah.

Laju alir tiap bak =  $242390,8425 / 2 = 121195,4212 \text{ kg/jam}$

$$= 121195,4212 \times 2,2046 / 62,5$$

$$= 4274,9988 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 121,0589 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Waktu tinggal = 8 jam

Volume air =  $121,0589 \times 8 = 968,4712 \text{ m}^3$

Diperkirakan air mengisi 80 % bak

$$\text{Volume bak} = 968,4712 / 0,8 = 1210,5890 \text{ m}^3$$

Direncanakan bak penampung air berbentuk persegi panjang, dimana:

$$\text{Panjang} = 2 \times L$$

$$\text{Tinggi} = 7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air sungai} &= P \times L \times T \\ 1210,5890 &= 2 L \times L \times 7 \\ L &= 86,471 \text{ m}^2 \\ L &= 9,2990 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } P &= 2 \times L \\ &= 2 \times 9,2990 = 18,59792 \text{ m} \end{aligned}$$

#### Spesifikasi Peralatan :

Bentuk : Persegi panjang  
 Ukuran bak :  $18,59792 \times 9,2990 \times 7 \text{ m}^3$   
 Bahan : Beton bertulang  
 Jumlah : 2 buah

#### 13. Pompa Deaerator (L-222)

Fungsi : Memompakan air di bak air lunak ke Dearator

$$\begin{aligned} \text{Rate aliran} &= 4032,8700 \text{ kg/jam} = 8890,8652 \text{ lb/jam} \\ &= 2,4697 \text{ lb/detik} \end{aligned}$$

$$\rho = 62,5 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\mu = 0,85 \text{ Cp} \quad (\text{Fig. 14 Kern hal 823})$$

$$= 5,7118\text{E-}04 \text{ lb/ft .detik}$$

Rate Volumetrik :

$$\begin{aligned} V &= \text{rate} / \rho = 8890,865202 / 62,5 = 142,2538 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0395 \text{ ft}^3/\text{det} = 2,371 \text{ ft}^3/\text{min} = 17,7367 \text{ gpm} \end{aligned}$$

Asumsi : aliran adalah turbulen

Fig. 14-2 Timmerhaus hal 498 diperoleh di optimum = 5 in

Dari App A.5 Geankoplis hal 892 didapatkan :

$$\begin{aligned} \text{Ukuran pipa nominal (NPS)} &= 5 \text{ in} \\ \text{Diameter luar} &= 5,563 \text{ in} \\ \text{Diameter dalam} &= 5,047 \text{ in} = 0,4206 \text{ ft} \\ \text{Inside Cross-Sectional area} &= 0,1390 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Pengecekan aliran :

$$V = \text{rate volumetrik} / A_o = 0,0395 / 0,139 = 0,2843 \text{ ft/det}$$

$$N_{Re} = di \times \rho \times v / \mu = 0,4206 \times 62,5 \times 0,2843 / 5,7118E-04 \\ = 13082,9031$$

Untuk aliran turbulen,  $N_{Re} > 2100$ , maka asumsi benar.

*Perpipaan :*

Pipa lurus :

$$L_{\text{pipa}} = 60 \text{ ft}$$

Elbow 90° sebanyak 3 buah

$$L/D = 35 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{elbow}} = 35 \times ID \\ = 3 \times 35 \times 0,4206 = 44,1608013 \text{ ft}$$

Gate valve sebanyak 2 buah

$$L/D = 9 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{gate valve}} = 9 \times ID \\ = 2 \times 9 \times 0,4206 = 3,78521154 \text{ ft}$$

Globe valve sebanyak 1 buah

$$L/D = 300 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{globe valve}} = 300 \times ID \\ = 300 \times 0,4206 = 126,1737 \text{ ft}$$

$$L = L_{\text{pipa}} + L_{\text{elbow}} + L_{\text{gate valve}} + L_{\text{globe valve}} \\ = 60 + 44,161 + 3,785211542 + 126,1737 \\ = 234,1197 \text{ ft}$$

Bahan pipa : cast iron

Dari *Geankoplis* hal. 88, diperoleh :  $\epsilon = 0,00026 \text{ m}$ , sehingga :

$$\epsilon / D = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m} / 0,42 = 0,0020$$

$$f = 0,0084$$

Faktor Turbulen  $\alpha = 1$

Friksi pada pipa :

$$F_f = 4f \Delta L v^2 / ( D^2 \alpha gc ) \quad (\text{Pers. 2.10-6 Geankoplis hal 89})$$

$$= 4 \times 0,0084 \times 234,1197 \times 0,2843 / ( 0,4206 \times 2 \times 1 \times 32,174 ) = 0,0235 \text{ ft.lbf/lb}_m$$



Friksi pada elbow 90° (3 buah)

$$K_f = 0,75 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$h_f = K_f v^2 / 2 \text{ (Pers. 2.10-17 Geankoplis hal 94)}$$

$$= 3 \times 0,75 \times 0,2843^2 / 2 = 0,0909 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$\sum \text{friksi loss} = F_f + h_f$$

$$= 0,0235 + 0,0909$$

$$= 0,1144 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

Persamaan Bernoulli : (Pers. 2.7-28 Geankoplis hal 97)

$$\frac{\Delta V^2}{2\alpha gc} + \frac{\Delta Z \cdot g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_r = 0$$

Direncanakan:

$$\Delta Z = 20 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta v = 0,2843 \text{ ft/det}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$\begin{aligned} -W_s &= 0,2843 / ( 2 \times 1 \times 32,174 ) + 20 \times 1 + 0,1144 \\ &= 20,1157 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= -W_s \times m / 550 = 20,1157 \times 2,4697 / 550 \\ &= 0,0903 \approx 0,5 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Efisiensi pompa = 20% (fig. 14-37 Peter Timmerhauss hal 520)

$$\text{BHP} = \text{WHP} / \eta \text{ pompa} = 0,5 / 0,20 = 2,5 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 83% (fig 14-38 Peter Timmerhauss hal 521)

$$\begin{aligned} \text{Power pompa aktual} &= \text{BHP} / \eta \text{ motor} = 2,5 / 0,83 \\ &= 3,0120 \approx 3,5 \text{ Hp} \end{aligned}$$

**Spesifikasi Peralatan :**

Fungsi : Memompakan air dari bak air bersih ke kation exchanger

Tipe : Centrifugal pump.

Dimensi Pompa : di = 5,047 in

$$A = 0,139 \text{ ft}^2$$

Daya pompa = 3,5 Hp

Bahan : cast iron.

Jumlah : 1 buah.

Bahan : cast iron.

#### 14. Tangki Deaerator (F-223)

Fungsi : menghilangkan gas-gas impuritis dalam air umpan boiler dengan sistem pemanasan steam.

Laju alir = 4032,8700 kg/jam

rate volumetrik =  $4032,8700 \times 2,2046 / 62,5$

= 142,2538 ft<sup>3</sup>/jam

= 4,0283 m<sup>3</sup>/jam

Waktu tinggal = 1 jam

Volume air =  $4,0283 \times 1 = 4,0283 \text{ m}^3$

Diperkirakan air mengisi 80 % tangki

Volume tangki =  $4,0283 / 0,8 = 5,0354 \text{ m}^3$

Menentukan dimensi tangki :

Volume tangki =  $\frac{1}{4} \pi \cdot Di^2 \cdot L_s$

Diasumsikan  $L_s = 1,5 Di$

$5,0354 = \frac{1}{4} \pi \cdot Di^2 \cdot 1,5D$

$5,0354 = 1,179 Di^3$

$Di = 1,6225 \text{ m}$

Jadi tinggi tangki ( $L_s$ ) =  $1,5 \times 1,6225 = 2,4337 \text{ m}$

Menentukan tinggi tutup atas dan bawah :

$h = 0,196 Di$

$h = 2 \times 0,196 \times 1,6225 = 0,6360 \text{ m}$

Jadi tinggi total tangki =  $L_s + h$

=  $2,4337 + 0,6360 = 3,0697 \text{ m}$

**Spesifikasi Peralatan :**

Type : silinder horisontal

Tinggi : 3,0697 m

Diameter : 1,6225 m

Tutup : Standart dished head

Jumlah : 1 buah

#### 15. Tangki Umpan Boiler (F-224)

Fungsi : menampung air umpan boiler.

Laju alir = 4032,8700 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{rate volumetrik} &= 4032,8700 \times 2,2046 / 62,5 \\ &= 142,2538 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 4,0283 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Waktu tinggal = 1 jam

$$\text{Volume air} = 4,0283 \times 1 = 4,0283 \text{ m}^3$$

Diperkirakan air mengisi 80 % tangki

$$\text{Volume tangki} = 4,0283 / 0,8 = 5,0354 \text{ m}^3$$

Menentukan dimensi tangki :

$$\text{Volume tangki} = \frac{1}{4} \pi \cdot \text{Di}^2 \cdot \text{Ls}$$

$$\text{Diasumsikan } \text{Ls} = 1,5 \text{ Di}$$

$$5,0354 = \frac{1}{4} \pi \cdot \text{Di}^2 \cdot 1,5 \text{ Di}$$

$$5,0354 = 1,179 \text{ Di}^3$$

$$\text{Di} = 1,6225 \text{ m}$$

$$\text{Jadi tinggi tangki (Ls)} = 1,5 \times 1,6225 = 2,4337 \text{ m}$$

Menentukan tinggi tutup atas dan bawah :

$$h = 0,196 \text{ Di}$$

$$h = 2 \times 0,196 \times 1,6225 = 0,6360 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi tinggi total tangki} &= \text{Ls} + h \\ &= 2,4337 + 0,6360 = 3,0697 \text{ m} \end{aligned}$$

**Spesifikasi Peralatan :**

Type : silinder horisontal

Tinggi : 3,0697 m

Diameter : 1,6225 m

Tutup : Standart dished head

Jumlah : 1 buah

#### 16. Pompa Air Boiler (L-225)

Fungsi : untuk memompa air umpan boiler dari tangki air umpan boiler menuju boiler.

$$\begin{aligned} \text{Rate aliran} &= 4032,8700 \text{ kg/jam} = 8890,8652 \text{ lb/jam} \\ &= 2,4697 \text{ lb/detik} \end{aligned}$$

$$\rho = 62,5 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\mu = 0,85 \text{ Cp} \quad (\text{Fig. 14 Kern hal 823})$$

$$= 5,7118\text{E-}04 \text{ lb/ft .detik}$$

Rate Volumetrik :

$$V = \text{rate} / \rho = 8890,8652 / 62,5 = 142,2538 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0395 \text{ ft}^3/\text{det} = 2,371 \text{ ft}^3/\text{min} = 17,7367 \text{ gpm}$$

Asumsi : aliran adalah turbulen

Fig. 14-2 Timmerhaus hal 498 diperoleh di optimum = 5 in

Dari App A.5 Geankoplis hal 892 didapatkan :

$$\text{Ukuran pipa nominal (NPS)} = 5 \text{ in}$$

$$\text{Diameter luar} = 5,563 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 5,047 \text{ in} = 0,4206 \text{ ft}$$

$$\text{Inside Cross-Sectional area} = 0,1390 \text{ ft}^2$$

Pengecekan aliran :

$$V = \text{rate volumetrik} / A_o = 0,0395 = 0,139 = 0,2843 \text{ ft/det}$$

$$N_{Re} = di \times \rho \times v / \mu = 0,4206 \times 62,5 \times 0,2843 / 5,7118\text{E-}04$$

$$= 13082,9031$$

Untuk aliran turbulen,  $N_{Re} > 2100$ , maka asumsi benar.

*Perpipaan :*

Pipa lurus :

$$L_{\text{pipa}} = 60 \text{ ft}$$

Elbow 90° sebanyak 3 buah

$$L/D = 35 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{elbow}} = 35 \times ID$$

$$= 3 \times 35 \times 0,4206 = 44,1608013 \text{ ft}$$

Gate valve sebanyak 2 buah

$$L/D = 9 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{gate valve}} = 9 \times ID$$

$$= 2 \times 9 \times 0,4206 = 3,78521154 \text{ ft}$$

Globe valve sebanyak 1 buah

$$L/D = 300 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{globe valve}} = 300 \times ID$$

$$= 300 \times 0,4206 = 126,1737 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} L &= L_{\text{pipa}} + L_{\text{elbow}} + L_{\text{gate valve}} + L_{\text{globe valve}} \\ &= 60 + 44,161 + 3,785211542 + 126,1737 \\ &= 234,1197 \text{ ft} \end{aligned}$$

Bahan pipa : cast iron

Dari *Geankoplis* hal. 88, diperoleh :  $\varepsilon = 0,00026 \text{ m}$ , sehingga :

$$\varepsilon / D = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m} / 0,42 = 0,0020$$

$$f = 0,0084$$

Faktor Turbulen  $\alpha = 1$

Friksi pada pipa :

$$\begin{aligned} F_f &= 4f \Delta L v^2 / (D 2 \alpha gc) \quad (\text{Pers. 2.10-6 Geankoplis hal 89}) \\ &= 4 \times 0,0084 \times 234,1197 \times 0,2843 / (0,4206 \times 2 \times 1 \times 32,174) \\ &= 0,0235 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

Friksi pada elbow  $90^\circ$  (3 buah)

$$K_f = 0,75 \quad (\text{Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93})$$

$$\begin{aligned} h_f &= K_f v^2 / 2 \quad (\text{Pers. 2.10-17 Geankoplis hal 94}) \\ &= 3 \times 0,75 \times 0,2843 / 2 = 0,0909 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \text{friksi loss} &= F_f + h_f \\ &= 0,0235 + 0,0909 \\ &= 0,1144 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli : (Pers. 2.7-28 Geankoplis hal 97)

$$\frac{\Delta V^2}{2\alpha gc} + \frac{\Delta Z \cdot g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_r = 0$$

Direncanakan:

$$\Delta Z = 20 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta v = 0,2843 \text{ ft/det}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$\begin{aligned} -W_s &= 0,2843 / (2 \times 1 \times 32,174) + 20 \times 1 + 0,1144 \\ &= 20,1157 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= -W_s \times m / 550 = 20,1157 \times 2,4697 / 550 \\ &= 0,0903 \approx 0,5 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Efisiensi pompa = 20% (fig. 14-37 Peter Timmerhauss hal 520)

BHP = WHP /  $\eta$  pompa = 0,5 / 0,20 = 2,5 Hp

Efisiensi motor = 83% (fig 14-38 Peter Timmerhauss hal 521)

Power pompa aktual = BHP /  $\eta$  motor = 3 / 0,83

= 3,0120  $\approx$  3,5 Hp

**Spesifikasi Peralatan :**

Fungsi : Memompakan air dari bak air bersih ke kation exchanger

Tipe : Centrifugal pump.

Dimensi Pompa : di = 5,047 in

A = 0,139 ft<sup>2</sup>

Daya pompa = 3,5 Hp

Bahan : cast iron.

Jumlah : 1 buah.

Bahan : cast iron.

**17. Pompa Klorinasi (L-231)**

Fungsi : untuk mengalirkan air dari bak air bersih ke bak klorinasi.

Type : centrifugal pump

Rate aliran = 2034,4647 kg/jam = 4485,1808 lb/jam

= 1,2459 lb/detik

$\rho$  = 62,5 lbm/ft<sup>3</sup>

$\mu$  = 0,85 Cp (Fig. 14 Kern hal 823)

= 5,7118E-04 lb/ft .detik

Rate Volumetrik :

V = rate /  $\rho$  = 4485,1808 / 62,5 = 71,7629 ft<sup>3</sup>/jam

= 0,0199 ft<sup>3</sup>/det = 1,196 ft<sup>3</sup>/min = 8,9476 gpm

Asumsi : aliran adalah turbulen

Fig. 14-2 Timmerhaus hal 498 diperoleh di optimum = 3 in

Dari App A.5 Geankoplis hal 892 didapatkan :

Ukuran pipa nominal (NPS) = 3 in

Diameter luar = 3,5 in

Diameter dalam = 3,068 in = 0,2557 ft

Inside Cross-Sectional area = 0,0513 ft<sup>2</sup>

Pengecekan aliran :

$$V = \text{rate volumetrik} / A_o = 0,0199 / 0,0513 = 0,3886 \text{ ft/det}$$

$$N_{Re} = d_i \times \rho \times v / \mu = 0,2557 \times 62,5 \times 0,3886 / 5,7118E-04 \\ = 10870,7508$$

Untuk aliran turbulen,  $N_{Re} > 2100$ , maka asumsi benar.

*Perpipaan :*

Pipa lurus :

$$L_{\text{pipa}} = 60 \text{ ft}$$

Elbow 90° sebanyak 3 buah

$$L/D = 35 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{elbow}} = 35 \times ID$$

$$= 3 \times 35 \times 0,2557 = 26,8447273 \text{ ft}$$

Gate valve sebanyak 2 buah

$$L/D = 9 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{gate valve}} = 9 \times ID$$

$$= 2 \times 9 \times 0,2557 = 2,30097662 \text{ ft}$$

Globe valve sebanyak 1 buah

$$L/D = 300 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{globe valve}} = 300 \times ID$$

$$= 300 \times 0,2557 = 76,6992 \text{ ft}$$

$$L = L_{\text{pipa}} + L_{\text{elbow}} + L_{\text{gate valve}} + L_{\text{globe valve}}$$

$$= 60 + 26,845 + 2,300976622 + 76,6992$$

$$= 165,8449 \text{ ft}$$

Bahan pipa : cast iron

Dari *Geankoplis* hal. 88, diperoleh :  $\epsilon = 0,00026 \text{ m}$ , sehingga :

$$\epsilon / D = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m} / 0,256 = 0,0033$$

$$f = 0,009$$

Faktor Turbulen  $\alpha = 1$

Friksi pada pipa :

$$F_f = 4f \Delta L v^2 / ( D 2 \alpha g_c ) \text{ (Pers. 2.10-6 Geankoplis hal 89)}$$

$$= 4 \times 0,009 \times 165,8449 \times 0,3886 / ( 0,2557 \times 2 \times 1 \times 32,174 )$$

$$= 0,0548 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Friksi pada elbow 90° (3 buah)

$K_f = 0,75$  (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)

$h_f = K_f v^2 / 2$  (Pers. 2.10-17 Geankoplis hal 94)

$$= 3 \times 0,75 \times 0,3886^2 / 2 = 0,1699 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$\sum$  friksi loss =  $F_f + h_f$

$$= 0,0548 + 0,1699$$

$$= 0,2247 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Persamaan Bernoulli : (Pers. 2.7-28 Geankoplis hal 97)

$$\frac{\Delta V^2}{2\alpha gc} + \frac{\Delta Z \cdot g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_r = 0$$

Direncanakan:

$$\Delta Z = 20 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta v = 0,3886 \text{ ft/det}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$-W_s = 0,3886 / ( 2 \times 1 \times 32,174 ) + 20 \times 1 + 0,2247$$

$$= 20,2270 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{WHP} = -W_s \times m / 550 = 20,2270 \times 1,2459 / 550$$

$$= 0,0458 \approx 0,1 \text{ Hp}$$

Efisiensi pompa = 18% (fig. 14-37 Peter Timmerhauss hal 520)

$$\text{BHP} = \text{WHP} / \eta \text{ pompa} = 0,1 / 0,18 = 0,6 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 80% (fig 14-38 Peter Timmerhauss hal 521)

$$\text{Power pompa aktual} = \text{BHP} / \eta \text{ motor} = 0,6 / 0,80$$

$$= 0,6944 \approx 1 \text{ Hp}$$

**Spesifikasi Peralatan :**

Fungsi : Memompakan air dari bak air bersih ke kation exchanger

Tipe : Centrifugal pump.

Dimensi Pompa :  $d_i = 3,068 \text{ in}$

$$A = 0,0513 \text{ ft}^2$$

Daya pompa = 1 Hp

Bahan : cast iron.



Jumlah : 1 buah.

Bahan : cast iron.

### 18. Bak Klorinasi (F-230)

Fungsi : menampung air bersih dan tempat penambahan desinfektan.

Laju alir = 2034,4647 kg/jam = 48827,1520 kg/hari

Rate volumterik =  $2034,4647 \times 2,2046 / 62,5$

= 71,7629 ft<sup>3</sup>/jam

= 2,0322 m<sup>3</sup>/jam

Waktu tinggal = 5 jam

Volume air =  $2,0322 \times 5 = 10,1609 \text{ m}^3$

Diperkirakan air mengisi 80 % tangki

Volume tangki =  $10,1609 / 0,8 = 12,7011 \text{ m}^3$

Direncanakan bak berbentuk silinder (tutup atas dan dasar rata) dan direncanakan tinggi bak,  $H = 1,5 \cdot D$

Volume tangki =  $\frac{1}{4} \pi \cdot D_i^2 \cdot H$

Diasumsikan  $L_s = 1,5 D_i$

$12,7011 = \frac{1}{4} \pi \cdot D_i^2 \cdot 1,5D$

$12,7011 = 1,179 D_i^3$

$D_i = 2,2086 \text{ m}$

Jadi tinggi tangki (H) =  $1,5 \times 2,2086 = 3,3128 \text{ m}$

Klorin diperlukan tiap 100 ton air = 0,01 kg

Kebutuhan klorin pertahun =  $48827,1520 \times 0,01 \times 330 / 100000$

= 1,61129602 kg/tahun

#### Spesifikasi Peralatan :

Type : silinder

Tinggi : 3,3128 m

Diameter : 2,2086 m

Bahan : High alloy Steel SA-240 Grade M Type 316

Jumlah : 1 buah

### 19. Pompa Bak Air Sanitasi (L-232)

Fungsi : untuk mengalirkan air dari bak klorinasi ke bak air sanitasi.

Type : centrifugal pump

Rate aliran = 2034,4647 kg/jam = 4485,1808 lb/jam

$$= 1,2459 \text{ lb/detik}$$

$$\rho = 62,5 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\mu = 0,85 \text{ Cp} \quad (\text{Fig. 14 Kern hal 823})$$

$$= 5,7118\text{E-}04 \text{ lb/ft} \cdot \text{detik}$$

Rate Volumetrik :

$$V = \text{rate} / \rho = 4485,1808 / 62,5 = 71,7629 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0199 \text{ ft}^3/\text{det} = 1,196 \text{ ft}^3/\text{min} = 8,9476 \text{ gpm}$$

Asumsi : aliran adalah turbulen

Fig. 14-2 Timmerhaus hal 498 diperoleh di optimum = 3 in

Dari App A.5 Geankoplis hal 892 didapatkan :

$$\text{Ukuran pipa nominal (NPS)} = 3 \text{ in}$$

$$\text{Diameter luar} = 3,5 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 3,068 \text{ in} = 0,2557 \text{ ft}$$

$$\text{Inside Cross-Sectional area} = 0,0513 \text{ ft}^2$$

Pengecekan aliran :

$$V = \text{rate volumetrik} / A_o = 0,0199 / 0,0513 = 0,3886 \text{ ft/det}$$

$$N_{Re} = di \times \rho \times v / \mu = 0,2557 \times 62,5 \times 0,3886 / 5,7118\text{E-}04$$

$$= 10870,7508$$

Untuk aliran turbulen,  $N_{Re} > 2100$ , maka asumsi benar.

*Perpipaan :*

Pipa lurus :

$$L_{\text{pipa}} = 30 \text{ ft}$$

Elbow 90° sebanyak 3 buah

$$L/D = 35 \quad (\text{Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93})$$

$$L_{\text{elbow}} = 35 \times ID$$

$$= 3 \times 35 \times 0,2557 = 26,8447273 \text{ ft}$$

Gate valve sebanyak 2 buah

$$L/D = 9 \quad (\text{Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93})$$

$$L_{\text{gate valve}} = 9 \times ID$$

$$= 2 \times 9 \times 0,2557 = 2,30097662 \text{ ft}$$

Globe valve sebanyak 1 buah

$$L/D = 300 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{globe valve}} &= 300 \times ID \\ &= 300 \times 0,2557 = 76,6992 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= L_{\text{pipa}} + L_{\text{elbow}} + L_{\text{gate valve}} + L_{\text{globe valve}} \\ &= 30 + 26,845 + 2,300976622 + 76,6992 \\ &= 135,8449 \text{ ft} \end{aligned}$$

Bahan pipa : cast iron

Dari *Geankoplis* hal. 88, diperoleh :  $\epsilon = 0,00026 \text{ m}$ , sehingga :

$$\epsilon / D = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m} / 0,256 = 0,0033$$

$$f = 0,009$$

Faktor Turbulen  $\alpha = 1$

Friksi pada pipa :

$$\begin{aligned} F_f &= 4f \Delta L v^2 / ( D 2 \alpha g_c ) \text{ (Pers. 2.10-6 Geankoplis hal 89)} \\ &= 4 \times 0,009 \times 135,8449 \times 0,3886 / ( 0,2557 \times 2 \times 1 \times 32,174 ) \\ &= 0,0449 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

Friksi pada elbow  $90^\circ$  (3 buah)

$$\begin{aligned} K_f &= 0,75 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)} \\ h_f &= K_f v^2 / 2 \text{ (Pers. 2.10-17 Geankoplis hal 94)} \\ &= 3 \times 0,75 \times 0,3886 / 2 = 0,1699 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\sum \text{friksi loss} = F_f + h_f$$

$$= 0,0449 + 0,1699$$

$$= 0,2148 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Persamaan Bernoulli : (Pers. 2.7-28 Geankoplis hal 97)

$$\frac{\Delta V^2}{2\alpha g_c} + \frac{\Delta Z \cdot g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_r = 0$$

Direncanakan:

$$\Delta Z = 20 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta v = 0,3886 \text{ ft/det}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$-W_s = 0,3886 / (2 \times 1 \times 32,174) + 20 \times 1 + 0,2148$$

$$= 20,2171 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{WHP} = -W_s \times m / 550 = 20,2171 \times 1,2459 / 550$$

$$= 0,0458 \approx 0,1 \text{ Hp}$$

Efisiensi pompa = 18% (fig. 14-37 Peter Timmerhauss hal 520)

$$\text{BHP} = \text{WHP} / \eta = 0,1 / 0,18 = 0,6 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 80% (fig 14-38 Peter Timmerhauss hal 521)

$$\text{Power pompa aktual} = \text{BHP} / \eta \text{ motor} = 0,6 / 0,80$$

$$= 0,6944 \approx 1 \text{ Hp}$$

#### Spesifikasi Peralatan :

Fungsi : Memompakan air dari bak air bersih ke kation exchanger

Tipe : Centrifugal pump.

Dimensi Pompa :  $d_i = 3,068 \text{ in}$

$$A = 0,0513 \text{ ft}^2$$

Daya pompa = 1 Hp

Bahan : cast iron.

Jumlah : 1 buah.

Bahan : cast iron.

#### 20. Bak Air Sanitasi (F-233)

Fungsi : menampung air sanitasi.

Laju alir = 2034,4647 kg/jam

Rate volumterik =  $2034,4647 \times 2,2046 / 62,5$

$$= 71,7629 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 2,0322 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Waktu tinggal = 3 jam

$$\text{Volume air} = 2,0322 \times 3 = 6,0965 \text{ m}^3$$

Diperkirakan air mengisi 80 % bak

$$\text{Volume bak} = 6,0965 / 0,8 = 7,6206 \text{ m}^3$$

Direncanakan bak berbentuk silinder (tutup atas dan dasar rata) dan

direncanakan tinggi bak,  $H = 1,5 \cdot D$

$$\text{Volume tangki} = \frac{1}{4} \pi \cdot D_i^2 \cdot H$$

Diasumsikan  $L_s = 1,5 D_i$

$$7,6206 = \frac{1}{4} \pi \cdot D_i^2 \cdot 1,5D$$

$$7,6206 = 1,179 D_i^3$$

$$D_i = 1,8628 \text{ m}$$

$$\text{Jadi tinggi tangki (H)} = 1,5 \times 1,8628 = 2,7942 \text{ m}$$

### Spesifikasi Peralatan :

Type : silinder

Tinggi : 2,7942 m

Diameter : 1,8628 m

Bahan : High alloy Steel SA-240 Grade M Type 316

Jumlah : 1 buah

### 21 Pompa ke Bak Air Pendingin (L-241)

Fungsi : untuk mengalirkan air dari bak air bersih ke bak air pendingin

Type : centrifugal pump

$$\text{Rate aliran} = 171193,1040 \text{ kg/jam} = 377412,3171 \text{ lb/jam}$$

$$= 104,8368 \text{ lb/detik}$$

$$\rho = 62,5 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\mu = 0,85 \text{ Cp} \quad (\text{Fig. 14 Kern hal 823})$$

$$= 5,7118\text{E-}04 \text{ lb/ft} \cdot \text{detik}$$

Rate Volumetrik :

$$V = \text{rate} / \rho = 377412,3171 / 62,5 = 6038,5971 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 1,6774 \text{ ft}^3/\text{det} = 100,643 \text{ ft}^3/\text{min} = 752,9124 \text{ gpm}$$

Asumsi : aliran adalah turbulen

Fig. 14-2 Timmerhaus hal 498 diperoleh di optimum = 3 in

Dari App A.5 Geankoplis hal 892 didapatkan :

$$\text{Ukuran pipa nominal (NPS)} = 3 \text{ in}$$

$$\text{Diameter luar} = 3,5 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 3,068 \text{ in} = 0,2557 \text{ ft}$$

$$\text{Inside Cross-Sectional area} = 0,0513 \text{ ft}^2$$

Pengecekan aliran :

$$V = \text{rate volumetrik} / A_o = 1,6774 / 0,0513 = 32,6976 \text{ ft/det}$$

$$N_{Re} = d_i \times \rho \times v / \mu = 0,2557 \times 62,5 \times 32,6976 / 5,7118\text{E-}04$$

$$= 914735,7528$$

Untuk aliran turbulen,  $N_{Re} > 2100$ , maka asumsi benar.

Perpipaan :

Pipa lurus :

$$L_{\text{pipa}} = 30 \text{ ft}$$

Elbow 90° sebanyak 3 buah

$$L/D = 35 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{elbow}} = 35 \times ID$$

$$= 3 \times 35 \times 0,2557 = 26,8447273 \text{ ft}$$

Gate valve sebanyak 2 buah

$$L/D = 9 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{gate valve}} = 9 \times ID$$

$$= 2 \times 9 \times 0,2557 = 2,30097662 \text{ ft}$$

Globe valve sebanyak 1 buah

$$L/D = 300 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{globe valve}} = 300 \times ID$$

$$= 300 \times 0,2557 = 76,6992 \text{ ft}$$

$$L = L_{\text{pipa}} + L_{\text{elbow}} + L_{\text{gate valve}} + L_{\text{globe valve}}$$

$$= 30 + 26,845 + 2,300976622 + 76,6992$$

$$= 135,8449 \text{ ft}$$

Bahan pipa : cast iron

Dari *Geankoplis* hal. 88, diperoleh :  $\epsilon = 0,00026 \text{ m}$ , sehingga :

$$\epsilon / D = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m} / 0,256 = 0,0033$$

$$f = 0,009$$

Faktor Turbulen  $\alpha = 1$

Friksi pada pipa :

$$F_f = 4f \Delta L v^2 / (D 2 \alpha gc) \text{ (Pers. 2.10-6 Geankoplis hal 89)}$$

$$= 4 \times 0,009 \times 135,8449 \times 32,6976 / (0,2557 \times 2 \times 1 \times 32,174)$$

$$= 317,814 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Friksi pada elbow 90° (3 buah)

$$K_f = 0,75 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$h_f = K_f v^2 / 2 \text{ (Pers. 2.10-17 Geankoplis hal 94)}$$

$$= 3 \times 0,75 \times 32,6976 / 2 = 1202,78 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\begin{aligned}\Sigma \text{ friksi loss} &= F_f + h_f \\ &= 317,8144 + 1202,7764 \\ &= 1520,591 \text{ ft.lbf/lbm}\end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli : (Pers. 2.7-28 Geankoplis hal 97)

$$\frac{\Delta V^2}{2\alpha gc} + \frac{\Delta Z \cdot g}{gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F + W_r = 0$$

Direncanakan:

$$\Delta Z = 20 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta v = 32,6976 \text{ ft/det}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$\begin{aligned}-W_s &= 32,6976 / (2 \times 1 \times 32,174) + 20 \times 1 + 1520,5908 \\ &= 1557,21 \text{ ft.lbf/lbm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{WHP} &= -W_s \times m / 550 = 1557,2057 \times 104,8368 / 550 \\ &= 296,8225 \approx 0,1 \text{ Hp}\end{aligned}$$

Efisiensi pompa = 18% (fig. 14-37 Peter Timmerhauss hal 520)

$$\text{BHP} = \text{WHP} / \eta \text{ pompa} = 0,1 / 0,18 = 0,6 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 80% (fig 14-38 Peter Timmerhauss hal 521)

$$\begin{aligned}\text{Power pompa aktual} &= \text{BHP} / \eta \text{ motor} = 0,6 / 0,80 \\ &= 0,6944 \approx 1 \text{ Hp}\end{aligned}$$

### Spesifikasi Peralatan :

Fungsi : Memompakan air dari bak air bersih ke kation exchanger

Tipe : Centrifugal pump.

Dimensi Pompa : di = 3,068 in

$$A = 0,0513 \text{ ft}^2$$

Daya pompa = 1 Hp

Bahan : cast iron.

Jumlah : 1 buah.

Bahan : cast iron.

### 22 Bak Air Pendingin

Fungsi : menampung air sanitasi. Untuk menampung air pendingin

Laju alir = 171193,1040 kg/jam

$$\text{Rate volumetrik} = 171193,1040 \times 2,2046 / 62,5$$

$$= 6038,5971 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 171,0003 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 5 \text{ jam}$$

$$\text{Volume air} = 171,0003 \times 5 = 855,0013 \text{ m}^3$$

Diperkirakan air mengisi 80 % bak

$$\text{Volume bak} = 855,0013 / 0,8 = 1068,7517 \text{ m}^3$$

Direncanakan kecepatan aliran pada bak pendingin = 0,8 m/s

Luas bak air pendingin :

$$A = \text{Rate volumetris} / \text{Kecepatan aliran}$$

$$= 171,000 / 0,8 = 213,75 \text{ m}$$

Tinggi bak air pendingin:

$$\text{Tinggi} = \text{Volume bak} / A = 1068,7517 / 213,75 = 5,0 \text{ m}$$

Bak berbentuk persegi panjang dengan ratio:

$$\text{Panjang} : \text{lebar} = 5 : 3$$

$$\text{Volume bak} / \text{tinggi} = (5 \cdot x \text{ m}) \times (3 \cdot x \text{ m})$$

sehingga :

$$\text{Volume bak} / \text{tinggi} = 15 X^2$$

$$213,75 \text{ m}^2 = 15 X^2$$

$$X = 3,77 \text{ m}$$

Jadi ukuran bak pendingin

$$\text{- Panjang} = 18,9 \text{ m}$$

$$\text{- Lebar} = 11,3 \text{ m}$$

$$\text{- Tinggi} = 3,77 \text{ m}$$

**Spesifikasi Peralatan :**

Fungsi : Menampung air pendingin dari bak air bersih dan dari CT

Tinggi : 4,0000 m

Panjang : 19,0000 m

Bahan : beton bertulang

Jumlah : 1 buah

### 23. Pompa dari Bak Air Pendingin



Fungsi Untuk mengalirkan air dari bak air pendingin ke peralatan

Type : centrifugal pump

Rate aliran = 171193,1040 kg/jam = 377412,3171 lb/jam

= 104,8368 lb/detik

$\rho = 62,5 \text{ lbm/ft}^3$

$\mu = 0,85 \text{ Cp}$  (Fig. 14 Kern hal 823)

= 5,7118E-04 lb/ft .detik

Rate Volumetrik :

$V = \text{rate} / \rho = 377412,3171 / 62,5 = 6038,5971 \text{ ft}^3/\text{jam}$

= 1,6774 ft<sup>3</sup>/det = 100,643 ft<sup>3</sup>/min = 752,9124 gpm

Asumsi : aliran adalah turbulen

Pers. Timmerhaus hal 525 diperoleh di optimum = 8,4 in

Dari App A.5 Geankoplis hal 892 didapatkan :

Ukuran pipa nominal (NPS) = 8 in Sch 40

Diameter luar = 8,625 in

Diameter dalam = 7,981 in = 0,6651 ft

Inside Cross-Sectional area = 0,3474 ft<sup>2</sup>

Pengecekan aliran :

$V = \text{rate volumetrik} / A_o = 1,6774 / 0,347 = 4,8284 \text{ ft/det}$

$N_{Re} = di \times \rho \times v / \mu = 0,6651 \times 62,5 \times 4,8284 / 5,7118E-04$

= 351386,5715

Untuk aliran turbulen,  $N_{Re} > 2100$ , maka asumsi benar.

*Perpipaan :*

Pipa lurus :

$L_{\text{pipa}} = 30 \text{ ft}$

Elbow 90° sebanyak 3 buah

$L/D = 35$  (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)

$L_{\text{elbow}} = 35 \times ID$

= 3 × 35 × 0,6651 = 69,8330405 ft

Gate valve sebanyak 2 buah

$L/D = 9$  (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)

$L_{\text{gate valve}} = 9 \times ID$

$$= 2 \times 9 \times 0,6651 = 5,98568918 \text{ ft}$$

Globe valve sebanyak 1 buah

$$L/D = 300 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$L_{\text{globe valve}} = 300 \times ID$$

$$= 300 \times 0,6651 = 199,5230 \text{ ft}$$

$$L = L_{\text{pipa}} + L_{\text{elbow}} + L_{\text{gate valve}} + L_{\text{globe valve}}$$

$$= 30 + 69,833 + 5,985689185 + 199,5230$$

$$= 305,3417 \text{ ft}$$

Bahan pipa : cast iron

Dari *Geankoplis* hal. 88, diperoleh :  $\varepsilon = 0,00026 \text{ m}$ , sehingga :

$$\varepsilon / D = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m} \times 3,2808 \text{ ft/m} / 0,665 = 0,0013$$

$$f = 0,009$$

Faktor Turbulen  $\alpha = 1$

Friksi pada pipa :

$$F_f = 4f \Delta L v^2 / ( D 2 \alpha g_c ) \text{ (Pers. 2.10-6 Geankoplis hal 89)}$$

$$= 4 \times 0,009 \times 305,3417 \times 4,8284 / ( 0,6651 \times 2 \times 1 \times 32,174 )$$

$$= 5,988 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Friksi pada elbow  $90^\circ$  (3 buah)

$$K_f = 0,75 \text{ (Tabel 2.10-1 Geankoplis hal 93)}$$

$$h_f = K_f v^2 / 2 \text{ (Pers. 2.10-17 Geankoplis hal 94)}$$

$$= 3 \times 0,75 \times 4,8284 / 2 = 26,23 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\sum \text{friksi loss} = F_f + h_f$$

$$= 5,9881 + 26,2277$$

$$= 32,216 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Persamaan Bernoulli : (Pers. 2.7-28 Geankoplis hal 97)

$$\frac{\Delta V^2}{2\alpha g_c} + \frac{\Delta Z \cdot g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_r = 0$$

Direncanakan:

$$\Delta Z = 20 \text{ ft}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta v = 4,8284 \text{ ft/det}$$

Sehingga diperoleh harga :

$$-W_s = 4,8284 / (2 \times 1 \times 32,174) + 20 \times 1 + 32,2158$$

$$= 52,58 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{WHP} = -W_s \times m / 550 = 52,5781 \times 104,8368 / 550$$

$$= 10,0220 \approx 0,1 \text{ Hp}$$

Efisiensi pompa = 18% (fig. 14-37 Peter Timmerhauss hal 520)

$$\text{BHP} = \text{WHP} / \eta \text{ pompa} = 0,1 / 0,18 = 0,6 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 80% (fig 14-38 Peter Timmerhauss hal 521)

$$\text{Power pompa aktual} = \text{BHP} / \eta \text{ motor} = 0,6 / 0,80$$

$$= 0,6944 \approx 1 \text{ Hp}$$

#### Spesifikasi Peralatan :

Fungsi	: Memompakan air dari bak air pendingin ke peralatan
Tipe	: Centrifugal pump.
Dimensi Pompa :	$d_i = 7,981 \text{ in}$ $A = 0,3474 \text{ ft}^2$
Daya pompa	= 1 Hp
Bahan	: cast iron.
Jumlah	: 1 buah.
Bahan	: cast iron.

#### 24. Cooling Tower

Fungsi : Untuk mendinginkan air pendingin setelah lewat proses

Perhitungan :

$$\text{Rate aliran} = 171193,104 \text{ kg/jam} = 377418,1618 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ campuran} = 997,08 \text{ kg/m}^3 = 62,43 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ campuran} = 0,8007 \text{ cP} = 0,001 \text{ lb/ft.det}$$

#### Menghitung Rate Volumetrik

$$\text{Rate Volumetrik} : Q = m / \rho$$

$$= 1,67929486 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$= 100,757692 \text{ ft}^3/\text{m} = 753,768292 \text{ gpm}$$

$$\text{Suhu welt bulb udara} = 25^\circ\text{C} = 77^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu air masuk ke menara} = 45^\circ\text{C} = 113^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu air pendingin} = 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$$

Digunakan *counter flow encluced draft tower*, dari Perry's gambar 12-14 hal 12-15

Luas yang dibutuhkan (A) =  $753,768292 / 3 \text{ gpm/ft}^2 = 251,2561 \text{ ft}^2$

**Menghitung Diameter:**

$$\text{Luas} = (\pi/4) \cdot d^2$$

$$251,2560973 = (3,14/4) \cdot D^2$$

$$d^2 = 320,0715$$

$$d = 17,9 \text{ ft}$$

**Menghitung Volume:**

Direncanakan tinggi tower (L) = 1,5 d

$$L = 1,5 \times 17,9$$

$$= 27 \text{ ft}$$

$$V = (\pi/4) \cdot D^2 \cdot L$$

$$= (3,14/4) \times 18 \text{ ft} \times 26,8 \text{ ft}$$

$$= 376,8841 \text{ ft}^3$$

Dari Perry's edisi 5 gambar 12-15 hal 12-15, didapatkan *Standart power performance* adalah 100% maka:

$$\text{Hp fan/luas tower area (ft}^2\text{)} = 0,041 \text{ Hp/ft}^2$$

$$\text{Hp fan} = 0,04 \text{ Hp/ft}^2 \times \text{Luas tower (ft}^2\text{)}$$

$$= 0,04 \text{ Hp/ft}^2 \times 251,26 \text{ ft}^2$$

$$= 10,3 \text{ Hp} \quad 10 \text{ Hp}$$

**Spesifikasi cooling tower:**

Fungsi : Untuk mendinginkan air pendingin setelah lewat proses

Diameter : 17,9 ft

Tinggi : 26,8 ft

Daya : 10 Hp

**C. Unit penyediaan listrik**

Unit tenaga listrik digunakan untuk menggerakkan motor, penerangan, instrumentasi, dan lain-lain dipenuhi sendiri oleh generator.

- Perincian kebutuhan listrik untuk proses :

a. Daerah proses produksi

Tabel C.1 Pemakaian daya peralatan proses

Kode Alat	Nama Alat	Jumlah	Daya	Hp
J-112	Belt Conveyor	1	0,5	0,5
R-120	Reaktor netralisasi	1	5	5
M-118	mixer	1	1	1
E-113	melter	1	2	2
J-119	Belt Conveyor NaCl	1	0,5	0,5
P-128 B	Screw Conveyor	1	0,5	0,5
P-128 D	Screw Conveyor	1	0,5	0,5
P128C	Amalgammator	1	250	250
P-128E	Plodder	1	150	150
L-114 A,B	Pompa Multistage	2	50	100
L-119	Pompa	1	0,5	0,5
L-126 A	Pompa	1	0	0
L-126 B	Pompa	1	0,5	0,5
L-126 C	Pompa	1	0,5	0,5
L-126 D	Pompa	1	0,5	0,5
L-126 E	Pompa	1	0,5	0,5
<b>TOTAL</b>				512,5

## b. Daerah pengolahan

Tabel C.2 Pemakaian daya peralatan pengolahan air

Kode Alat	Nama Alat	Jumlah	Daya	Hp
L-211	Pompa Air Sungai	2	8,5	17
L-213	Pompa Bak Skimer	2	8,5	17
L-215	Pompa Bak Sedimentasi	2	8,5	17
F-216	Tangki Clarifier	2	0,4	0,8
L-219	Pompa Demineralizer	2	8,5	17
L-222	Pompa Deaerator	1	3,5	3,5
	Pompa ke bak pendingin	1	1	1

	Pompa ke peralatan	1	1	1
	Cooling Tower	1	10	10
L-225	Pompa Boiler	1	3,5	3,5
L-231	Pompa Klorinasi	1	0,1	0,1
L-232	Pompa Air Sanitasi	1	0,7	0,7
	<b>TOTAL</b>			<b>88,6</b>

Jadi total kebutuhan listrik untuk motor penggerak :

$$= 512,5 + 88,6$$

$$= 601,1 \text{ Hp} = 448,2403 \text{ kW}$$

- Kebutuhan listrik untuk penerangan

Untuk keperluan penerangan dapat diperoleh dengan mengetahui luas bangunan dan areal tanah dengan menggunakan rumus :

Dimana :

L = Lumen outlet

A = Luas daerah

F = Foot candle

U = Koefisien utilitas = 0,8

D = Effisiensi rata-rata penerangan = 0,75

Tabel C.3 Kebutuhan daya untuk penerangan

No	Lokasi	Luas (ft <sup>2</sup> )	Candle(ft)	Lumen
1	Pos keamanan	269,1	3	807,3
2	Parkir pegawai	1076,4	3	3229,2
3	Parkir tamu	1614,6	3	4843,8
4	Taman	4305,6	5	21528
5	Mushalla	2691	5	13455
6	Toilet	96,876	3	290,63
7	Timbangan	645,84	5	3229,2
8	Ruang operator timbangan	269,1	5	1345,5
9	Aula	5382	20	107640
10	Ruangan R & D	2368,08	10	23680,8

11	Ruang bongkar muat bahan baku	9687,6	15	145314
12	Ruang pengawas bahan baku	269,1	5	1345,5
13	Ruang pengambilan sampel	430,56	5	2152,8
14	Ruang kepala pabrik	1614,6	5	8073
15	Ruang staff	4305,6	5	21528
16	Perpustakaan	2691	5	13455
17	Kantin	2260,44	5	11302,2
18	Ruang pemadam kebakaran	2152,8	5	10764
19	Bengkel	2798,64	10	27986,4
20	Garasi	2583,36	5	12916,8
21	Ruang staff/pengawas	1076,4	5	5382
22	Ruang produksi	32292	30	968760
23	Laboratorium	2152,8	10	21528
24	Ruang generator	2691	5	13455
25	Gudang bahan baku	4305,6	5	21528
26	Tangki bahan baku & hasil samping	3229,2	5	16146
27	Gudang produk	4305,6	5	21528
28	Utilitas	4305,6	10	43056
29	IPAL	16146	5	80730
				1627000,13

Untuk taman, utilitas, area proses, dipakai lampu mercury 250 watt dengan output lumen 10000.

Dari perhitungan diatas didapatkan :

Lumen untuk utilitas = 43056

Lumen untuk areal produksi = 968760

Total = 1033344

Jumlah lampu mercury yang dibutuhkan :

=  $1033344 / 10000 = 103,33 \approx 104$  buah

Untuk penerangan daerah lainnya digunakan lampu TL 40 watt dengan output lumen 2000.

Jumlah lampu TL yang dibutuhkan =  $(1627000,13 - 1033344) / 2000$

$$= 296,83 \approx 297 \text{ buah}$$

Maka kebutuhan listrik untuk penerangan :

$$104 \times 250 + 297 \times 40 = 37,88 \text{ KW}$$

Total kebutuhan listrik = listrik proses + listrik penerangan

$$= 448,24 + 37,88 \text{ KW}$$

$$= 486,12 \text{ KW}$$

Untuk menjamin kelancaran proses produksi maka kebutuhan listrik sepenuhnya dipenuhi oleh generator.

Power faktor untuk generator = 0,75

Power yang harus dibangkitkan oleh generator =  $486,12 / 0,75$

$$= 648,16$$

Menggunakan generator dengan pembangkit berkekuatan = 650 KW

- Boiler

Rate aliran = 4839,4440 kg/jam = 10669,0382 lb/jam

Densitas = 55 lb/ft<sup>3</sup>

Viskositas = 0,0027 lb/ft.s

Rate volumetrik =  $10669,0382 / 55 = 193,9825 \text{ ft}^3/\text{jam}$

$$= 5,4932 \text{ m}^3/\text{jam} = 5493,1735 \text{ L/jam}$$

#### D. Unit penyediaan bahan bakar

Untuk kebutuhan bahan bakar boiler = 131836,1632 L/hari

- Generator

Tenaga generator = 635 KW

$$1 \text{ KW} = 81.891,27 \text{ Btu/hari}$$

Tenaga generator =  $635 \times 81.891,27$

$$= 52000956,45 \text{ Btu/hari}$$

Bahan bakar yang dipakai adalah diesel oil.

Hv = 19000 Btu/lb

$\rho = 55 \text{ lb/ft}^3$  (881 kg/m<sup>3</sup>)

Effisiensi generator = 80 %

Kebutuhan bahan bakar =  $52000956,45 / (19000 \times 0,8)$

$$= 3421,11556 \text{ lb/hari} = 7542,1914 \text{ kg/hari}$$

$$= 8,560943649 \text{ m}^3/\text{hari}$$



$$= 8560,94 \text{ L/hari}$$

$$\text{Kebutuhan bahan bakar total} = 131836,1632 + 8560,94$$

$$= 140397,11 \text{ L/hari}$$

- Tangki Bahan Bakar

Berfungsi untuk menampung bahan bakar yang akan digunakan, direncanakan menampung selama 10 hari.

$$= 140397,11 \times 10 = 1403971,1 \text{ L}$$

$$= 1403,9711 \text{ m}^3$$

Direncanakan tangki bahan bakar yang digunakan sebanyak 4 buah

$$= 1403,9711 / 4 = 350,9928 \text{ m}^3$$

Jika volume bahan bakar mengisi 0,8 volume tangki, maka :

$$\text{Volume tangki} = 350,9928 / 0,8 = 438,7410 \text{ m}^3$$

Direncanakan tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk datar.

Ditetapkan  $H = D$

$$\text{Volume tangki} = \frac{1}{4} \pi \cdot D_i^2 \cdot H$$

$$438,7410 = \frac{1}{4} \pi \cdot D_i^2 \cdot D$$

$$438,7410 = 0,785 D_i^3$$

$$D_i = 8,2372 \text{ m}$$

Jadi tinggi tangki (H) = 8,2372 m

Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA-240 Grade M Type 316

**APPENDIKS E**  
**PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI**

**A. 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 mengkonveksi harga peralatan pada masa lalu sehingga diperoleh harga saat ini maka digunakan persamaan :

$$C_x = C_k \times \frac{I_x}{I_k} \quad (\text{Peters and Timmerhaus, hal. 164})$$

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 menaksir harga alat yang sama dengan kapasitas yang berbeda digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_A = V_B \left( \frac{C_A}{C_B} \right)^n \quad (\text{Peter and Timmerhaus, hal. 169})$$

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

(Peter and Timmerhaus, hal. 170)

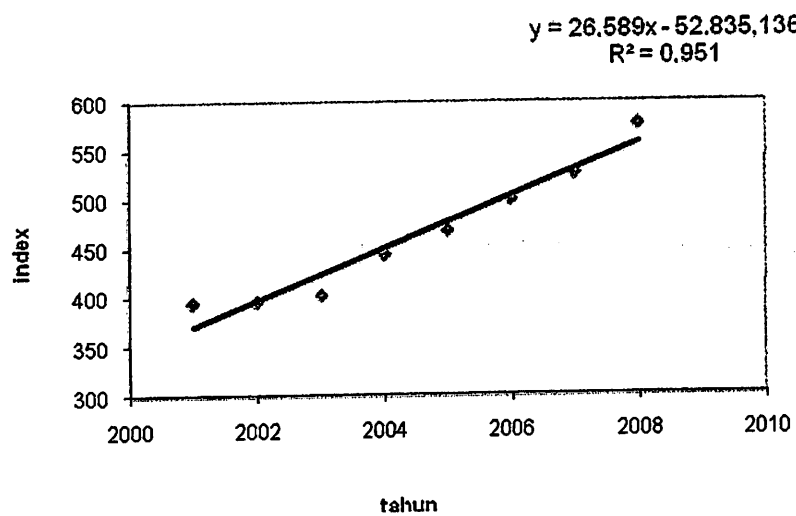
Harga alat dalam pra rencana pabrik *Kuprisulfatpentahidrat* didasarkan pada harga alat yang terdapat pada *CEP*

**Tabel E.1 Indeks harga alat pada tahun sebelum evaluasi**

Tahun	CEPCI
2001	394,3
2002	395,6
2003	402,0
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4

Sumber : *Chemical Engineering Magazine*, April 2009

Dari data di atas selanjutnya dibuat persamaan yang menghubungkan tahun dengan CEPCI dengan cara regresi linier.



Kenaikan harga tiap tahun merupakan fungsi linier, tahun dan indeks harga tahun k merupakan persamaan garis lurus, sehingga:

$$y = ax - b$$

Dimana:

$$b = \text{konstanta}$$

$$a = \text{gradien}$$

$$x = \text{tahun}$$

$$y = \text{indeks harga}$$

Indeks harga pada tahun 2003 adalah:

$$2003 = 26,589 x - 52.835,139$$

$$x = 422.628$$

Indeks harga pada tahun 2014 adalah:

$$2014 = 26,589 x - 52.835,139$$

$$x = 715,1$$

## B. Harga peralatan

Dengan menggunakan rumus-rumus pada metode penafsiran harga didapatkan harga peralatan proses seperti tabel E.2 dan harga peralatan utilitas pada tabel E.3.

Contoh perhitungan peralatan:

Nama alat : Crew conveyer

Ukuran : panjang 120 ft

Bahan konstruksi : Carbon steel SA 240 Grade M Type 316

Dari [http://: www.matche.com/EquipCost/html](http://www.matche.com/EquipCost/html) diperoleh:

Harga alat tahun 2003 : \$ 7900

Sehingga harga screw conveyer tahun 2014

$$= \frac{\text{indeks tahun 2014}}{\text{indeks tahun 2003}} \times \text{harga tahun 2003}$$

$$= \frac{715,1}{402} \times \$7900$$

$$= \$140.529,602$$

Asumsi : 1\$ = Rp 9.000

**Tabel E.2 Harga Peralatan Proses**

No	Nama Alat	Kode	Harga/Unit (\$)		Jumlah (Unit)	Harga Total (\$)
			2003	2014		
1.	Belt conveyor	J-117	22.000	39.135	1	39.135
2.	Screw conveyor	J-112	7.900	14.053	1	14.053
3.	Screw conveyor	P-128B	7.900	14.053	1	14.053
4.	Screw conveyor	P-128D	7.900	14.053	1	14.053
5.	Heater	E-115A	3.325	7.548	1	7.548
6.	Heater	E-115B	3.300	7.492	1	7.492
7.	Heater	E-123C	2.500	5.675	1	5.675
8.	Cooler	E-124A	3.300	7.492	1	7.492
9.	Cooler	E-124B	2.100	4.767	1	4.767
10	Condensor	E-123A	3.500	7.946	1	7.946
11	Condensor	E-123B	3.300	7.492	1	7.492
12	Condensor	E-123C	3.100	7.038	1	7.038
13	Hydrolizer	R-110	330.000	749.163	3	2.247.498
14	Tangki NaOH	F-127C	10.500	23.837	1	23.837
15	Tangki EDTA	F-127A	900	2.043	1	2.043

16	Tangki Pewangi	F-127B	1.500	3.405	1	3.405
17	Tangki Gliserol	F-127E	2.500	5.675	1	5.675
18	Pompa	L-114	36.000	81.727	1	81.727
19	Pompa	L-119	2.500	5.675	1	5.675
20	Pompa	L-126A	2.500	5.675	1	5.675
21	Pompa	L-126B	2.500	5.675	1	5.675
22	Pompa	L-126C	2.500	5.675	1	5.675
23	Pompa	L-126D	2.500	5.675	1	5.675
24	Pompa	L-126E	2.500	5.675	1	5.675
25	Finishing line		794.966	858.831	1	858.831
	- Amalgamator	P-128C				
	- Plodder	P-128E				
	- Cutter	P-128F				
26	Reaktor neutralizer	R-120	55.000	124.860	2	249.720
27	Vacuum spray chamber	P-128A	20.000	45.404	1	45.404
28	Jet ejector	G-129	15.000	34.053	1	34.053
29	Gudang NaCl	F-116	25.000	56.755	1	56.755
30	Gudang RBDPS	F-111	75.000	170.264	1	170.264
31	Gudang sabun	F-127D	80.000	181.615	1	181.615
32	Evaporator	V-125	10.000	22.702	1	22.702

33	Mixer	M-118	15.000	34.053	1	34.053
34	Melter	M-113	12.000	27.242	1	27.242
35	Flash tank	D-122	212.514, 4	359.589	1	359.589
<b>TOTAL</b>					<b>61</b>	<b>4.575.19 4</b>

Tabel E.3 Harga Peralatan Utilitas

No	Nama Alat	Kode	Harga/Unit (\$)		Jumlah (Unit)	Harga Total (\$)
			2003	2014		
1.	Pompa Air Sungai	L-212	15.250	19.691	2	39.382
2.	Bak Sedimentasi	F-215	30.560	39.459	2	78.918
3.	Pompa Bak Sedimentasi	L-216	15.250	19.691	2	39.382
4.	Bak Skimmer	F-213	30.560	39.459	2	78.918
5.	Pompa Skimmer	L-214	15.250	19.691	2	39.382
6.	Tangki Clarifier	F-217	98.540	127.235	2	254.470
7.	Sand Filter	F-218	25.000	32.280	2	39.382
8.	Bak Air Bersih	F-219	30.000	38.736	1	38.736
9.	Pompa Air Bersih	L-220	15.000	19.368	1	19.368
10	Kation Exchanger	D-210A	160.785	207.606	1	207.606
11	Anion Exchanger	D-210B	160.875	207.606	1	207.606
12	Bak Air Lunak	F-222	30.560	39.459	1	39.459
13	Pompa ke Deaerator	L-223	15.250	19.691	1	19.691
14	Deaerator	D-224	85.600	110.527	1	110.527
15	Pompa ke Boiler	L-225	15.250	19.691	1	19.691

16	Boiler	Q-221	110.700	142.936	1	142.936
17	Pompa ke Bak Air Pendingin	L-226	15.250	19.691	1	19.691
18	Bak Air Pendingin	F-227	6.200	8005	1	8005
19	Pompa ke Peralatan	L-228	15.250	19.691	1	19.691
20	Cooling Tower	P-240	58.150	75.083	1	75.083
21	Pompa ke Bak Klorinasi	L-229	15.250	19.691	1	19.691
22	Bak Klorinasi	F-230	30.000	38.736	1	38.736
23	Pompa ke Bak Air Sanitasi	L-231	14.555	18.739	1	18.739
24	Bak Air Sanitasi	F-232	30.000	38.736	1	38.736
25	Pompa Air Proses	L-241	14.555	18.739	1	18.739
<b>TOTAL :</b>			<b>793.925</b>		<b>34</b>	<b>1.717.290</b>

Harga peralatan total = Harga peralatan proses + Harga peralatan utilitas

$$= \$ 4.575.194 + \$ 1.717.290$$

$$= \$ 6.292.484$$

Dengan faktor keamanan (safety factor) sebesar 20%, maka :

$$\text{Harga peralatan total} = 1,2 \times \$ 6.292.484$$

$$= \$ 7.550.980,8$$

### C. Biaya Bahan Baku

➤ RBDPS



Kebutuhan bahan = 5084,7 kg/jam

Harga/kg = \$ 0,777

Biaya pembelian RBDPS tahun :

= 5084,7 kg/jam x \$ 0,777/kg x 24 jam/hari x 330 hari/jam

= \$ 31.099.992

➤ NaCl

Kebutuhan bahan = 493,5 kg/jam

Harga/kg = \$ 0.15

Biaya pembelian NaCl per tahun :

= 493,5 kg/jam x \$ 0.15/kg x 24 jam/hari x 330 hari/jam

= \$ 586.278

➤ EDTA

Kebutuhan bahan = 5,9 kg/jam

Harga/kg = \$ 2,25

Biaya pembelian EDTA per tahun :

= 5,9 kg/jam x \$ 2,25/kg x 24 jam/hari x 330 hari/jam

= \$ 105.138

➤ Parfum

Kebutuhan bahan = 64,8 kg/jam

Harga/kg = \$ 25,0

Biaya pembelian Parfum per tahun :

= 64,8 kg/jam x \$ 25/kg x 24 jam/hari x 330 hari/jam

= \$ 12.830.400

➤ NaOH

Kebutuhan bahan = 1459,2 kg/jam

Harga/kg = \$ 0,20

Biaya pembelian NaOH per tahun :

= 1459,2 kg/jam x \$ 0,20/kg x 24 jam/hari x 330 hari/jam

= \$ 2.311.372,8

Total biaya bahan baku = \$ 31.099.992 + \$ 586.278 + \$ 105.138 +

\$ 12.830.400 + \$ 2.311.272

= \$ 32.841.106

#### D. Perhitungan Biaya Utilitas

##### ➤ Listrik

Kebutuhan listrik/hari = 475,2 KW

Harga listrik/KWH = \$0,088

Biaya kebutuhan listrik = 475,2 KWH/hari x \$0.088 x 330 hari/th

= \$ 13.799,808

##### ➤ Bahan Bakar (diesel oil)

Bahan bakar yang digunakan adalah fuel oil (solar) yang digunakan untuk bahan bakar boiler dan generator.

Kebutuhan bahan bakar/hari = 135.948,11 L

Harga bahan bakar/L = \$ 0,78

Biaya kebutuhan bahan bakar = 135.948,11 L/hari x \$0.78 x 330 hr/th

= \$ 34.993.043,51

##### ➤ Air

Kebutuhan air sungai = 423.446,6256 kg/jam

$\rho$  air = 995,68 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Jumlah air sungai} = 425,284 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Harga air sungai/m}^3 = \$ 0,033$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya pemakaian air sungai} &= 425,284 \text{ m}^3/\text{jam} \times \$0,033/\text{m}^3 \times 24 \text{ jam/hr} \times \\ & \quad 330 \text{ hr/th} \\ &= \$ 111.152,187 \end{aligned}$$

➤ **Alum**

$$\text{Kebutuhan alum} = 29,2980 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Harga alum/kg} = \$ 0,333$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya pemakaian alum} &= 29,2980 \text{ kg/jam} \times \$0,333 \times 24 \text{ jam/hr} \times 330 \text{ hr/th} \\ &= \$ 77.269,37 \end{aligned}$$

➤ **Kaporit**

$$\text{Kebutuhan alum} = 1,61129 \text{ kg/th}$$

$$\text{Harga alum/kg} = \$ 1$$

$$\text{Biaya pemakaian alum} = \$ 1,61129$$

➤ **Resin**

$$\text{Kebutuhan alum} = 791,53 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Harga alum/kg} = \$ 1$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya pemakaian alum} &= 791,53 \text{ kg/jam} \times \$ 1 \times 24 \text{ jam/hr} \times 330 \text{ hr/} \\ &= \$ 6.268.917,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya utilitas} &= \$ 13.799,808 + \$ 34.993.043,51 + \$ 111.152,187+ \\ & \quad \$77.269,17+ \$ 1,61129 + \$ 6.268.917,6 \\ &= \$ 41.464.183,89 \end{aligned}$$

**E. Harga Tanah dan Bangunan**

$$\text{Luas tanah} = 25.000 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas bangunan pabrik} = 19.000 \text{ m}^2$$

$$\text{Harga tanah per m}^2 = \$ 2$$

$$\text{Harga bangunan per m}^2 = \$ 88,888$$

$$\begin{aligned} \text{Harga tanah dan bangunan total} &= (\$2/\text{m}^2 \times 25.000 \text{ m}^2) + (\$ 88,888 \text{ m}^2) \\ &= \$ 1.738.872 \end{aligned}$$

#### F. Gaji Pegawai

Dari Bab X Struktur Organisasi diperoleh :

$$\text{Gaji karyawan per bulan} = \text{Rp. } 432.400.000$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Total gaji pegawai per tahun} &= \text{Rp. } 432.400.000/\text{bulan} \times 12 \text{ bulan/tahun} \\ &= \text{Rp. } 5.188.800.000/\text{tahun} \\ &= \$ 576.533,33 \end{aligned}$$

#### G. Pengemasan

- Produk Utama

$$\text{Kapasitas produksi sabun} = 6.313,13 \text{ kg/jam} = 50.0005.601,3 \text{ kg/tahun}$$

Pengemasan dilakukan tiap 83,2 gr dengan menggunakan kantong plastik

$$\text{Biaya pengemasan per kantong} = \$ 0,02$$

$$\text{Jumlah kemasan} = \frac{50.005.601.300 \text{ gr/tahun}}{83,2\text{gr}}$$

$$= 601.028.862 \text{ kantong/tahun}$$

$$\text{Biaya pengemasan per tahun} = 601.028.862 \times \$ 0,02$$

$$= \$ 12.020.577,24$$

- Produk Samping

$$\text{Kapasitas produksi gliserol (C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3) = 223,1 \text{ kg/j} = 247,889\text{L/j}$$

$$= 1.963.280,88 \text{ L/th}$$

$$= 518.643,9394 \text{ gal/th}$$

Pengemasan dilakukan tiap 16 gal dengan menggunakan

Biaya pengemasan per drum = \$ 3,3 (Timmerhaus,hal 541)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kemasan} &= \frac{518.643,9394 \text{ gal/tahun}}{16 \text{ gal}} \\ &= 32.416 \text{ gal/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya pengemasan per tahun} &= 32.416 \times \$ 3,3 \\ &= \$ 106.970 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Biaya Pengemasan/Tahun} &= \$ 12.020.577,24 + 106.970 \\ &= \$ 12.127.547,24 \end{aligned}$$

#### H. Penjualan Produk

- Produk utama = Sabun

$$\text{Kapasitas} = 6313,8 \text{ kg/jam} = 50.005.601,3 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Harga per kg} = \$ 2$$

$$\begin{aligned} \text{Total penjualan} &= 50.005.601,3 \text{ kg/tahun} \times \$ 2/\text{kg} \\ &= \$ 100.171.477 \end{aligned}$$

- Produk Samping ( $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ )

$$\text{Kapasitas} = 518.643,9394 \text{ gal/th} = 1.963.280,88 \text{ L/th}$$

$$\text{Harga per L} = \$ 1$$

$$\begin{aligned} \text{Total penjualan} &= 1.963.280,88 \text{ L/tahun} \times \$ 1/\text{L} \\ &= \$ 1.963.280,88 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total penjualan produk} &= \$100.171.477 + 1.963.280,88 \\ &= \$ 102.134.757,9 \end{aligned}$$

#### I. Penentuan Total Capital Investment (TCI)

##### a. Biaya Langsung (DC)

<b>Harga Peralatan</b>	<b>E</b>	<b>\$ 7.550.981</b>
Biaya isolasi	8%.E	604.078,48
Pemasangan peralatan	32%.E	2.416.313
Instrumentasi dan control	12%.E	906.117
Perpipaan	31%.E	2.340.804,11
Listrik	10%.E	755.098,1
Bangunan	29%.E	2.189.784,49
Angkutan	50%.E	3.775.490
Tanah	5%.E	377.549
<b>Total Direct Cost (DC)</b>		<b>13.365.233</b>

**b. Biaya Tak Langsung (IC)**

Engineering dan konstruksi	32 %.E	2.416.314
Konstruksi	34 % E	2.567.333
<b>Total Indirect Cost (IC)</b>		<b>4.983.647</b>

**c. Fix Capital Invensment (FCI)**

Biaya langsung (DC) + Biaya tak langsung (IC)		18.348.880
Biaya kontraktor	18 % (DC + IC)	3.302.798
Biaya tak terduga	36 % (DC + IC)	6.605.596
		<b>28.257.274</b>

**d. Modal Kerja (WC)**

Work Capital Investation (WCI) = 15%. TCI

Total Capital Investment (TCI) = WCI + FCI

$$TCI = 0,15 TCI + \$ 28.257.274$$

$$0,85 TCI = \$ 28.257.274$$

$$TCI = \$33.242.851$$

$$WCI = 0,15 \times \$ 33.242.851$$

$$WCI = \$ 4.986.577$$

## J. Penentuan Total Product Cost (TPC)

Biaya produksi total = biaya produksi langsung + biaya tetap + biaya operasi +  
biaya umum

### a. Biaya Produksi Langsung (Direct Production Cost /DPC)

Bahan baku untuk 1 tahun		32.841.106
Gaji karyawan untuk 1 tahun		576.533,33
Utilitas untuk 1 tahun		41.464.183
Pemeliharaan	10%.FCI	2.825.727
Laboratorium	10%.Gaji	57.653
Patent & Royalti	1%.TPC	0,01 TPC
Supervisi	10%.Gaji	57.653
<b>Total DPC</b>		<b>\$77.822.855 + 0,01 TPC</b>

### b. Biaya Tetap (Fixed Production Cost/FPC)

Depresiasi	10%.FCI	2.825.727
Pajak kekayaan	2%.FCI	565.145
Asuransi	0,8%.FCI	226.058
Bunga pinjaman	15%.FCI	4.238.591
<b>Total FPC</b>		<b>7.629.689</b>

### c. Biaya Overhead

Biaya Overhead = 50% (gaji karyawan + supervisi + pemeliharaan)

$$= 50\% (\$576.533,33 + \$ 57.653 + \$2.825.727) = \$ 1.729.956$$

### d. Biaya Umum (General Expenses)

Administrasi	4%.TPC	0,04TPC
Distribusi	10%.TPC	0,10 TPC
LITBANG (R & D)	5%.TPC	0,05 TPC

<b>Total GE</b>	<b>0,19TPC</b>
-----------------	----------------

$$\text{TPC} = \text{DPC} + \text{FPC} + \text{Biaya Overhead} + \text{GE}$$

$$= (\$77.822.855 + 0,01\text{TPC}) + \$7.629.689 + \$1.729.956 + (0,19\text{TPC})$$

$$= \$87.182.500 + 0,2\text{TPC}$$

$$0,8 \text{ TPC} = \$79.555.012$$

$$\text{TPC} = \$99.443.765$$

$$\text{GE} = 0,19 \text{ TPC}$$

$$= \$18.894.315$$

### **K. Analisa Profitabilitas**

Asumsi yang diambil :

- a. Modal yang digunakan terdiri dari :
  - 60% modal sendiri
  - 40% pinjaman
- b. Bunga kredit = 20% per tahun
- c. Masa konstruksi :
  - Tahun I = 60% modal sendiri + 40% modal pinjaman
  - Tahun II = 60% modal sendiri + 40% modal pinjaman
- d. Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun
- e. Umur pabrik 10 tahun
- f. Kapasitas produksi :
  - Tahun I = 80% dari produksi total
  - Tahun II = 100% dari produksi total
- g. Pajak penghasilan : 30% per tahun



**Menghitung Total Investasi :**

- Masa konstruksi tahun I :
  - Modal sendiri 60% = \$ 5.945.036
  - Modal pinjaman 40% = \$ 3.963.357
- Masa konstruksi tahun II :
  - Modal sendiri 60% = \$ 3.567.021
  - Modal pinjaman 40% = \$ 1.585.343

**Menghitung Biaya Variabel (VC) :**

- Bahan baku = \$ 32.841.106
- Pengemasan = \$ 12.127.547
- Utilitas = \$ 4.464.184
- Royalti = \$ 994.437
- Angkutan = \$ 3.775.490
- Total VC = \$ 54.202.764**

**Menghitung Biaya Semi Variabel (SVC) :**

- Upah karyawan = \$ 576.533
- Biaya Overhead = \$ 1.729.956
- Pemeliharaan dan perbaikan = \$ 2.825.727
- Supervisi = \$ 994.437
- Laboratorium = \$ 57.653
- Biaya Umum = \$ 18.894.315
- Total SVC = \$ 25.078.621**

**Laba untuk kapasitas pabrik 100% :**

Pajak = 30%

$$\begin{aligned}
 \text{Laba kotor} &= \text{total penjualan} - \text{biaya produksi total} \\
 &= \$102.134.758 - \$ 99.443.765 \\
 &= \$ 2.690.993
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laba bersih} &= \text{laba kotor} - \text{pajak} \\
 &= \$ 2.690.993 - (0,3 \times \$ 2.690.993) \\
 &= \$ 1.883.695
 \end{aligned}$$

Nilai penerimaan *Cash Flow* setelah pajak ( $C_A$ ) :

$$\begin{aligned}
 C_A &= \text{Laba bersih} + \text{Depresiasi alat} \\
 &= \$ 1.883.695 + \$ 2.825.727 \\
 &= \$ 4.709.422
 \end{aligned}$$

### Menghitung penilaian investasi

#### 1. POT

$$\text{FCI} = \$ 28.257.274$$

$$\text{TCI} = \$ 33.242.851$$

$$C_A = \$ 4.709.422$$

$$\begin{aligned}
 \text{POT} &= \frac{\text{FCI} + (20\% \times \text{TCI})}{\text{Cash flow}} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= \frac{\$ 28.257.274 + (0,2 \times \$ 33.242.851)}{\$ 4.709.422} \times 1 \text{ tahun} = 4,2 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

#### 2. ROI

$$\text{Pajak} = 30\%$$

$$\text{Laba kotor} = \$ 2.690.993$$

$$\text{Laba bersih} = \$ 1.883.695$$

$$\text{FCI} = \$ 9.908.394$$

$$\begin{aligned} \text{ROI}_{\text{BT}} &= \frac{\text{Laba kotor}}{\text{FCI}} \times 100\% \\ &= \frac{\$ 2.690.993}{\$ 9908.394} \times 100\% \\ &= 27,12\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ROI}_{\text{AT}} &= \frac{\text{Laba bersih}}{\text{FCI}} \times 100\% \\ &= \frac{\$ 1.883.695}{\$ 9.908.394} \times 100\% \\ &= 19\% \end{aligned}$$

### 3. BEP

$$\text{FPC} = \$ 7.629.689$$

$$\text{SVC} = \$ 25.078.621$$

$$\text{VC} = \$ 54.202.764$$

$$S = \text{harga jual} = \$ 102.134.758$$

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \frac{\text{FPC} + 0,3\text{SVC}}{S - (0,7\text{SVC} - \text{VC})} \times 100\% \\ &= \frac{\$ 7.629.689 + 0,3(\$ 25.078.621)}{\$ 101.134.758 - (0,7(\$ 25.078.621) - \$ 54.202.764)} \times 100\% \\ &= 51,6\% \end{aligned}$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas produksi = 51,5 % x 50.000 ton/tahun

$$= 25.750 \text{ ton/tahun}$$

Nilai BEP untuk pabrik *Sabun* berada diantara nilai 30 – 60%, maka nilai BEP memadai.

Untuk produksi tahun I kapasitas pabrik 80% dari kapasitas sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{PB_i}{PB} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \% \text{kapasitas})}{(100 - BEP)}$$

Dimana :  $PB_i$  = keuntungan pada %kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

$PB$  = keuntungan pada kapasitas 100%

$\%Kap$  = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{PB_i}{\$1.883.695} = \frac{(100 - 51,6) - (100 - 80)}{(100 - 51,6)}$$

$$PB_i = \$1.105308$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun I adalah :

$C_A$  = laba bersih tahun pertama + depresiasi

$$= \$1.105.308 + \$ 2.825.727$$

$$= \$3.931.035$$

#### 4. Shut Down Point (SDP)

SDP adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik yang masih boleh beroperasi.

$$\begin{aligned} SDP &= \frac{0,3SVC}{S - 0,7SVC - VC} \times 100\% \\ &= \frac{0,3 \times 22.326.289}{\$102.134.758 - (0,7 \times \$22.326.289) - \$54.202.764} \times 100\% \\ &= \frac{\$6.697.886}{\$32.303.591} \times 100\% \\ &= 21\% \end{aligned}$$

Titik shut down point terjadi pada kapasitas = 21 % x 50.000 ton/tahun

$$= 10.500 \text{ ton/tahun}$$

#### 5. 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

$$\begin{aligned} C_{A-2} &= 40\% \times \text{FCI} \times (1+i)^2 \\ &= 40\% \times \$ 28.257.274 \times (1+0,2)^2 \\ &= \$ 16.276.189 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{A-1} &= 60\% \times \text{FCI} \times (1+i)^1 \\ &= 60\% \times \$ 28.275.274 \times (1+0,2)^1 \\ &= \$ 20.358.197 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{A-0} &= -(C_{A-2} + C_{A-1}) \\ &= -(\$16.276.189 + \$ 20.358.197) \\ &= - \$ -12841278 \end{aligned}$$

b. Menghitung NPV tiap tahun

$$\text{NPV} = C_A \times F_d$$

Dimana :  $F_d$  = faktor diskon =  $1/(1+i)^n$

$i$  = tingkat bunga

$C_A$  = cash flow setelah pajak

$n$  = tahun ke-n

Tabel E.5 Cash flow untuk NPV selama 10 tahun dengan nilai sisa = 0

Tahun	Cashflow / CA (Rp)	Fd (i=0,15)	NPV
0	-4.810.518,33	1,00	-4.810.518,33
1	18.988.888,13	0,83	15.824.073,44
2	14.178.369,80	0,69	9.846.090,14
3	19.531.427,79	0,58	11.302.909,60
4	23.437.713,35	0,48	11.302.909,60

5	28.125.256,02	0,40	11.302.909,60
6	33.750.307,22	0,33	11.302.909,60
7	40.500.368,66	0,28	11.302.909,60
8	48.600.442,40	0,23	11.302.909,60
9	58.320.530,87	0,19	11.302.909,60
10	69.984.637,05	0,16	11.302.909,60
<b>Nilai sisa</b>	0,00	0,16	0,00
<b>WCI</b>	4.986.577,00	0,16	805.360,03
<b>Jumlah</b>			<b>112.088.282,08</b>

Karena harga NPV = (+) maka pabrik *Sabun dari RBDPS* layak untuk didirikan.

## 6. IRR (Internal Rate of Return)

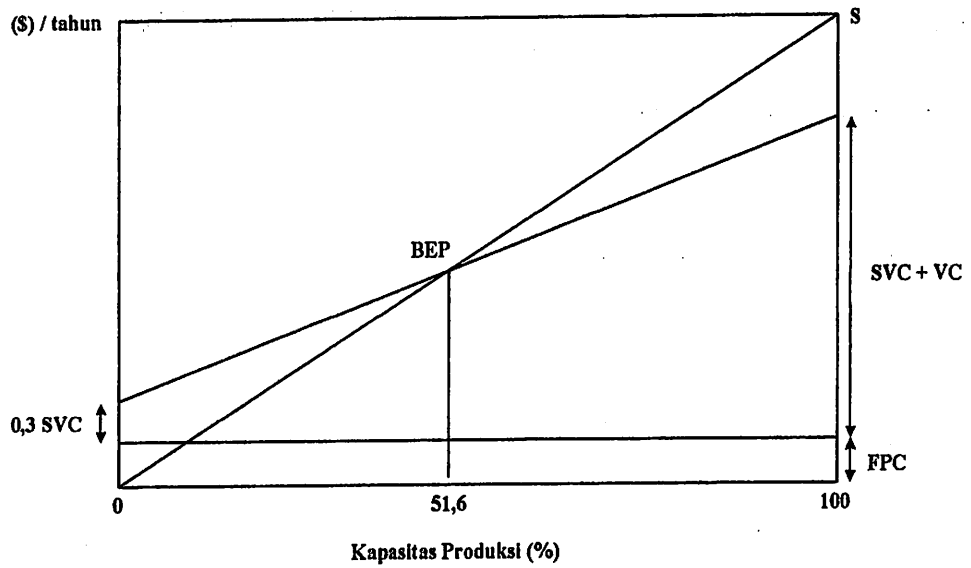
Tabel E.6 Cash flow untuk IRR

Tahun	Cashflow / CA (Rp)	Fd (i=0,15)	NPV1	Fd (I=0,2%)	NPV2
0,00	-4.810.518,33	1,00	-4.810.518,33	1,00	-4.810.518,33
1,00	18.988.888,13	0,83	15.824.073,44	0,87	16.512.076,63
2,00	14.178.369,80	0,69	9.846.090,14	0,76	10.720.884,54
3,00	19.531.427,79	0,58	11.302.909,60	0,66	12.842.230,81
4,00	23.437.713,35	0,48	11.302.909,60	0,57	13.400.588,68
5,00	28.125.256,02	0,40	11.302.909,60	0,50	13.983.222,97
6,00	33.750.307,22	0,33	11.302.909,60	0,43	14.591.189,18
7,00	40.500.368,66	0,28	11.302.909,60	0,38	15.225.588,71
8,00	48.600.442,40	0,23	11.302.909,60	0,33	15.887.570,83
9,00	58.320.530,87	0,19	11.302.909,60	0,28	16.578.334,78
10,00	69.984.637,05	0,16	11.302.909,60	0,25	17.299.131,94
<b>Nilai sisa</b>	0,00	0,16	0,00	0,25	0,00
<b>WCI</b>	4.986.577,00	0,16	<b>805.360,03</b>	0,25	1.232.605,57
<b>Jumlah</b>			<b>112.088.282,08</b>		<b>143.462.906,31</b>

$$\begin{aligned}
 \text{IRR} &= i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \times (i_2 - i_1) \\
 &= 20 + \frac{112.088.282}{112.088.282 + 143.462.906} \times (20 - 15) \\
 &= 22,19 \%
 \end{aligned}$$

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (15%) maka pabrik *Sabun dari RBDPS* layak untuk didirikan.

### Kurva BEP :





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
Jalan Bendungan Sigura-gura No. 2  
MALANG

## PERBAIKAN SKRIPSI

Berdasarkan Ujian Skripsi Jurusan Teknik Kimia Jenjang Strata Satu (S - 1) Yang di adakan pada :

Hari : Sabtu  
Tanggal : 19 Feb 2012.

Perlu adanya perbaikan pada Skripsi Berikut :

Nama : Ahmad Khusaini & Solehah  
Nim : 1014933 & 1014902.

Perbaikan tersebut meliputi :

Fout.  
Pustaka.  
Cp  
Pc & Tc.

} Ok ~~16~~ - 23/2 - 2012.

Malang, ..... 19 Feb 2012.

Dosen Penguji





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
Jalan Bendungan Sigura-gura No. 2  
MALANG

## PERBAIKAN SKRIPSI

Berdasarkan Ujian Skripsi Jurusan Teknik Kimia Jenjang Strata Satu (S - 1) Yang di adakan pada :

Hari : Sabtu  
Tanggal : 18 Feb 2012

Perlu adanya perbaikan pada Skripsi Berikut :

Nama : Solehah  
Nim : .....

Perbaikan tersebut meliputi :

- Flow sheet terutama pipa & NaCl
- Utilitas injek @12 & air proses apakah perlu demin.
- cek literatur pompa yg bisa menaikan tek semp 40 atm  
& valve yg bisa menurunkan dr tek 40 → 1 atm
- Patent Plotter & alat-alat
- Pengalihan arus Glycerolnya / dasarnya ? t kan & uraian proses  
(7% or 6% atau)
- Perseptif reactor netralizer

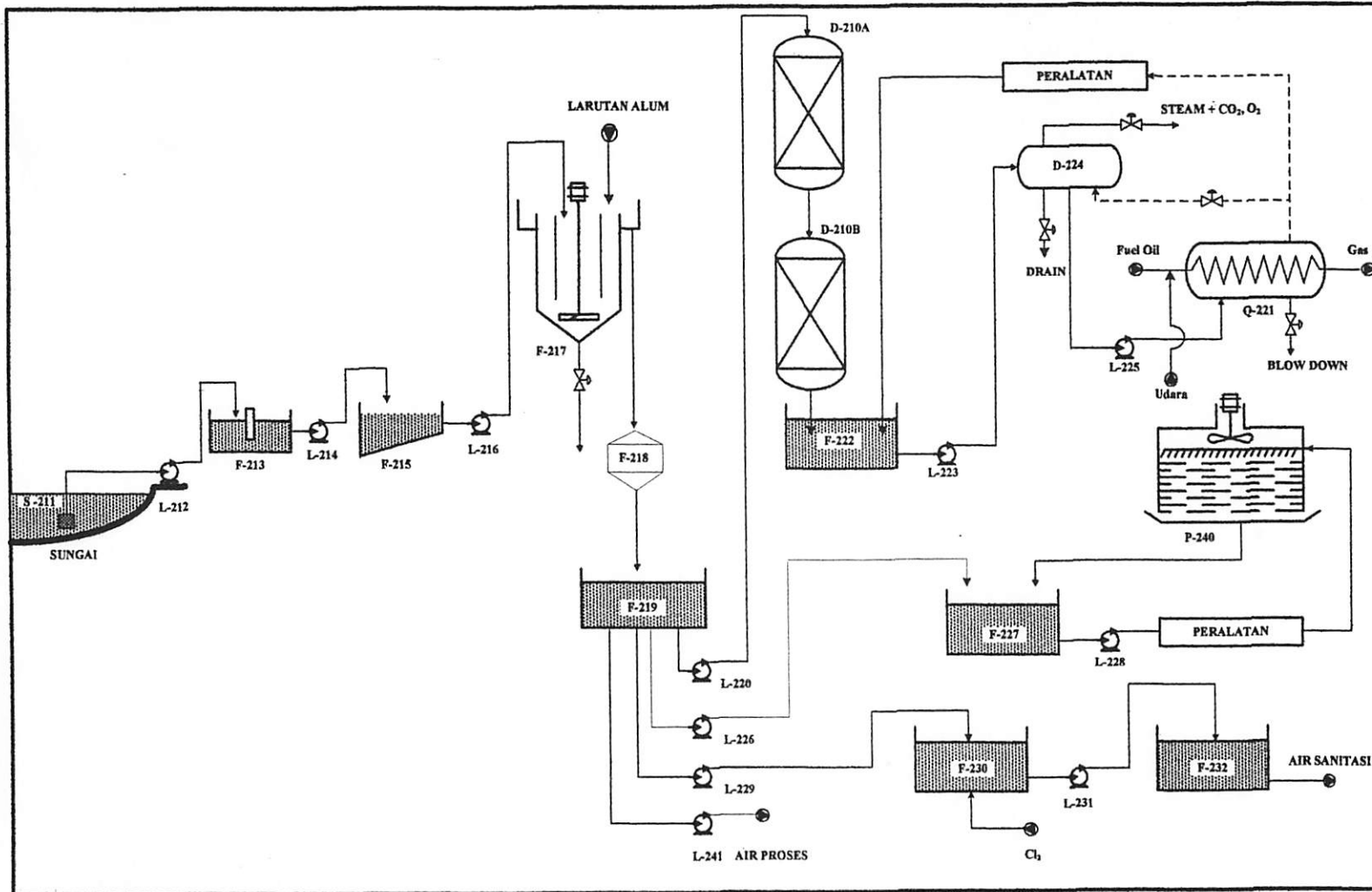
Acc 20 Feb 2012

Malang, 18 Feb 2012

Dosen Penguji

Faidliyah Mila



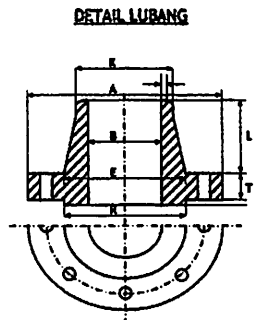
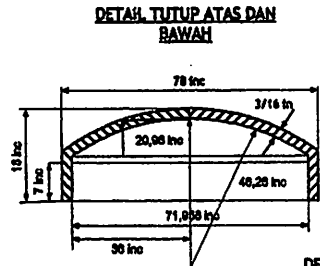
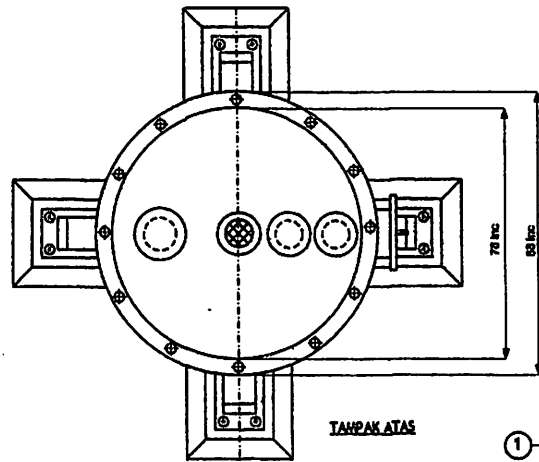


26	L-241	POMPA AIR PROSES
25	P-240	COOLING TOWER
24	F-232	BAK AIR SANITASI
23	L-231	POMPA KE BAK AIR SANITASI
22	F-230	BAK KLORINASI
21	L-229	POMPA KE BAK KLORINASI
20	L-228	POMPA KE PERALATAN
19	F-227	BAK AIR PENDINGIN
18	L-226	POMPA AIR PENDINGIN
17	L-225	POMPA KE BOILER
16	D-224	DEAERATOR
15	L-223	POMPA KE DEAERATOR
14	F-222	BAK AIR LUNAK
13	Q-221	BOILER
12	L-220	POMPA AIR BERSIH
11	F-219	BAK AIR BERSIH
10	F-218	SAND FILTER
9	F-217	TANGKI CLARIFIER
8	L-216	POMPA SEDIMENTASI
7	F-215	BAK SEDIMENTASI
6	L-214	POMPA SKIMMER
5	F-213	SKIMMER
4	L-212	POMPA AIR SUNGAI
3	S-211	SARINGAN KASAR
2	D-210B	ANION EXCHANGER
1	D-210A	KATION EXCHANGER
NO	KODE	NAMA ALAT

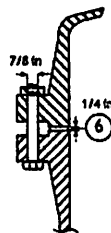
**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**UNIT PENGOLAHAN AIR PRA RENCANA FABRIK**  
**SABUN PADAT DARI RBDPS**

DIRANCANG OLEH :	DISETUJUI DOSEN PEMBIMBING :
Ahmad Khuzaini Solekah	 Ir. H. Harim Setyawati, MT NIP. 19630307 199203 2 002
10. 14 933	10. 14 902



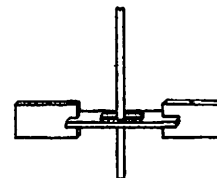
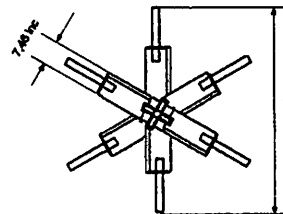
**DETAIL FLANGE & BOUT**



**DETAIL PENGADUK**

**TAMPAK ATAS**

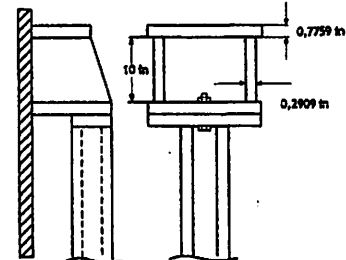
**TAMPAK SAMPING**



**DETAIL LUG & GUSSET**

**TAMPAK SAMPING**

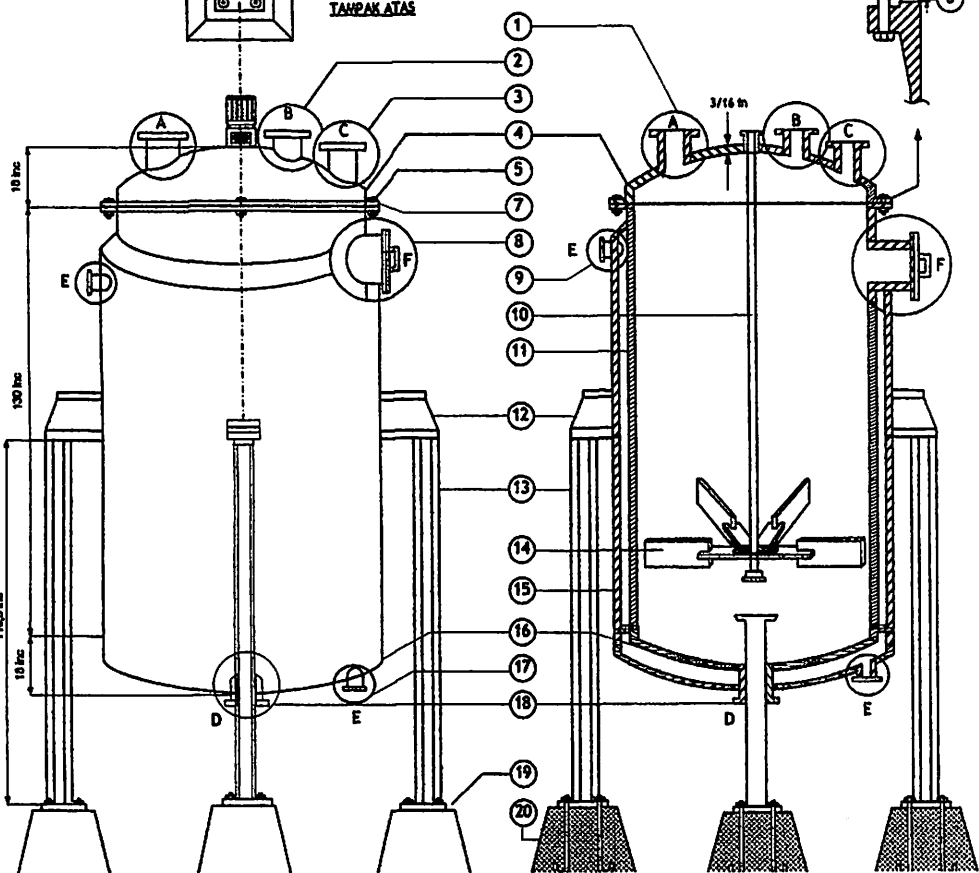
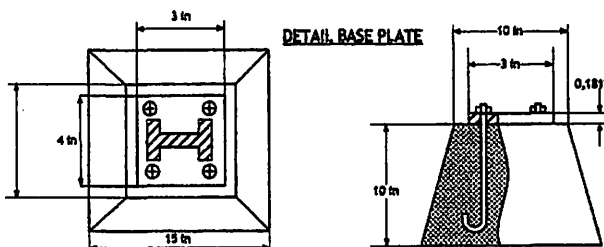
**TAMPAK DEPAN**



NOZZLE	NPS	A	T	R	E	H	S	B
A	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	2.38	2 1/2	2.07
B	0.5	3 1/2	7/16	1 3/8	1 3/16	5/6	1 7/8	0.82
C	1	4 1/4	9/16	2	1 15/16	1.32	2 3/16	1.05
D	2	6	3/4	3 5/8	3 1/8	2.38	2 1/2	2.07
E	2.5	7	7/8	4 1/8	3 9/16	2.38	3 1/4	2.27
F	20	27 1/2	1 11/16	23	22	20	3 11/16	19.35

No	DESCRIPTION	MATERIAL
20	T BORDAH	CEMENT, SAND & GRAVEL
19	BASE PLATE	Carbon Steel
18	NOZZLE PRODUK	High Alloy Steel
17	NOZZLE & OUTLET PERDURGIN	High Alloy Steel
16	TUTUP BAWAH	HAS SA 240 Grade M Type 316
15	JACKET	HAS SA 240 Grade M Type 316
14	PENGADUK	HAS SA 240 Grade M Type 316
13	LEG	Carbon Steel
12	LUG	Carbon Steel
11	SILINDRIS	HAS SA 240 Grade M Type 316
10	FORSET PENGADUK	HOT BOX (ER. STEEL. SAE 1020
9	NOZZLE & INLET PERDURGIN	High Alloy Steel
8	MANHOLE	High Alloy Steel
7	GASKET	Asbestos Pflad
6	FLANGE	HAS SA 240 Grade M Type 316
5	BOUT	HAS SA 193 Grade B 8c Type 347
4	TUTUP ATAS	HAS SA 240 Grade M Type 316
3	NOZZLE BAHAN BAKU KIDON	High Alloy Steel
2	NOZZLE BAHAN BAKU KWES	High Alloy Steel
1	NOZZLE BAHAN BAKU KASAL LEMAK	High Alloy Steel
No	REPERANGKAIAN	BAHAN

**DETAIL BASE PLATE**



KULIAH TEKNIK RUMAH  
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
 INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
 PERANCANGAN ALAT UJAH  
**REAKTOR NEUTRALIZER**  
 DESAINERS GLEN : GLEN PERANCANG  
 SOLEKAH 10.149 02  
 Dr. H. M. MARIAN SETYAWATI, ST  
 NIP. 196303201990203 2 002