

TUGAS AKHIR

**PRA RANCANGAN PABRIK SABUN TRANSPARAN
DARI MINYAK KELAPA SAWIT (RBDPO) DAN VCO
KAPASITAS 120.000 TON/ TAHUN**



OLEH

NURIKA HASRIANI

45 08 044 006

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

2015

HALAMAN PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa 45 Makassar, Nomor : A.105/SK/FT./U-45/III/2015 tanggal 04 Maret 2015 tentang Panitia dan tim Penguji Tugas Akhir, maka :

Pada Hari / Tanggal : Sabtu / 07 Maret 2015
Tugas Akhir Atas Nama / STB : **NURIKA HASRIANI / 45 08 044 006**

Judul : **PRA RANCANGAN PABRIK SABUN TRANSPARAN DARI MINYAK KELAPA SAWIT (RBDPO) DAN VCO KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN**

telah diterima dan disahkan oleh panitia dan penguji tugas akhir Sarjana Negara Fakultas Teknik Universitas Bosowa 45 Makassar. Setelah dipertahankan di depan panitia dan penguji Tugas Akhir Sarjana Negara untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Jurusan Teknik Industri (Program Studi Teknik Kimia) Universitas Bosowa 45 Makassar.

PENGAWAS MUTU

Prof. DR. Ir. H. Muh. Saleh Pallu, M.Eng (.....)
Rektor Universitas Bosowa 45 Makassar)

TIM PENGUJI

Ketua : Ir. Abd. Hayat Kasim, MT (.....)
Sekretaris : Ridwan, ST., M.Si (.....)
Anggota : Al-Gazali, ST (.....)
A. Zulfikar Syaiful, ST., MT (.....)
Hermawati, S.Si., M.Eng (.....)

Disahkan,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Bosowa 45 Makassar

DR. Ir. H. Agus Salim, M.Si
NIDN : 0917087102

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknik Universitas Bosowa 45 Makassar

M. Tang, ST., M.PKim
NIDN : 0913027503

LEMBARAN PENGESAHAN

Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Industri, Program Studi Teknik Kimia
Universitas Bosowa 45 Makassar Yang Tersebut Di Bawah Ini :

Nama : I Komang Mudira

Nomor Stambuk : 4508044008

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Asam Sitrat dari Kulit Nenas
Kapasitas 2.700 ton/tahun

Telah diperiksa dan dinyatakan memenuhi syarat untuk mengikuti ujian Tugas
Akhir.

Disetujui pada tanggal : Februari 2015

PEMBIMBING I

UNIVERSITAS

BOSOWA

Ir. Mandasini, M.Si

NIDN :

PEMBIMBING II

PEMBIMBING III

Hermawati, S.Si., M.eng

NIDN : 19710724 200501 2 002

Al Gazali, ST

NIDN :

MENGETAHUI

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa 45 Makassar

Ketua Prodi Teknik Kimia
Univ. Bosowa 45 Makassar

4/6 WD. II

Dr. Ir. H Agus Salim, M.si

NIDN : 09 1708 7103

M. Tang, ST., M.P.kim

NIDN : 09 1302 7503

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan tugas akhir dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Sabun Transparan dari Minyak Kelapa Sawit RBDPO dan VCO Kapasitas 120.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan baik referensi yang digunakan maupun sistematika penulisannya. Hal ini semata-mata karena keterbatasan penyusun, oleh karena itu dengan senang hati penulis menanti kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi penyempurnaan tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Suami dan saudari-saudariku tersayang serta segenap keluarga yang telah memberikan bantuan moril dan materil serta doa yang tulus.
2. Bapak DR. Ir. H. Agus Salim, M.Si, selaku dekan Fakultas Teknik Universitas “45” Makassar.
3. Bapak M. Tang, ST., M.PKim, selaku ketua jurusan Teknik Industri Program Studi Teknik Kimia Universitas “45” Makassar.
4. Bapak Ir. Abd. Hayat Kasim, MT, selaku pembimbing I yang telah memberi bimbingan hingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Ridwan, ST., M.Si, selaku pembimbing II.
6. Bapak Al-Gazali, ST, selaku pembimbing III.
7. Teman-teman Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas “45” Makassar untuk setiap bantuan dan dukungannya, terkhusus kepada Saudari Nurmiaty Darwis, ST, yang telah menjadi teman terbaik.

Akhir kata, penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Wassalam.

Makassar, 20 Maret 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
ABSTRAK	viii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Perumusan Masalah	I-2
1.3. Tujuan Perancangan	I-3
1.4. Manfaat	I-3
1.5. Kapasitas Produksi	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
2.1. Minyak Kelapa Sawit (RBDPO).....	II-1
2.2. <i>Virgin Coconut Oil</i> (VCO).....	II-3
2.3. Sabun	II-5
2.1.1. Sejarah Sabun	II-5
2.1.2. Pembentukan Sabun	II-5
2.1.3. Jenis-jenis Sabun	II-6
2.4. Sifat-sifat Bahan Baku dan Produk	II-7
2.5. Proses Pembuatan Sabun	II-9
2.1.1. Netralisasi Asam Lemak	II-9
2.1.2. Saponifikasi	II-10
2.6. Pemilihan Proses	II-12
2.7. Deskripsi Proses	II-14
BAB III NERACA MASSA	III-1
BAB IV NERACA PANAS	IV-1

BAB V	SPEKIFIKASI PERALATAN.....	V-1
BAB VI	UTILITAS	VI-1
	6.1. Kebutuhan Uap (<i>steam</i>	VI-1
	6.2. Kebutuhan Air	VI-2
	6.3. Kebutuhan Listrik	VI-14
	6.4. Kebutuhan Bahan Bakar.....	VI-15
	6.5. Unit Pengolahan limbah	VI-17
BAB VII	INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA.....	VII-1
BAB VIII	TATA LETAK PABRIK.....	VIII-1
BAB IX	ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN	IX-1
BAB X	ANALISIS EKONOMI.....	X-1
BAB XI	KESIMPULAN	XI-1
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
GAMBAR FLOW SHEET		



INTISARI

Pabrik sabun transparan ini direncanakan memiliki kapasitas 120.000 ton/tahun dan beroperasi selama 330 hari dalam setahun. Pabrik ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap produk impor.

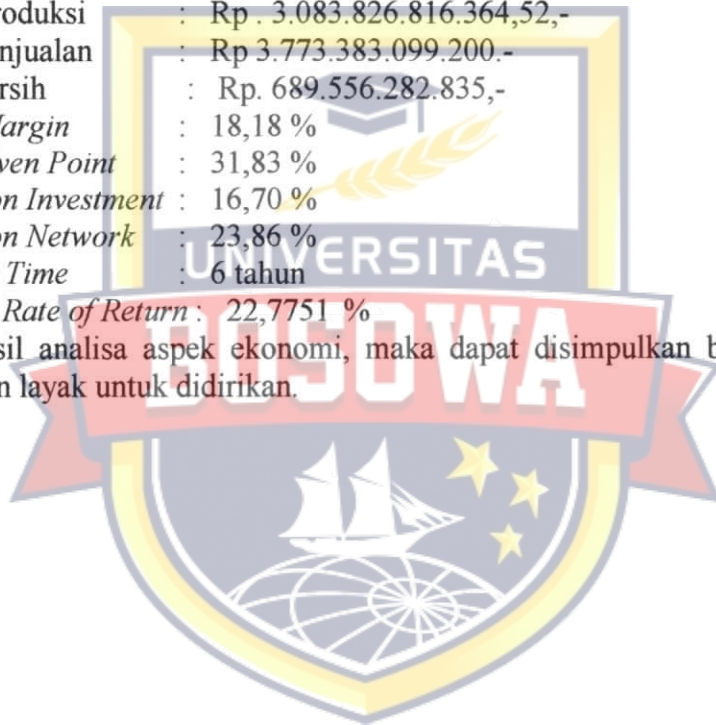
Lokasi pabrik yang direncanakan berada di Kota Mamuju, Sulawesi Barat dengan luas tanah yang dibutuhkan sebesar 76.000 m².

Tenaga kerja yang dibutuhkan untuk mengoperasikan pabrik 280 orang. Bentuk badan usaha yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasinya adalah organisasi garis dan staf.

Hasil analisa terhadap aspek ekonomi pabrik sabun transparan, adalah :

- a. Modal Investasi : Rp. 2.874.465.638.189,-
- b. Biaya Produksi : Rp. 3.083.826.816.364,52,-
- c. Hasil Penjualan : Rp 3.773.383.099.200.-
- d. Laba Bersih : Rp. 689.556.282.835,-
- e. *Profit Margin* : 18,18 %
- f. *Break Even Point* : 31,83 %
- g. *Return on Investment* : 16,70 %
- h. *Return on Network* : 23,86 %
- i. *Pay Out Time* : 6 tahun
- j. *Internal Rate of Return* : 22,7751 %

Dari hasil analisa aspek ekonomi, maka dapat disimpulkan bahwa pabrik sabun transparan layak untuk didirikan.





BAB I

BOSOWA

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang sedang giat melaksanakan pembangunan di segala bidang, juga merupakan negara yang memiliki berbagai potensi, baik potensi sumber daya alam dan energi, maupun sumber daya manusia. Salah satu bidang pembangunan yang diharapkan adalah bidang ekonomi terkhusus sektor industri.

Salah satu sub sektor industri adalah sub sektor industri kimia, yang diharapkan dapat berkembang pesat guna mengimbangi kebutuhan yang semakin berkembang dan meningkat sesuai dengan kemajuan perekonomian bangsa. Di Indonesia, masih sedikit terdapat industri yang menggunakan minyak kelapa sawit sebagai bahan baku yang diproses untuk menghasilkan suatu produk. Minyak kelapa sawit dapat dipergunakan dalam industri melalui proses penyulingan, penjernihan dan penghilangan bau atau RBDPO (Refined Bleached and Deodorized Palm Oil). Salah satu industri yang menggunakan minyak kelapa sawit sebagai bahan baku adalah industri pembuatan sabun transparan. Selain RBDPO, minyak kelapa (VCO) juga sering ditambahkan dalam pembuatan sabun transparan, meski kadarnya jauh lebih sedikit dari minyak kelapa sawit (RBDPO).

Virgin Coconut Oil atau yang lebih dikenal dengan VCO adalah minyak yang dihasilkan dari buah kelapa segar. Berbeda dengan minyak kelapa biasa, VCO dihasilkan tidak dengan penambahan zat kimia atau pun proses yang melibatkan panas yang tinggi. Selain warna dan rasa yang berbeda, VCO memiliki asam

lemak yang tidak terhidrogenasi seperti minyak kelapa biasa. VCO menjadi populer karena manfaatnya untuk kesehatan tubuh. Maka dari itu VCO sangat baik dijadikan bahan baku dalam industri pembuatan sabun transparan.

Sabun transparan atau disebut juga sabun gliserin adalah jenis sabun mandi yang dapat menghasilkan busa lebih lembut di kulit dan penampakkannya berkilau jika dibandingkan dengan jenis sabun yang lain seperti sabun mandi biasa (*opaque*) dan sabun *translucent*. Sabun transparan dibuat dengan menambahkan alkohol, larutan gula, dan gliserin untuk menghasilkan kondisi transparan dari sabun. Gliserin baik untuk kulit karena berfungsi sebagai pelembab pada kulit dan membentuk fasa gel pada sabun.

Sabun transparan merupakan salah satu produk industri kimia yang sangat dibutuhkan masyarakat Indonesia. Namun, untuk memenuhi kebutuhan itu masih dilakukan dengan mengimpor sabun transparan, diantaranya dari negara Hongkong, Jepang, Taiwan, Singapura, dan Malaysia.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam “Pra Rancangan Pabrik Sabun Transparan dari Minyak Kelapa Sawit (RBDPO) dan Minyak Kelapa (VCO)” adalah bagaimana membuat suatu pra rancangan pabrik sabun transparan dari RBDPO dan VCO dengan menerapkan disiplin ilmu teknik kimia serta bagaimana kelayakan pra rancangan pabrik ini untuk dilanjutkan ke tahap perancangan yang lebih terperinci berdasarkan hasil analisa ekonominya.

1.3. Tujuan Perancangan

Tujuan dari penulisan “Pra Rancangan Pabrik Sabun Transparan dari RBDPO dan VCO” adalah untuk menerapkan disiplin ilmu teknik kimia dalam penentuan kelayakan pra rancangan pabrik sabun transparan dari RBDPO dan VCO sebagai bekal kompetensi seorang sarjana teknik kimia.

1.4. Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan “Pra Rancangan Pabrik Sabun Transparan dari RBDPO dan VCO” adalah untuk mengetahui apakah pra rancangan pabrik sabun transparan dari RBDPO dan VCO layak untuk dilanjutkan ke tahap yang lebih terperinci lagi, sehingga pabrik sabun transparan dari RBDPO dan VCO layak untuk didirikan di kemudian hari.

1.5. Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas pabrik ini didasarkan pada perkembangan produksi RBDPO perkebunan rakyat di Sulawesi Selatan dan perkembangan produksi VCO di Indonesia, serta kebutuhan sabun transparan dalam dan luar negeri khususnya kawasan Asia setiap tahunnya. Salah satu bahan baku dari pembuatan Sabun Transparan adalah RBDPO. Perkembangan Produksi RBDPO di kawasan Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.1 di bawah ini:

Tabel 1.1 Perkembangan Produksi RBDPO di Indonesia

Tahun	Perkembangan Impor	Perkembangan Ekspor
	RBDPO (kg)	RBDPO (kg)
2008	-	-
2009	-	901,813,390

2010	213,641	838,702,461
2011	39,442	772,455,543
2012(Jan-Sep)	9,119,403	482,859,846

(Sumber : Direktorat Ekspor Produk Pertanian dan Kehutanan, 2012)

Pada tabel di atas dapat dilihat perkembangan ekspor-impor RBDPO, dimana RBDPO ini sendiri digunakan sebagai salah satu bahan baku pembuatan sabun transparan. Kebutuhan sabun transparan pada masa yang akan datang juga akan terus meningkat, sejalan dengan laju pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan aneka industri yang menggunakan bahan baku sabun transparan, sehingga perlu adanya pengembangan pada sektor industri yaitu pabrik pembuatan sabun transparan di Indonesia. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1.2 dimana jumlah impor sabun transparan dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan.

Tabel 1.2 Data Impor Sabun Transparan di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2002	226
2003	265
2004	293
2005	317
2006	336
2007	378
2008	375
2009	380
2010	395
2011	414
2012	591

(BPS, 2012)

Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan konsumen akan sabun transparan terus meningkat dari tahun ke tahun.

Dari data kebutuhan impor sabun transparan Indonesia pada tabel 1.2 dapat dibuat hubungan regresi linier antara tahun dengan jumlah impor sabun transparan dengan rumus, $y = -1,992x + 4303$, dimana untuk tahun 2017 mendatang impor sabun transparan Indonesia diperkirakan berjumlah 426,326 ton per tahun.





BAB II
TINJAUAN
PUSTAKA

BAB II

TIJAUAN PUSTAKA

2.1. Minyak Kelapa Sawit (RBDPO)

Kelapa Sawit merupakan tumbuhan pohon dengan tinggi dapat mencapai 24 meter. Bunga dan buahnya berupa tandan, serta bercabang banyak. Daging dan kulit buah mengandung minyak yang dapat diolah menjadi produk berbagai bahan makanan dan kosmetik. Ampasnya dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak dan tempurungnya dapat digunakan sebagai bahan bakar. Secara taksonomi, tanaman kelapa sawit dapat diuraikan sebagai berikut :

Kingdom : *Tumbuhan*
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Liliopsida*
Ordo : *Arecales*
Famili : *Arecaceae*
Jenis : *Elaeis*
Spesies : *E. Guineensis*

(Sumber : Direktorat Ekspor Produk Pertanian dan Kehutanan, 2009)

Setelah kelapa sawit berubah menjadi CPO, maka proses selanjutnya adalah mengolah CPO menjadi minyak RBDPO. *Refined, Bleached and Deodorized Palm Oil* (RBDPO) adalah minyak sawit yang telah mengalami proses penyulingan untuk menghilangkan asam lemak bebas serta penjernihan

untuk menghilangkan warna dan penghilang bau. Minyak ini dikenal khlayak ramai dengan minyak goreng.

Secara garis besar, proses pengolahan CPO menjadi minyak RBDPO terdiri dari dua tahap yaitu tahap pemurnian (*refinery*) dan pemisahan (*fractionation*). Tahap pemurnian terdiri dari penghilangan gum (*degumming*), pemucatan (*bleaching*) dan penghilangan bau (*deodorization*). Tahap pemisahan terdiri dari proses pengkristalan (*crystallization*) dan pemisahan fraksi. Hasil dari proses pemisahan ini disebut DPO (*Degummed Palm Oil*). DPO yang dihasilkan dari proses degumming akan difiltrasi. Hasil dari filtrasi ini adalah DBPO (*Degummed Bleached Palm Oil*) yang selanjutnya akan diproses untuk tahap deodorizing.

Dalam proses ini terjadi penghilangan zat-zat yang dapat menimbulkan bau seperti keton dan aldehid dengan pemanasan pada temperatur 240-265°C. DBPO yang sudah hilang baunya dipompakan untuk mengalami pertukaran panas. Dalam hal ini minyak sudah dalam bentuk RBDPO. Komposisi asam lemak yang terkandung dalam minyak sawit (RBDPO), dapat dilihat pada table 2.1, dimana kandungan-kandungan asam lemak ini dibutuhkan dalam pembuatan sabun transparan.

Table 2.1 Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Sawit

Nama Asam Lemak	Rumus Asam Lemak	Komposisi
Laurat	C12:0	0,2%
Myristat	C14:0	1,1%
Palmitat	C16:0	44,0%

Stearat	C18:0	4,5%
Oleat	C18:1	39,2%
Linoleat	C18:2	10,1%
Lainnya	-	0,9%

[Sumber: Iyung Pahan, 2008)

2.2. Virgin Coconut Oil (VCO)

Virgin coconut Oil terbuat dari daging kelapa segar. VCO adalah minyak dan lemak makan yang dihasilkan tanpa mengubah minyak, hanya diperoleh dengan perlakuan mekanis dan pemakaian panas minimal. VCO diperoleh dari daging buah kelapa yang sudah tua tetapi masih segar yang diproses tanpa pemanasan, tanpa penambahan bahan kimia apapun, diproses dengan cara sederhana sehingga diperoleh minyak kelapa murni yang berkualitas tinggi. Keunggulan dari VCO ini adalah jernih, tidak berwarna, tidak mudah tengik dan tahan hingga dua tahun (Andi, 2005).

Komponen utama VCO adalah asam lemak jenuh sekitar 90% dan asam lemak tak jenuh sekitar 10%. Asam lemak jenuh VCO didominasi oleh asam laurat yang memiliki rantai C12. VCO mengandung \pm 53% asam laurat dan sekitar 7% asam kapriat. Keduanya merupakan asam lemak jenuh rantai sedang yang biasa disebut *Medium Chain Fatty Acid* (MCFA), sedangkan menurut Price (2004), VCO mengandung 92% lemak jenuh, 6% lemak mono tidak jenuh dan 2% lemak poli tidak jenuh. Menurut standart APCC komposisi asam lemak VCO terdapat dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 komposisi Asam Lemak virgin coconut oil (VCO)

Asam Lemak	Rumus Kimia	Jumlah %
a. Asam Lemak Jenuh		
Asam Kaproat	C5H11COOH	0,4
Asam Kaprat	C9H19COOH	6
Asam Laurat	C11H23COOH	46
Asam Miristat	C13H27COOH	19,9
Asam Palmitat	C15H31COOH	9,8
Asam Stearat	C17H35COOH	3,4
Asam kaprilat	C7H17COOH	6,8
b. Asam Lemak Tak Jenuh		
Asam Oleat	C17H33COOH	6,4
Asam Linoleat	C17H31COOH	1,3

Dari tabel 2.2 dapat kita lihat bahwa VCO memiliki kandungan Asam Laurat yang sangat tinggi, dimana Asam Laurat ini sangat perlu dalam proses pembuatan sabun transparan yang berfungsi untuk menghaluskan dan melembabkan kulit.

2.3. Sabun

2.3.1. Sejarah Sabun

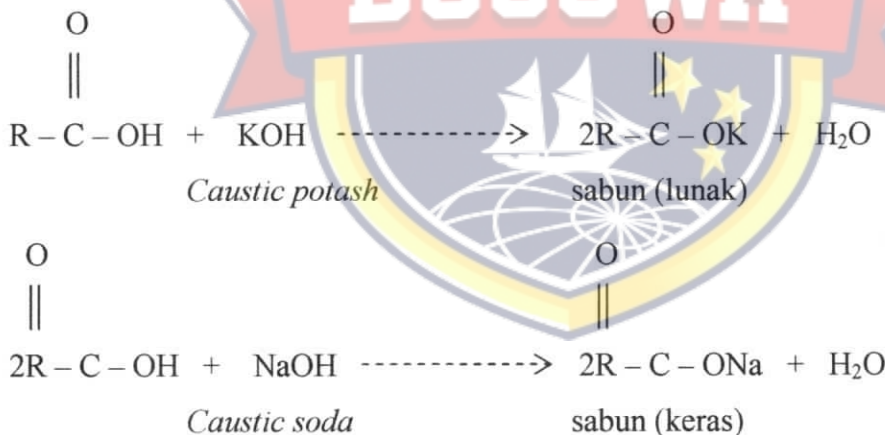
Pada tahun 600 SM, masyarakat Yunisia di mulut Sungai Rhone sudah membuat sabun dari lemak kambing dan abu kayu khusus. Disebutkan dalam *Historia Naturalis*, sabun sebagai bahan cat rambut dan salep dari lemak dan abu pohon beech yang dipakai masyarakat di Gaul, Prancis.

Dan sekitar tahun 700-an, di Italia membuat sabun sebagai seni. Seabad kemudian, bangsa Spanyol menjadi pembuat sabun terkemuka di Eropa. Inggris baru memproduksi sabun di tahun 1200-an. Akhir tahun 1700-an Nicolas Leblanc (Prancis) menemukan bahwa larutan alkali dapat dibuat dari garam meja biasa. Di Amerika Utara industri sabun lahir tahun 1800-an, pengusahanya mengumpulkan sisa-sisa lemak yang kemudian dimasak dalam panci besi yang besar. Selanjutnya, adonan dimasukkan ke dalam cetakan kayu. Setelah mengeras, adonan dipotong-potong lalu siap untuk dijual.

2.3.2. Pembentukan Sabun

Pembentukan sabun dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

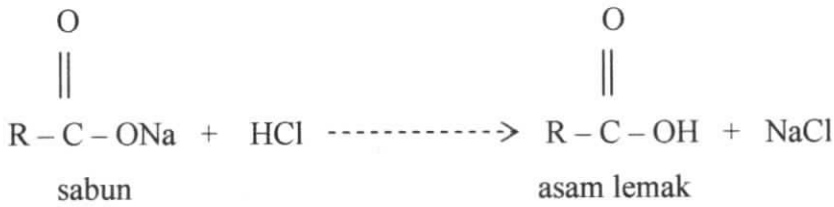
– Saponifikasi : Reaksi asam lemak dengan NaOH/KOH



– Reaksi asam lemak dengan metal/logam akan menghasilkan *metallic soap*.



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



2.3.3. Jenis-jenis Sabun

Sabun berdasarkan jenisnya terbagi menjadi tiga, yaitu :

1. Sabun *Opaque*

Sabun *Opaque* adalah jenis sabun yang biasa digunakan sehari – hari yang memiliki tampilan tidak transparan.

2. Sabun *Translucent*

Sabun *translucent* dari segi penampakan tampak cerah dan tembus cahaya tapi tidak yerlalu bening dan agak berkabut sehingga agak transparan.

3. Sabun *Transparan*

Sabun transparan penampakannya lebih berkilau dan lebih bening sehingga sisi belakang sabun transparan jelas terlihat dari sisi depannya. Sabun transparan ini biasanya digunakan sebagai sabun kecantikan dan ornament sehingga sabun transparan relative lebih mahal dibandingkan dengan sabun opaque atau sabun translucent.

2.4. Sifat-sifat Bahan Baku dan Produk

1. Refined Bleached and Deodorized Palm Oil (RBDPO)

Sifat – sifat :

- Densitas, g/ml 50 °C : 0.8896 – 0.8910
- Indeks refraksi, n_D 50 : 1.4544 – 1.4550
- Angka Penyabunan, mgKOH/g minyak : 190 – 202
- Kemurnian : 98,5 %

2. Virgin Coconut Oil (VCO)

- Titik cair (°C) : 22-26
- Densitas (60 °C) : 0,890-0,895
- Berat spesifik (40 °C/air pada 20 °C) : 0,908-0,921
- Bilangan penyabunan : 248-265

(Andi, 2005)

3. Kalium Hidroksida (KOH)

Sifat – sifat :

- Berat molekul : 56,10 gr/mol
- Spesifik gravity : 2,044
- Titik leleh : 380 °C
- Titik didih : 1320 °C
- Densitas : 1,5143 g/cm³
- Tekanan uap 100 °C : 1064 mmHg
- Komposisi : KOH 30 % berat
Air 70 % berat

(Perry, 1997)

4. Gliserin

- Berat Molekul : 92,09 g/mol
- Densitas : 1,26 g/cm³
- Titik didih : 290 °C
- Titik leleh : 17,9 °C
- Indeks bias, 20 °C : 1,47399
- Tekanan uap, 100 °C : 26 KPa
- Viskositas, 20 °C : 1495 cp
- Specific gravity, 25/25 °C : 1,2620
- Panas penguapan, 55 °C : 88,12 J/mol
- Flash point : 177 °C
- Fire point : 204 °C

(Perry, 1997)

5. Asam Sitrat

- Densitas : 1,665 × 10³ kg/m³
- Titik lebur : 426 K (153 °C)
- Temperatur penguraian termal : 448 K (175 °C)

6. Etanol

- Berat Molekul : 46,07 g/mol
- Densitas : 0,789 g/cm³
- Titik Didih : 78,4 °C
- Titik Leleh : -114,3 °C
- Keasaman (pKa) : 15,9
- Viskositas : 1,200 cP (20 °C)

2.4.2 Sifat – sifat produk

Sabun Transparan

- Ph : 8,5
- Densitas : 0.932 g/cm³
- Suhu Penyabunan : 80 °C

- Suhu pencampuran : 40 °C
- Suhu Pendinginan : 30 °C
- ΔH_f (298 K) : - 95,6794 kkal/kmol
- Warna (tanpa pewarna) : Kuning kecoklatan dan bening

2.5. Proses Pembuatan Sabun

2.5.1. Netralisasi Asam Lemak

Netralisasi ialah suatu proses untuk memisahkan asam lemak bebas dari minyak atau lemak, dengan cara mereaksikan asam lemak bebas dengan basa atau pereaksi lainnya sehingga membentuk sabun (*soap stock*). Pemisahan asam lemak bebas dapat juga dilakukan dengan cara penyulingan yang dikenal dengan istilah de-asidifikasi.

Tujuan proses netralisasi adalah untuk menghilangkan asam lemak bebas (FFA) yang dapat menyebabkan bau tengik (*paper netralisasi minyak, 2010*)

Mazzoni memperkenalkan sistem yang lain pada proses pembuatan sabun transparan melalui Netralisasi asam lemak ini, yaitu dengan menggunakan Na_2CO_3 akan membentuk CO_2 menurut persamaan reaksi sebagai berikut :



Pada pemanasan, asam karbonat yang terbentuk akan terurai menjadi gas CO_2 dan H_2O . Gas CO_2 yang dibebaskan akan membentuk busa dalam sabun yang terbentuk dan mengapungkan partikel sabun di atas permukaan minyak. Gas tersebut dapat dihilangkan dengan cara mengalirkan uap panas atau dengan cara menurunkan tekanan udara di atas permukaan minyak dengan pompa vakum. Cara

netralisasi adalah dengan minyak dinetralkan, dipanaskan pada suhu 35-40°C dengan tekanan lebih rendah dari 1 atmosfer.

2.5.2. Saponifikasi

Kata saponifikasi atau *saponify* berarti membuat sabun (Latin *sapon*, = sabun dan *fy* adalah akhiran yang berarti membuat). Bangsa Romawi kuno mulai membuat sabun sejak 2300 tahun yang lalu dengan memanaskan campuran lemak hewan dengan abu kayu. Pada abad 16 dan 17 di Eropa sabun hanya digunakan dalam bidang pengobatan. Barulah menjelang abad 19 penggunaan sabun meluas.

Saponifikasi adalah reaksi hidrolisis asam lemak oleh adanya basa lemah (misalnya NaOH). Sabun terutama mengandung C12 dan C16, yang selain itu juga mengandung asam karboksilat. Hasil dari proses saponifikasi ini adalah sabun dan gliserol. Proses saponifikasi ini terdiri dari 2 cara yaitu:

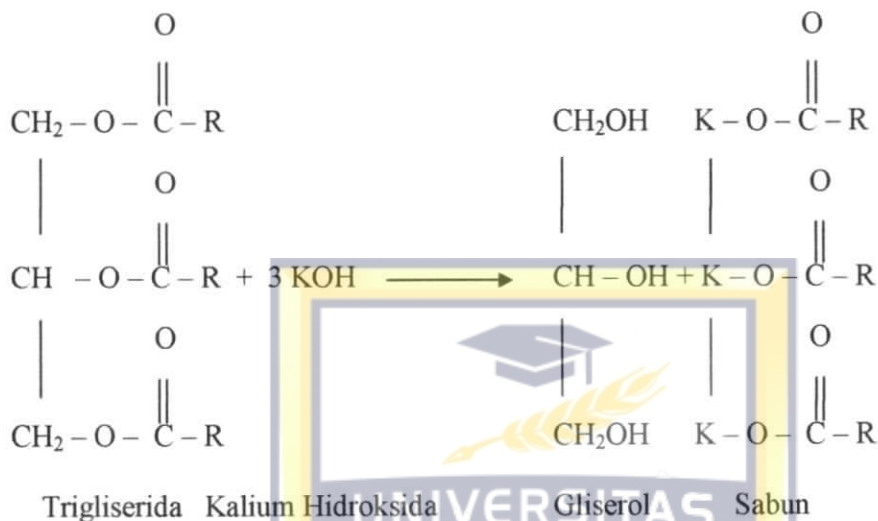
2.5.2.1. Saponifikasi Trigliserida Langsung

Proses ini dilakukan dengan jalan mereaksikan trigliserida (lemak/minyak) dengan basa secara langsung untuk menghasilkan sabun transparan. Proses saponifikasi ini hampir sama dengan proses menggunakan ketel, hanya saja proses ini dilakukan secara kontinyu, sementara proses dengan ketel memakai sistem *batch*.

Langkah pertama dari proses saponifikasi ini adalah pembentukan sabun transparan dimana trigliserida (lemak/minyak), basa kalium dipanaskan didalam Tangki Saponifikasi dan diaduk pada suhu 80 °C dan tekanan 1 atm. Lebih dari

95% lemak berhasil disaponifikasikan pada proses ini. Di sini hasil saponifikasi terbentuk dua produk, yaitu sabun dan gliserol.

Reaksi yang terjadi selama proses penyabunan yaitu :



Reaksi di atas dapat dituliskan dengan rumus seperti di bawah ini:



2.5.2.2. Saponifikasi Metil Ester Asam Lemak

Metil ester asam lemak dihasilkan dari reaksi-esterifikasi trigliserida (lemak/minyak) dengan metanol yang membebaskan gliserin. Seperti pada proses saponifikasi asam lemak, gliserin tidak terlibat dalam proses saponifikasi, hal ini akan mempermudah proses pemurnian sabun. Pemisahan metil ester asam lemak dengan gliserin dilakukan melalui proses destilasi. Metilester asam lemak kemudian direaksikan dengan kaustik soda didalam sebuah reaktor alir turbulen pada suhu 120 °C sehingga dihasilkan produk sabun dengan konversi asam lemak yang cukup tinggi.

ke reaktor alir turbular kedua melalui pompa vakum untuk menyempurnakan reaksi. Hasilnya berupa sabun yang dikeringkan pada pengering vakum untuk menghasilkan lembaran-lembaran sabun (Spitz, 1990).

Proses ini hampir sama dengan proses saponifikasi asam lemak, perbedaan terletak pada adanya metanol yang dihasilkan dalam proses saponifikasi metil ester asam lemak. Secara umum persamaan reaksi dari proses ini dinyatakan sebagai berikut (Riegel, 1985) :



2.6. Pemilihan Proses

Dalam proses pembuatan sabun transparan dipilih proses pembuatan sabun dengan proses Saponifikasi langsung Trigliserida. Kelemahan dan Keuntungan ketiga proses saponifikasi dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perbandingan ketiga proses saponifikasi berdasarkan keunggulan dan kelemahan masing- masing proses.

Jenis Proses	Keunggulan	Kelemahan
Saponifikasi Trigliserida Langsung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adanya gliserol yang terlibat dalam proses. 2. Trigliserida langsung digunakan tanpa proses. 3. Temperatur dan tekanan yang digunakan tidak begitu tinggi ($T=80^{\circ}\text{C}$, 	Konversi reaksi 95 % (Spitz, 1995)

	<p>P= 1 atm).</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Tidak ada limbah. 5. Biaya pemeliharaan lebih murah. 6. Prosesnya sederhana. 7. Penanganan operasinya lebih mudah karena hanya menggunakan beberapa tangki, seperti tangki saponifikasi, tangki mixing, tangki bahan baku dan tangki produk. 	
Saponifikasi Asam Lemak	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asam Lemak langsung digunakan tanpa proses. Tidak ada limbah. 2. Konversi reaksi 97% (Othmer,1967). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak ada gliserol terlibat dalam proses. 2. Temperatur dan tekanan yang digunakan begitu tinggi untuk proses fat splitting ($T=120^{\circ}\text{C}$, $P=2\text{ atm}$).
Saponifikasi Metil Ester	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adanya gliserol terlibat dalam proses. 2. Temperatur dan tekanan yang dibutuhkan tidak begitu tinggi ($T=60^{\circ}\text{C}$, $P= 1\text{ atm}$). 3. Konversi reaksi 98% (Othmer 1967). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adanya proses pendahuluan yaitu reaksi inter esterifikasi. 2. Biaya pemeliharaan mahal. 3. Prosesnya rumit. 4. Ada limbah.

2.7. Deskripsi Proses

Tangki umpan dan sejumlah minyak kelapa sawit (RBDPO) 99,85% dan Virgin Coconut Oil (VCO) 99,95% dengan perbandingan RBDPO : VCO = 80% : 20% dipompakan ke tangki saponifikasi bersama dengan larutan KOH 30% yang berfungsi menetralkan asam pada proses saponifikasi yang berlangsung pada suhu 80 °C dan tekanan 1 atm. Panas yang diperoleh berasal dari saturated steam dengan kondisi 100 °C pada tekanan 1 atm. Sabun yang berbentuk pasta keluar dari tangki saponifikasi kemudian dimasukkan ke Separator untuk memisahkan sabun dengan gliserol dan air. Lalu hasil pemisahan dialirkan ke cooler untuk menurunkan temperatur menjadi 40 °C, kemudian dialirkan ke tangki mixer. Lalu dilakukan penambahan zat aditif berupa Etanol 96% sebanyak 19% yang berfungsi untuk menjernihkan larutan sabun, lalu ditambahkan Gliserin sebanyak 15 % dari tangki penyimpanan yang berfungsi untuk melembutkan, melembabkan kulit serta mencegah iritasi. Kemudian penambahan asam sitrat 3 % dari gudang penyimpanan bahan baku yang berfungsi sebagai zat pengawet dan menurunkan kadar alkali, sehingga menghasilkan pH yang seimbang. Dan yang terakhir adalah penambahan pewangi (*essential oil*) yang beraroma melati (*Jasmine*) 7 % dari tangki penyimpanan yang berfungsi memberi wangi aromatik pada sabun transparan. Diberi penambahan warna (E129/FD&C No.40) 5% dan gula dari gudang penyimpanan bahan baku yang berfungsi untuk memberi warna pada sabun transparan dan memberikan warna lebih mengkilat.

Sabun yang keluar dari tangki mixer disebut sabun transparan setengah jadi. Sabun transparan setengah jadi ini lalu dialirkan ke bagian penanganan produk yaitu dimasukkan ke dalam mesin pencetakan pada temperatur 40 °C

dengan tekanan 1 atm. Setelah dicetak sabun transparan didinginkan pada suhu kamar sebelum dilakukan pengepakan. Dan yang terakhir sabun transparan yang sudah jadi, dikemas dan dipak dan selanjutnya akan dibawa ke gudang produk sebelum diekspor.





RAB III

BOSOWA

NERACAMUSA

BAB III

NERACA MASSA

Kapasitas produksi	: 120.000 ton/tahun
Basis perhitungan	: 100 kg
Operasi Satuan massa	: kg/jam
Jumlah hari kerja	: 330 hari
Jumlah jam operasi	: 24 jam/hari
Kemurnian produk	: 99,5 %

3.1 TANGKI MIXING KOH 30% (TM-01)

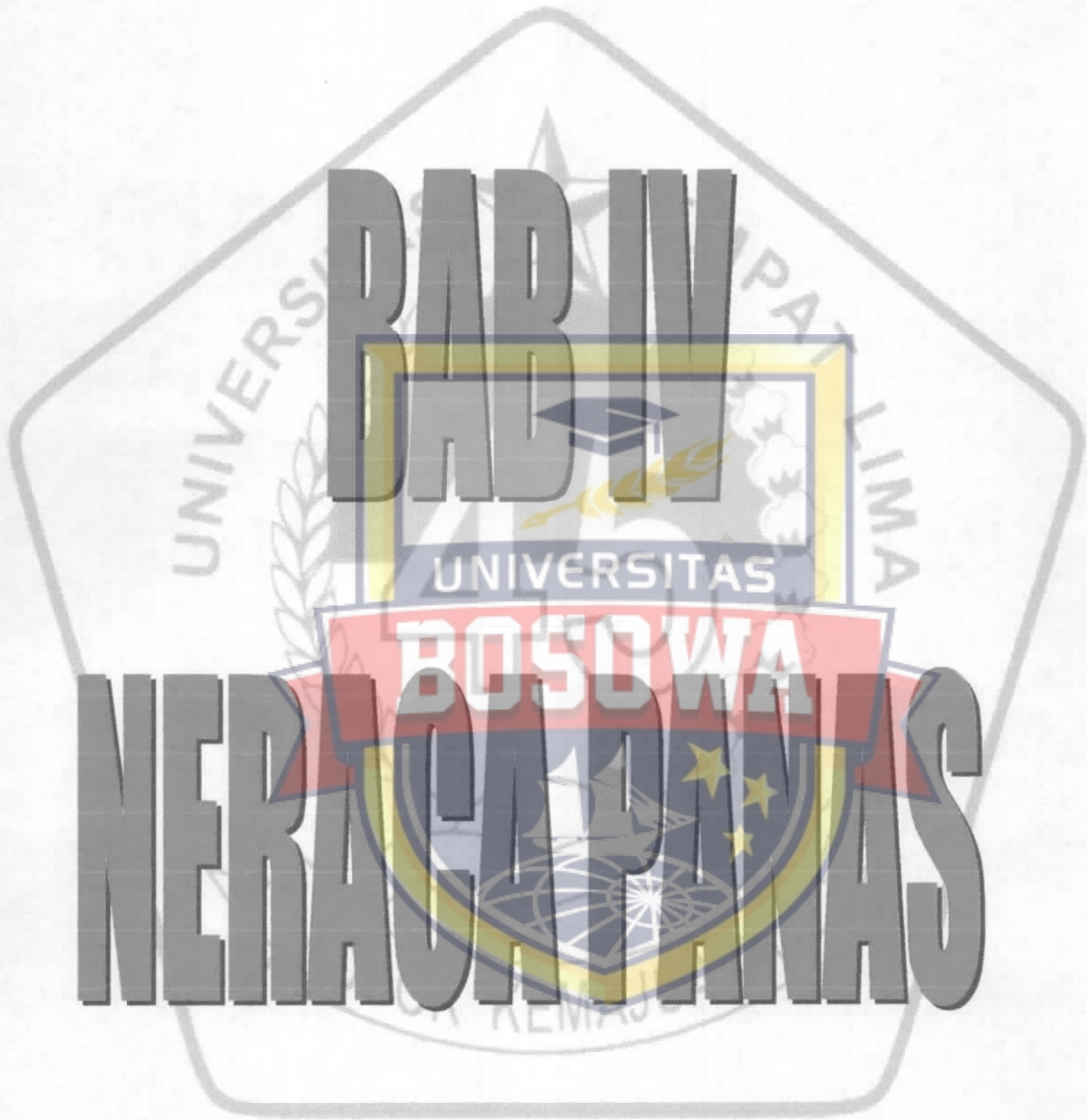
Tabel 3.1 Hasil Perhitungan Neraca Massa Pada Tangki *Mixing* KOH 30 % (TM-01).

Komponen	Massa Masuk (kg/jam)		Massa keluar
	Alur 3	Alur 4	Alur 5
KOH	142,192	-	142,192
Air	-	331,781	331,781
TOTAL	142,192	331,781	473,973

3.2 TANGKI SAPONIFIKASI (TS)

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Neraca Massa pada Tangki Saponifikasi (TS).

KOMPONEN	Massa Masuk (kg/jam)			Massa Keluar
	Alur 1	Alur 2	Alur 5	Alur 6
VCO	1.428,217	-	-	-
RBDPO	-	5.712,868	-	-
KOH	-	-	142,192	-
Air	-	-	331,781	-
Sabun	-	-	-	7.615,058
SUBTOTAL	1.428,217	5.712,868	473,973	7.615,058
TOTAL	7.615,058			7.615,058



RAB III

UNIVERSITAS BOSOWA

NERACU PIMAS

BAB IV

NERACA PANAS

Basis Perhitungan : 1 jam operasi

Suhu Referensi : 25°C = 298 K

Satuan Perhitungan : kkal/jam

4.1. Tangki RBDPO

Komponen	Masuk	Keluar
RBDPO	19.503,731	214.541,040
Steam	195.037,310	-
Total	214.541,040	214.541,040

4.2. Tangki Saponifikasi

Komponen	Masuk	Keluar
RBDPO	214.541,040	-
VCO	5.805,702	-
KOH	150,723	-
H ₂ O	1.658,908	-
Sabun	-	239.569,720
Steam	18.124,910	-
Total	239.569,720	239.569,720

4.3. Cooler

Komponen	Masuk	Keluar
Sabun	177.607,50	48.438,409
H ₂ O	12.022,89	3.278,97
Impurities	1.898,797	517,853
Air Pendingin	-139.293,956	-
Total	191.529,19	191.529,19

4.4. Tangki Pengaduk

Komponen	Masuk	Keluar
Sabun	48.438,409	48.438,409
H ₂ O	3.278,97	5.653,41
Impurities	517,853	517,853
Etanol	8.335,387	25.006,159
Gliserin	6.512,728	19.538,185
Asam Sitrat	1.546,774	4.640,320
Gula	1.157,065	3.471,193
Pewarna	1.340,989	4.022,986
Pewangi	3.383,333	10.099,249
Steam	46.876,24	-
Total	121.387,751	121.387,751



DARUL ULOOM

UNIVERSITAS

BOSQWA

SPEKTRUM HILAL

BAB V

SPESIFIKASI PERALATAN

5.1 Tangki Penyimpanan VCO (T-01)

Fungsi : Tangki penyimpan VCO.

Bentuk : Tangki silinder vertikal dengan alas datar dan tutup datar.

Bahan : *Carbon steel*, SA – 285, Gr.C

Jumlah : 2 unit

Lama penyimpanan : 30 hari

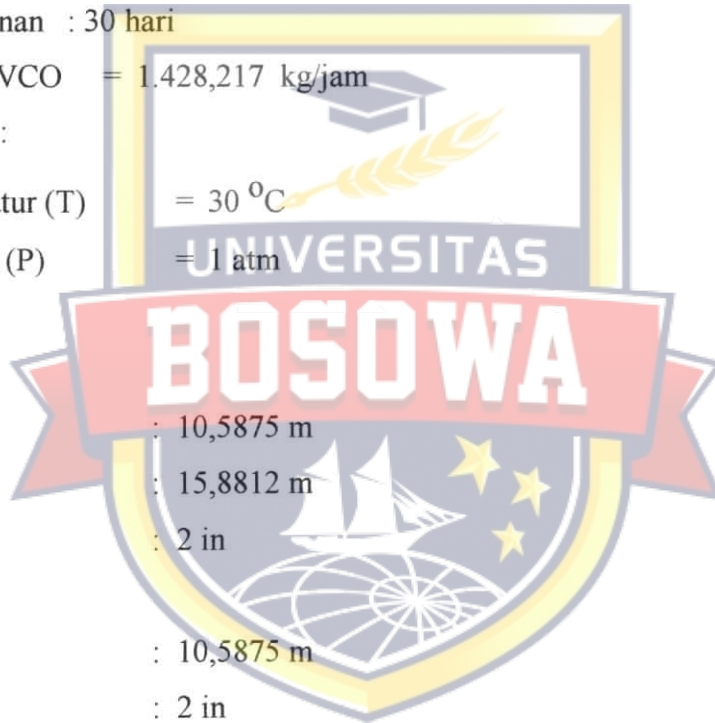
Laju alir massa VCO = 1.428,217 kg/jam

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) = 30 °C
- Tekanan (P) = 1 atm

Kondisi fisik :

- Silinder
 - Diameter : 10,5875 m
 - Tinggi : 15,8812 m
 - Tebal : 2 in
- Tutup
 - Diameter : 10,5875 m
 - Tebal : 2 in



5.2 Tangki minyak kelapa sawit (RBDPO) (T-02)

Fungsi : Tangki penyimpan minyak kelapa sawit (RBDPO).

Bentuk : Tangki silinder vertikal dengan alas datar dan tutup datar.

Bahan : *Carbon steel*, SA – 285, Gr.C

Jumlah : 3 unit

Lama penyimpanan : 30 hari

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) = 30 °C

- Tekanan (P) = 1 atm

Laju alir massa : 5.712,868 kg/jam

Kondisi fisik :

- Silinder
 - Diameter : 11,9267
 - Tinggi : 17,8901 m
 - Tebal : 2 in
- Tutup
 - Diameter : 11,9267 m
 - Tebal : 2 in

5.3 Tangki Produk Gliserol

Fungsi : Tangki penyimpan Gliserol.

Bentuk : Tangki silinder vertikal dengan alas datar dan tutup datar.

Bahan : *Carbon steel*, SA-285, Gr.C

Jumlah : 1 unit

Lama penyimpanan : 30 hari

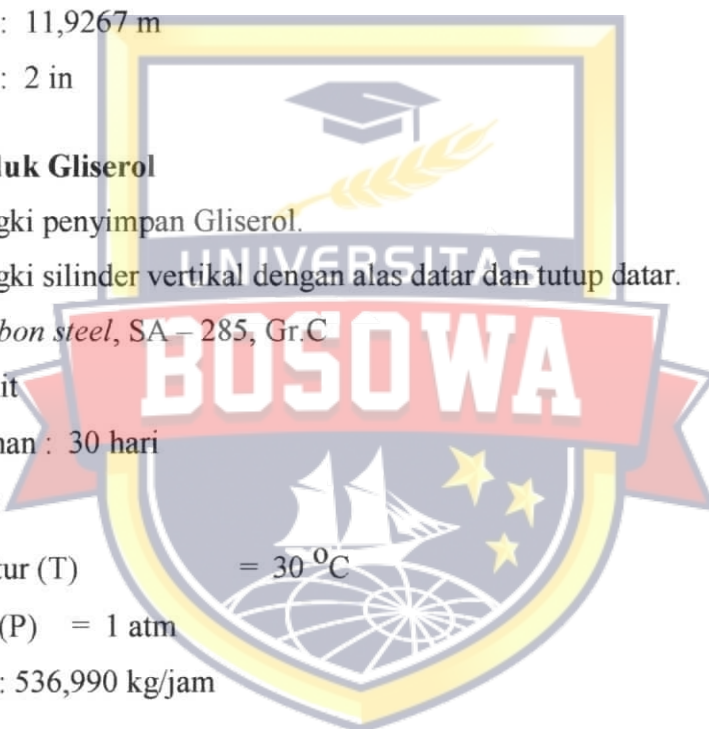
Kondisi operasi :

- Temperatur (T) = 30 °C
- Tekanan (P) = 1 atm

Laju alir massa : 536,990 kg/jam

Kondisi fisik :

- Silinder
 - Diameter : 6,772 m
 - Tinggi : 10,159 m
 - Tebal : 1,5 in
- Tutup
 - Diameter : 6,772 m
 - Tebal : 1,5 in



5.4 Tangki Etanol

Fungsi : Tangki penyimpanan Etanol.

Bentuk : Tangki silinder vertikal dengan alas datar dan tutup ellipsoidal.

Bahan : *Carbon steel*, SA – 285, Gr.C

Jumlah : 1 unit

Lama penyimpanan : 30 hari

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) = 30 °C
- Tekanan (P) = 1 atm

Laju Alir massa : 2.864,394 kg/jam

Kondisi fisik :

▪ Silinder

- Diameter : 11,1554 m

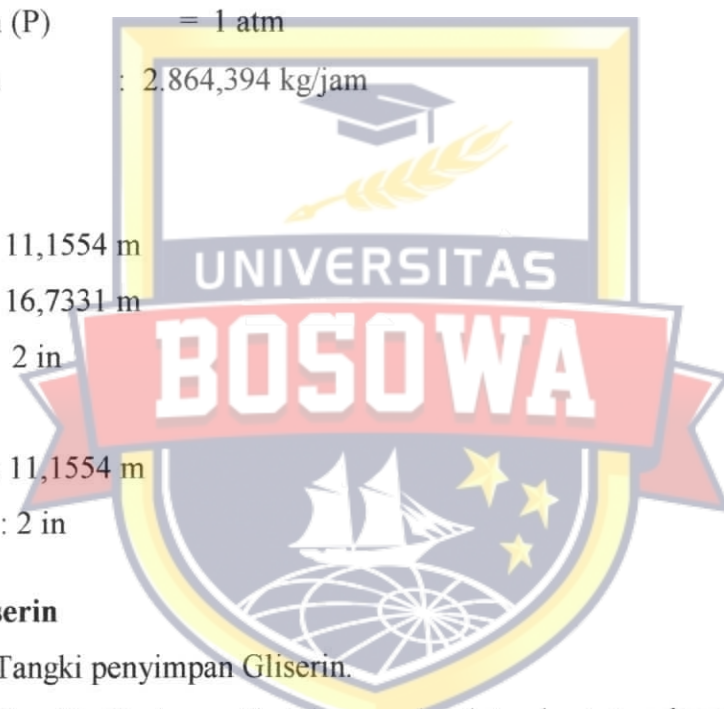
- Tinggi : 16,7331 m

- Tebal : 2 in

▪ Tutup

- Diameter : 11,1554 m

- Tebal : 2 in



5.5 Tangki Gliserin

Fungsi : Tangki penyimpan Gliserin.

Bentuk : Tangki silinder vertikal dengan alas datar dan tutup datar.

Bahan : *Carbon steel*, SA – 285, Gr.C

Jumlah : 1 unit

Lama penyimpanan : 30 hari

Laju Alir massa : 2.261,364 kg/jam

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) = 30 °C
- Tekanan (P) = 1 atm

Bahan : *Carbon steel*, SA – 285, Gr.C

Jumlah : 1 unit

Laju Alir massa : 7615,058 kg/jam

Kondisi operasi :

- Temperatur : 30 °C

- Tekanan : 3 atm

Kondisi fisik :

▪ Silinder

- Diameter : 1,034 m

- Tinggi : 1,378 m

- Tebal : 1,5 in

▪ Tutup

- Diameter : 1,034 m

- Tebal : 1,5 in

5.8 Tangki Mixing (TM-01)

Fungsi : Tempat menghomogenkan larutan KOH dan air

Jenis : Tangki pencampur berpengaduk *marine propeller* 3 daun dengan tutup *ellipsoidal*.

Bentuk : Tangki silinder vertikal dengan alas datar dan tutup *ellipsoidal*.

Bahan : *Stainless steel*, SA – 240 tipe 304, 18 Cr – 8 Ni.

Jumlah : 1 unit

Laju Alir massa : 473,973 kg/jam

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) = 30 °C

- Tekanan (P) = 1 atm

Kondisi fisik :

▪ Silinder

- Diameter : 1,127 m

- Tinggi : 1,690 m

- Tebal : 1,5 in

- Tutup

- Diameter : 1,127 m
- Tebal : 1,5 in

5.9 Tangki Saponifikasi (TS)

Fungsi : untuk mereaksikan trigliserida dengan KOH membentuk sabun dan gliserol.

Jenis : Silinder tegak, alas dan tutup elipsoidal.

Bentuk : Tangki silinder vertikal dengan alas datar dan tutup *ellipsoidal*.

Bahan : *Carbon Steel, SA-283 grade C.*

Jumlah : 1 unit

Laju alir massa = 7.615,058 kg/jam

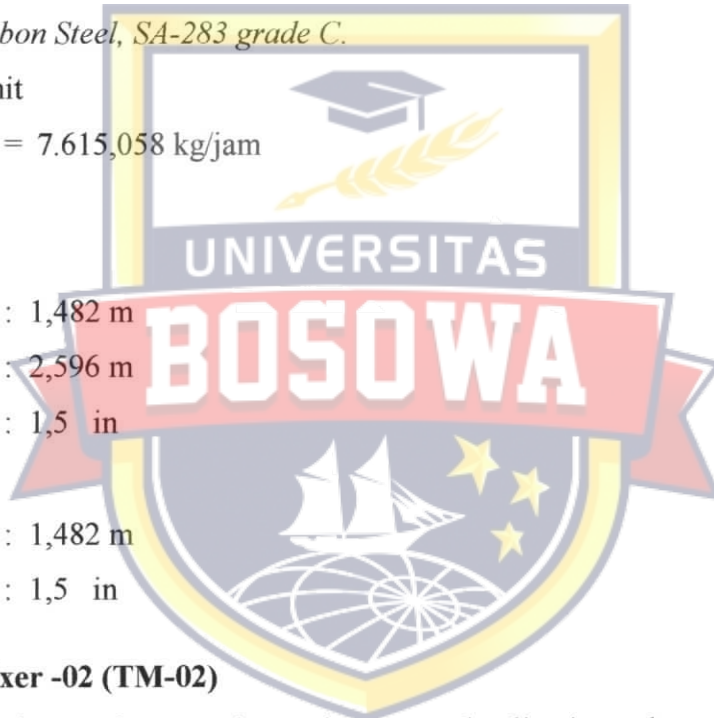
Kondisi fisik :

- Silinder

- Diameter : 1,482 m
- Tinggi : 2,596 m
- Tebal : 1,5 in

- Tutup

- Diameter : 1,482 m
- Tebal : 1,5 in



5.10 Tangki Mixer -02 (TM-02)

Fungsi : untuk menghomogenkan sabun, etanol, gliserin, gula, asam sitrat, pewarna dan pewangi.

Jenis : Silinder tegak, alas dan tutup elipsoidal.

Bentuk : Tangki silinder vertikal dengan alas datar dan tutup *ellipsoidal*.

Bahan : *Carbon Steel, SA-283 grade C.*

Jumlah : 1 unit

Laju alir massa = 15.075,74 kg/jam

Kondisi fisik :

- Silinder

- Diameter : 2,187 m

- Tinggi : 3,828 m
- Tebal : 1,5 in
- Tutup
 - Diameter : 2,187 m
 - Tebal : 1,5 in
- Pengaduk
 - Kecepatan putaran(N) = 60 rpm = 1 rps
 - Diameter impeler (Da) = 0,729 m
 - Tinggi pengaduk dari dasar (E) = 0,729 m
- Jaket Pemanas
 - Diameter dalam jaket (D1) = 2,227 m
 - Diameter luar jaket (D2) = 2,267 m

5.11 Soap Cutter

Fungsi : Mencetak dan memotong sabun yang telah dihomogenkan.

Jenis : holyphant , SC-300

Kondisi Fisik:

- Kecepatan pemotongan = 300 potong/menit
- Scope to be cut = 50-1000 mm
- Effective thickness to be cut: 5-70mm
- Effective length of the cutter: 110 mm
- Power: 3.5 kw
- Size (mm): 1390×870×1550
- Weight: 600 kg

5.12 Gudang produk sabun transparan

Fungsi : Tangki penyimpanan sabun transparan.

Bentuk : Dinding bata,pondasi beton,atap dari rangka plat dan seng.

Jumlah : 1 unit

Lama penyimpanan : 30 hari

Kondisi operasi :

Temperatur (T) = 30 °C

Laju alir massa Pewarna = 452,273 kg/jam

Kebutuhan ruang = 212,5565 m³

Kondisi fisik :

- Panjang gudang = 7 m
- Lebar gudang = 7 m
- Tinggi gudang = 4 m

5.15 Gudang bahan baku Asam Sitrat

Fungsi : Tangki penyimpanan asam sitrat

Bentuk : Dinding bata, pondasi beton, atap dari rangka plat dan seng.

Jumlah : 1 unit

Fasa : padat

Lama penyimpanan : 30 hari

Kondisi operasi :

Temperatur (T) = 30 °C

Tekanan (P) = 1 atm

Laju alir massa Asam Sitrat = 452,273 kg/jam

Kebutuhan ruang = 259,058 m³

Kondisi fisik :

- Panjang gudang = 7 m
- Lebar gudang = 7 m
- Tinggi gudang = 4 m

5.16 Pompa Bahan VCO (L-101)

Fungsi : Memompa bahan dari tangki bahan baku ke tangki saponifikasi

Jenis : Pompa sentrifugal

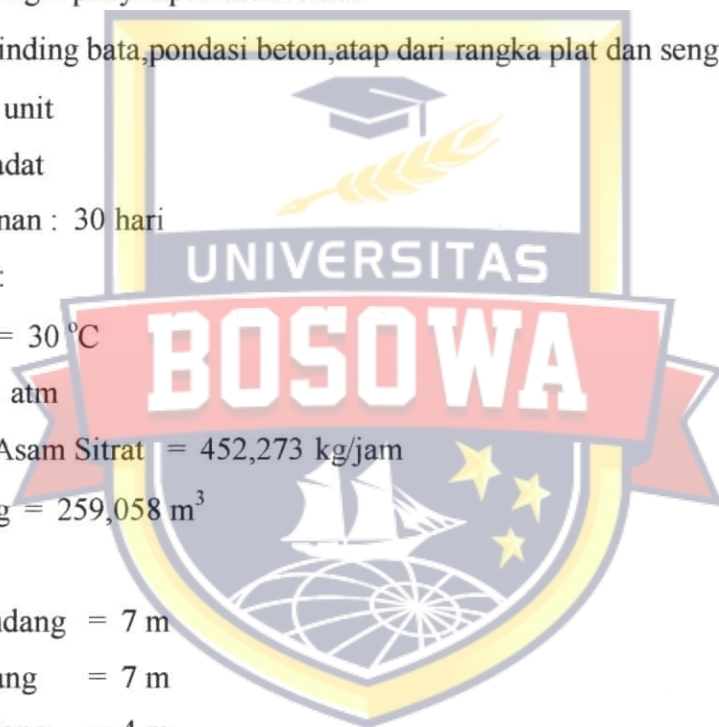
Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1 atm
- Temperatur = 30 °C

Laju alir massa (F) = 1.428,217 kg/jam

Daya motor = 0,5 hp



5.17 Pompa Bahan RBDPO (P-102)

Fungsi : Memompa bahan dari tangki bahan baku ke tangki saponifikasi

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1 atm

- Temperatur = 30 °C

Laju alir massa (F) = 5.712,868 kg/jam

Daya motor = 0,5 hp

5.18 Pompa Bahan Etanol (P-106)

Fungsi : Memompa bahan dari tangki bahan baku ke tangki mixer-02

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1 atm

- Temperatur = 30 °C

Laju alir massa (F) = 2.864,394 kg/jam

Daya motor = 0,5 hp

5.19 Pompa Bahan Gliserin (P-107)

Fungsi : Memompa bahan dari tangki bahan baku ke tangki mixer-02

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1 atm

- Temperatur = 30 °C

Laju alir massa (F) = 2.261,364 kg/jam

Daya motor = 0,5 hp

5.22 Bucket Elevator (BE-02) Gula

Fungsi : Mengangkut gula dari gudang ketangki mixing.

Jenis : *Spaced-Bucket Centrifugal-Discharge Elevator*

Bahan : *Malleable-iron*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) : 30 °C

- Tekanan (P) : 1 atm (14,699 psi)

Laju bahan yang diangkut = 753,788 kg/jam

Kondisi Fisik :

- Tinggi elevator (ΔZ) = 7,62 m

- Ukuran bucket = (6 x 4 x 4 $\frac{1}{4}$) in

- Jarak antar bucket = 0,30480 m

- Kecepatan bucket = 1,143 m/s

- Rasio daya/tinggi = 0,02

- Power poros = 1 hp

- Kecepatan putaran = 43 rpm

- Lebar belt = 0,17780 m

Daya motor = 2 hp

5.22 Bucket Elevator (BE-03) Pewarna

Fungsi : Mengangkut pewarna dari gudang dan ketangki mixing.

Jenis : *Spaced-Bucket Centrifugal-Discharge Elevator*

Bahan : *Malleable-iron*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) : 30 °C

- Tekanan (P) : 1 atm (14,699 psi)

Laju bahan yang diangkut = 452,273 kg/jam

Kondisi Fisik :

- Tinggi elevator (ΔZ) = 7,62 m

- Ukuran bucket = (6 x 4 x 4¼) in
- Jarak antar bucket = 0,30480 m
- Kecepatan bucket = 1,143 m/s
- Rasio daya/tinggi = 0,02
- Power poros = 1 hp
- Kecepatan putaran = 43 rpm
- Lebar belt = 0,17780 m

Daya motor = 2 hp

5.23 Bucket Elevator (BE-03) Asam Sitrat

Fungsi : Mengangkut asam Sitrat dari gudang dan ketangki mixing.

Jenis : *Spaced-Bucket Centrifugal-Discharge Elevator*

Bahan : *Malleable-iron*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) : 30 °C

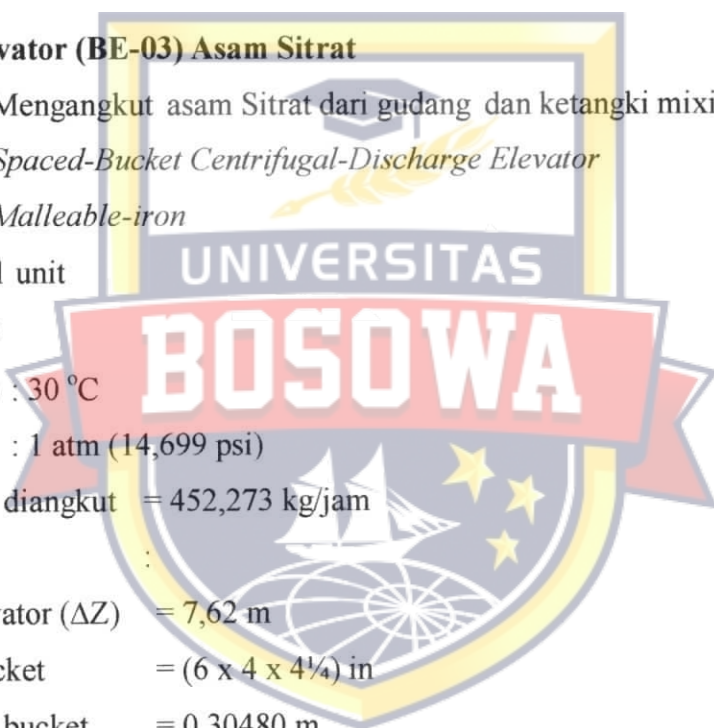
- Tekanan (P) : 1 atm (14,699 psi)

Laju bahan yang diangkut = 452,273 kg/jam

Kondisi Fisik :

- Tinggi elevator (ΔZ) = 7,62 m
- Ukuran bucket = (6 x 4 x 4¼) in
- Jarak antar bucket = 0,30480 m
- Kecepatan bucket = 1,143 m/s
- Rasio daya/tinggi = 0,02
- Power poros = 1 hp
- Kecepatan putaran = 43 rpm
- Lebar belt = 0,17780 m

Daya motor = 2 hp



KATA

KEBUTUHAN

BAB VII

UNIVERSITAS

BOSOWA

UNTILAS

Steam yang digunakan adalah *saturated steam* pada temperatur 100 °C dan tekanan 1 bar. Jumlah *steam* yang dibutuhkan adalah 477,424 kg/jam.

Tambahan untuk faktor kebocoran sebesar 10 %. (Perry, 1999) maka uap yang hilang adalah :

$$= 10 \% \times 477,424 \text{ kg/jam}$$

$$= 47,7424 \text{ kg/jam}$$

Jadi total *steam* yang dibutuhkan = 477,424 + 47,7424 kg/jam

$$= 525,1664 \text{ kg/jam}$$

Diperkirakan 80 % kondensat dapat digunakan lagi,

$$\text{Kondensat yang digunakan} = 80 \% \times 525,1664 \text{ kg/jam}$$

$$= 420,1331 \text{ kg/jam}$$

Maka air yang dibutuhkan ketel uap adalah :

$$= 525,1664 - 420,1331$$

$$= 105,0332 \text{ kg/jam}$$

6.2 Kebutuhan Air

Dalam proses produksi, air memegang peranan penting, baik untuk kebutuhan proses maupun kebutuhan domestik. Adapun kebutuhan air pada pabrik pembuatan Sabun Transparan dari VCO dan RBDPO ini adalah sebagai berikut:

- Air untuk umpan ketel = 105,0332 kg/jam
- Air Proses = 331,781 kg/jam
- Air Pendingin :

Tabel 6.2 Kebutuhan Air Pendingin pada Alat

Nama Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
Cooler (E-101)	7.040,737
Total	7.040,737

Air pendingin bekas digunakan kembali setelah didinginkan dalam refrigerator. Dengan menganggap terjadi kehilangan air selama proses sirkulasi, maka air tambahan yang diperlukan adalah jumlah air yang hilang karena penguapan, *drift loss*, dan *blowdown* (Perry, 1999).

Air yang hilang karena penguapan dapat dihitung dengan persamaan:

$$W_e = 0,00085 W_c (T_2 - T_1) \quad (\text{Perry, 1997})$$

Di mana: W_c = jumlah air masuk menara = 50.594,1741 kg/jam

T_1 = temperatur air masuk = 30 °C = 86 °F

T_2 = temperatur air keluar = 40 °C = 104 °F

Maka,

$$\begin{aligned} W_e &= 0,00085 \times 7.040,737 \times (104-86) \\ &= 107,7232 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Air yang hilang karena *drift loss* biasanya 0,1 – 0,2 % dari air pendingin yang masuk ke refrigerator (Perry, 1997). Ditetapkan *drift loss* 0,2 %, maka:

$$W_d = 0,002 \times 7.040,737 = 14,0814 \text{ kg/jam}$$

Air yang hilang karena *blowdown* bergantung pada jumlah siklus sirkulasi air pendingin, biasanya antara 3 – 5 siklus (Perry, 1997). Ditetapkan 5 siklus, maka:

$$W_b = \frac{W_e}{S-1} = \frac{107.7232}{5-1} = 26.9308 \text{ kg/jam} \quad (\text{Perry, 1997})$$

Sehingga air tambahan yang diperlukan = $W_e + W_d + W_b$

$$= 107,7232 + 14,0814 + 26,9308$$

$$= 148,7355 \text{ kg/jam}$$

- Air untuk berbagai kebutuhan

Kebutuhan air domestik

Kebutuhan air domestik untuk tiap orang/shift adalah 40 – 100 ltr/hari (Met Calf, 1991)

$$\rho_{air} = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ kg/liter}$$

Jumlah karyawan = 151 orang

Maka total air domestik = $4 \times 151 = 604 \text{ ltr/jam} \times 1 \text{ kg/liter} = 604 \text{ kg/jam}$

Pemakaian air untuk kebutuhan lainnya dapat dilihat pada tabel 6.4 berikut.

Tabel 6.4 Pemakaian air untuk berbagai kebutuhan

Kebutuhan	Jumlah air (kg/jam)
Domestik dan kantor	604
Laboratorium	100
Kantin dan tempat ibadah	150
Poliklinik	50
Total	904



Sehingga total kebutuhan air yang memerlukan pengolahan awal adalah

$$= 105,0332 + 148,7355 + 331,781 + 904 = 2201,685176 \text{ kg/jam}$$

Sumber air untuk pabrik pembuatan Sabun Transparan dari VCO dan RBDPO ini adalah dari Sungai Propinsi Sulawesi Barat. Adapun kualitas air sungai dapat dilihat pada tabel 6.5 sebagai berikut.

Tabel 6.5 Kualitas Air Sungai di Sulawesi Barat

No	Parameter	Jumlah (mg/l)
1	Alkalinitas	69.28
2	Aluminium	0.004
3	Arsen	Tidak nyata
4	Bikarbonat	84.520
5	Karbonat (CO ₃)	Tidak nyata
6	Klorida (Cl)	10.03
7	Kalsium (Ca)	10.5
8	CO ₂ bebas	7.340
9	Ph	6.500
10	Ignation Residu	200.00
11	Kesadahan total	4.500
12	Kesadahan Kalsium	10.5
13	Kesadahan Magnesium	25.39
14	Kekeruhan	290 NTU
15	Magnesium (Mg)	26.290
16	Nitrat (NO ₃)	Tidak nyata
17	Air Suspensi	Tidak nyata
18	Sulfat (SO ₄)	99.360
19	Total Solid	216.400
20	Zat Organik	2.250
21	Tembaga	Tidak nyata
22	Seng (Zn)	Tidak nyata
23	Ferrum (Cu)	Tidak nyata
24	Amoniak (NH ₃)	Tidak nyata
25	Timbale (Pb)	Tidak nyata

26	Oksigen Terlarut	Tidak nyata
27	Nitrit	Tidak nyata

(Laporan Baku Mutu Air, Bapedal Sulawesi Selatan, 2011)

Unit Pengolahan Air

Kebutuhan air untuk pabrik pembuatan Sabun Transparan dari VCO dan RBDPO diperoleh dari air sungai Deli yang terletak di sekitar kawasan pabrik. Untuk menjamin kelangsungan penyediaan air, maka di lokasi pengambilan air dibangun fasilitas penampungan air (*water intake*) yang juga merupakan tempat pengolahan awal air sungai. Pengolahan ini meliputi penyaringan sampah dan kotoran yang terbawa bersama air. Selanjutnya air dipompakan ke lokasi pabrik untuk diolah dan digunakan sesuai dengan keperluannya. Pengolahan air di pabrik terdiri dari beberapa tahap, yaitu :

1. *Screening*
2. Sedimentasi
3. Klarifikasi
4. Filtrasi
5. Demineralisasi
6. Deaerasi

6.2.1 *Screening*

Tahap *screening* merupakan tahap awal dari pengolahan air. Adapun tujuan *screening* adalah (Degremont, 1991):

- Menjaga struktur alur dalam utilitas terhadap objek besar yang mungkin merusak fasilitas unit utilitas.
- Memudahkan pemisahan dan menyingkirkan partikel-partikel padat yang besar yang terbawa dalam air sungai.

Pada tahap ini, partikel yang besar akan tersaring tanpa bantuan bahan kimia. Sedangkan partikel-partikel yang lebih kecil akan terikut bersama air menuju unit pengolahan selanjutnya.

6.2.2 Sedimentasi

Setelah air disaring pada tahap *screening*, di dalam air tersebut masih terdapat partikel-partikel padatan kecil yang tidak tersaring pada *screening*. Untuk menghilangkan padatan-padatan tersebut, maka air yang sudah disaring tadi dimasukkan ke dalam bak sedimentasi untuk mengendapkan partikel-partikel padatan yang tidak terlarut.

6.2.3 Klarifikasi

Klarifikasi merupakan proses penghilangan kekeruhan di dalam air. Air *screening* di alirkan ke dalam *clarifier* setelah diinjeksikan larutan alum $Al_2(SO_4)_3$ dan larutan soda abu Na_2CO_3 . Larutan $Al_2(SO_4)_3$ berfungsi sebagai koagulan utama dan larutan dan larutan Na_2CO_3 sebagai koagulan tambahan yang berfungsi sebagai bahan pembantu untuk mempercepat pengendapan dengan penyesuaian pH (basa) dan bereaksi substitusi dengan ion – ion logam membentuk senyawaan karbonat yang kurang/tidak larut. Reaksi koagulasi yang terjadi adalah (Culp dkk, 1978) :



Setelah pencampuran yang disertai pengadukan maka akan terbentuk flok-flok yang akan mengendap ke dasar *clarifier* karena gaya gravitasi, sedangkan air jernih akan keluar melimpah (*over flow*) yang selanjutnya akan masuk ke penyaring pasir (*sand filter*) untuk penyaringan.

Pemakaian larutan aluminium umumnya hingga 50 ppm terhadap jumlah air yang akan diolah, sedangkan perbandingan pemakaian alum dan soda abu = 1 : 0,54 (Baumann, 1971).

Perhitungan alum dan abu soda yang diperlukan :

- Total kebutuhan air = 1.489,5498 kg/jam
- Pemakaian larutan alum = 50 ppm

Pemakaian larutan soda abu $= 0,54 \times 50 = 27 \text{ ppm}$

Larutan alum $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang dibutuhkan $= 50 \cdot 10^{-6} \times 1.489,5498 = 0,0744$
kg/jam

Larutan abu soda Na_2CO_3 yang dibutuhkan $= 27 \cdot 10^{-6} \times 1.489,5498 = 0,04021$
kg/jam

6.2.4 Filtrasi

Filtrasi dalam pemurnian air merupakan operasi yang sangat umum dengan tujuan menyingkirkan *Suspended Solid* (SS), termasuk partikulat BOD dalam air (Metcalf, 1991).

Material yang digunakan dalam medium filtrasi dapat bermacam-macam : pasir, antrasit (*crushed anthracite coal*), karbon aktif granular (*Granular Carbon Active* atau GAC), karbon aktif serbuk (*Powdered Carbon Active* atau PAC) dan batu garnet. Penggunaan yang paling umum dipakai di Afrika dan Asia adalah pasir dan gravel sebagai bahan filter utama, menimbang tipe lain cukup mahal (Kawamura, 1991).

Unit filtrasi dalam pabrik pembuatan Sabun Transparan dari RBDPO dan VCO menggunakan media filtrasi granular (*Granular Medium Filtration*) sebagai berikut :

1. Lapisan atas terdiri dari pasir hijau (*green sand*). Lapisan ini bertujuan memisahkan flok dan koagulan yang masih terikat bersama air. Lapisan yang digunakan setinggi 24 in (60,96 cm).
2. Untuk menghasilkan penyaringan yang efektif, perlu digunakan medium berpori misalnya antrasit atau marmer. Untuk beberapa pengolahan dua tahap atau tiga tahap pada pengolahan *effluent* pabrik, perlu menggunakan bahan dengan luas permukaan pori yang besar dan daya adsorpsi yang lebih besar, seperti Biolite, pozzuolana ataupun *Granular Active Carbon/GAC* (Degremont, 1991). Pada pabrik ini, digunakan antrasit setinggi 11,63 in (29,55 cm).

3. Lapisan bawah menggunakan batu kerikil/*gravel* setinggi 7 in (17,78 cm) (Metcalf, 1991).

Bagian bawah alat penyaring dilengkapi dengan *strainer* sebagai penahan. Selama pemakaian, daya saring *sand filter* akan menurun. Untuk itu diperlukan regenerasi secara berkala dengan cara pencucian balik (*back washing*). Dari *sand filter*, air dipompakan ke menara air sebelum didistribusikan untuk berbagai kebutuhan.

Untuk air domestik, laboratorium, kantin, dan tempat ibadah, serta poliklinik, dilakukan proses klorinasi, yaitu mereaksikan air dengan klor untuk membunuh kuman-kuman di dalam air. Klor yang digunakan biasanya berupa kaporit, $\text{Ca}(\text{ClO})_2$.

Perhitungan kebutuhan kaporit, $\text{Ca}(\text{ClO})_2$:

Total kebutuhan air yang memerlukan proses klorinasi = 904 kg/jam Kaporit yang digunakan direncanakan mengandung klorin 70 % Kebutuhan klorin = 2 ppm dari berat air

Total kebutuhan kaporit = $(2 \cdot 10^{-6} \times 904) / 0,7 = 0,002582 \text{ kg/jam}$

6.2.5 Demineralisasi

Air untuk umpan ketel dan proses harus murni dan bebas dari garam-garam terlarut. Untuk itu perlu dilakukan proses demineralisasi, dimana alat demineralisasi dibagi atas :

a. Penukar kation

Berfungsi untuk mengikat logam – logam alkali dan mengurangi kesadahan air yang digunakan. Proses yang terjadi adalah pertukaran antara kation Ca, Mg, dan Mn yang larut dalam air dengan kation hidrogen dan resin. Resin yang digunakan bertipe gel dengan merek IR-22 (Lorch, 1981).

Reaksi yang terjadi :



Untuk regenerasi dipakai H₂SO₄ dengan reaksi :



Perhitungan kesadahan kation :

Air Sungai di Sulawesi Barat mengandung kation Fe²⁺, Cd²⁺, Pb²⁺, Mn²⁺, Ca²⁺, Zn²⁺ dan Mg²⁺, masing – masing 0 ppm; 0 ppm; 0 pp; 0 ppm; 10,5 ppm; 0,0004 ppm dan 26,290 ppm.

$$1 \text{ gr/gal} = 17,1 \text{ ppm}$$

$$\text{Total kesadahan kation} = (0 + 0 + 0 + 0 + 10,5 + 0,0004 + 26,290) \text{ ppm}$$

$$= 36,7904 \text{ ppm}$$

$$= 36,7904 \text{ ppm}/17,1 = 2,151 \text{ gr/gal}$$

$$\text{Jumlah air yang diolah} = 436,8142 \text{ kg/jam}$$

$$= \frac{436.8142 \text{ kg jam}}{997.08 \text{ kg m}^3} \times 264.17 \text{ gal m}^3$$

$$= 115,7311 \text{ gal/jam}$$

$$\text{Kesadahan air} = 2,151 \text{ gr/gal} \times 115,7311 \text{ gal/jam} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$= 5,975,8537 \text{ gr/hari} = 5,9758 \text{ kg/hari}$$

Perhitungan ukuran Cation Exchanger :

$$\text{Jumlah air yang diolah} = 436,8142 \text{ kg/jam} = 115,7311 \text{ gal/jam} = 1,9288 \text{ gal/menit}$$

Dari Tabel 12.4, *Nalco Water Treatment, 1988* diperoleh data – data sebagai berikut :

- Diameter penukar kation = 2 ft
- Luas penampang penukar kation = 3,14 ft²
- Jumlah penukar kation = 1 unit

Volume Resin yang Diperlukan

$$\text{Total kesadahan air} = 5,9758 \text{ kg/hari}$$

Dari Tabel 12.2, *Nalco, 1988* diperoleh :

- Kapasitas resin = 5 kg/ft³
- Kebutuhan *regenerant* = 6 lb H₂SO₄/ft³ resin

$$\text{Jadi, Kebutuhan resin} = \frac{5,9758 \text{ kg hari}}{5 \text{ kg ft}^3} = 1,1951 \text{ ft}^3 \text{ hari}$$

$$\text{Tinggi resin} = \frac{1,1951}{3,14} = 0,3806 \text{ ft}$$

Tinggi minimum resin adalah 30 in = 2,5 ft (Tabel 12.4, *Nalco, 1988*)

$$\text{Sehingga volume resin yang dibutuhkan} = 2,5 \text{ ft} \times 3,14 \text{ ft}^2 = 7,85 \text{ ft}^3$$

$$\text{Waktu regenerasi} = \frac{7.85 \text{ ft}^3 \times 5 \text{ kg/ft}^3}{5.9758 \text{ kg/hari}} = 6.5680 \text{ hari} = 157.6343 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan regenerant H}_2\text{SO}_4 &= 5.9758 \text{ kg hari} \times \frac{6 \text{ lb ft}^3}{5 \text{ kg ft}^3} \\ &= 7.1710 \text{ lb hari} = 3.2527 \text{ kg hari} \end{aligned}$$

b. Penukar Anion (Anion Exchanger)

Penukar anion berfungsi untuk menukar anion negatif yang terdapat dalam air dengan ion hidroksida dari resin. Resin yang digunakan bermerek IRA-410. Resin ini merupakan kopolimer stirena DVB (Lorch,1981). Reaksi yang terjadi :



Untuk regenerasi, dipakai larutan NaOH dengan reaksi :



Perhitungan kesadahan anion :

Air Sungai di Sulawesi Barat mengandung anion SO_4^{2-} Cl^- dan CO_3^{2-} masing – masing

99,360 ppm, 10,03 ppm dan 0 ppm. (1 gr/gal = 17,1 ppm)

Total kesadahan anion = (99,360 + 10,03 + 0) ppm

$$= 109,39 \text{ ppm} / 17,1$$

$$= 6,3970 \text{ gr/gal}$$

Jumlah air yang diolah = 436,8142 kg/jam

$$= \frac{436,8142 \text{ kg/jam}}{997,08 \text{ kg/m}^3} \times 264,17 \text{ gal/m}^3$$

$$= 115,7311 \text{ gal/jam}$$

Kesadahan air = 6,3970 gr/gal \times 115,7311 gal/jam \times 24 jam/hari

$$= 17.767,9740 \text{ gr/hari} = 17,7679 \text{ kg/hari}$$

Perhitungan Ukuran *Anion Exchanger*:

Jumlah air yang diolah = 436,8142 = 1,9288 gal/menit

Dari Tabel 12.4., *Nalco Water Handbook*, 1988 diperoleh :

- Diameter penukar anion = 1 ft

- Luas penampang penukar anion = 3,14 ft²

- Jumlah penukar anion = 1 unit

Volume resin yang diperlukan:

Total kesadahan air = 17,7679 kg/hari

Dari Tabel 12.7., *Nalco Water Handbook*, 1988 diperoleh:

- Kapasitas resin = 12 kg/ft³

- Kebutuhan *regenerant* = 5 lb NaOH/ft³ resin

$$\text{Kebutuhan resin} = \frac{17,7679 \text{ kg/hari}}{35 \text{ kg/ft}^3} = 0,5076 \text{ ft}^3/\text{hari}$$

$$\text{Tinggi resin} = \frac{0,5076}{3,14} = 0,1616 \text{ ft}$$

Sehingga volume resin yang dibutuhkan = $0,1616 \text{ ft} \times 3,14 \text{ ft}^2 = 0,5076 \text{ ft}^3$

$$\text{Waktu regenerasi} = \frac{0,5076 \text{ ft}^3 \times 35 \text{ kg/ft}^3}{17,7679 \text{ kg/hari}} = 1 \text{ hari} = 24 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan regenerant NaOH} &= 17,7679 \text{ kg/hari} \times \frac{5 \text{ lb ft}^3}{35 \text{ kg/ft}^3} \\ &= 2,5382 \text{ lb/hari} = 1,1513 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

6.2.6 Deaerator

Deaerator berfungsi untuk memanaskan air yang keluar dari alat penukar ion (*ion exchanger*) dan kondensat bekas sebelum dikirim sebagai air umpan ketel. Pada deaerator ini, air dipanaskan hingga 90°C supaya gas-gas yang terlarut dalam air, seperti O_2 dan CO_2 dapat dihilangkan, sebab gas-gas tersebut dapat menyebabkan korosi. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan koil pemanas di dalam deaerator.

6.3 Kebutuhan Bahan Kimia

Kebutuhan bahan kimia pada pabrik pembuatan Sabun Transparan adalah sebagai berikut :

1. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ = 0,148 kg/jam
2. Na_2CO_3 = 0,0799 kg/jam
3. Kaporit = 0,0026 kg/jam
4. H_2SO_4 = 2,4711 kg/hari
5. NaOH = 3,498 kg/hari

6.4 Kebutuhan Listrik

det/jam

$$= 1.669.754,576 \text{ Btu/jam}$$

Jumlah bahan bakar = $((1.669.754,576 \text{ Btu/jam}) / (19860 \text{ Btu/lbm})) \times 0,45359$
kg/lbm)

$$= 38,1361 \text{ kg/jam}$$

Kebutuhan solar = $(38,1361 \text{ kg/jam}) / (0,89 \text{ kg/ltr}) = 42,8496 \text{ liter/jam}$

Keperluan bahan bakar Ketel Uap

Uap yang dihasilkan ketel uap = 1.144,4162 kg/jam

Panas Steam (100 °C, 1 bar) = 2676 kJ/kg
(Reklaitis, 1983)

Panas dari dearator (90 °C, 0,7 bar) = 376,8 kJ/kg
(Reklaitis, 1983)

Panas kondensat (100 °C, 1 bar) = 419,1 kJ/kg
(Reklaitis, 1983)

$$\text{Panas campuran} = \frac{m_{\text{condensat}} \times H_{\text{condensat}} + m_{\text{dearator}} \times H_{\text{dearator}}}{m_{\text{condensat}} + m_{\text{dearator}}}$$

$$= \frac{477.424 \times 419.1 + 436.814 \times 376.8}{914.238} = 398.889 \text{ Kj / Kg}$$

$$\text{Panas di ketel} = H_{\text{steam}} - H_{\text{air yang masuk ke boiler}} = 2676 - 398,889$$

$$= 2277.11 \text{ kj kg}$$

$$= 525.1664 \text{ kg/jam} \times (398.889 \text{ kJ/kg} / 1.05506 \text{ kJ Btu})$$

$$= 198.550,8882 \text{ Btu/jam}$$

Efisiensi ketel uap = 80 %

Panas yang harus disuplai ketel = $(198.550,8882 \text{ Btu/jam}) / 0,80$

$$= 248.188,6103 \text{ Btu/jam}$$

Nilai bahan bakar solar = 19860 Btu/lb(Perry, 1999)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah bahan bakar} &= (248.188,6103 \text{ Btu/jam}) / (19860 \text{ Btu/lb}_m) \times 0,45359 \text{ kg/lb}_m \\ &= 5,6684 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Kebutuhan solar = $(5,6684 \text{ kg/jam}) / (0,89 \text{ kg/ltr}) = 6,3690 \text{ liter/jam}$

Total Solar = $38,1361 + 6,3690 \text{ kg/jam} = 44,5052 \text{ Kg/Jam} = 49,2187 \text{ l/Jam}$.

6.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah dari suatu pabrik harus diolah sebelum dibuang ke badan air atau atmosfer, karena limbah tersebut mengandung bermacam-macam zat yang dapat membahayakan alam sekitar maupun manusia itu sendiri. Demi kelestarian lingkungan hidup, maka setiap pabrik harus mempunyai unit pengolahan limbah.

Sumber-sumber limbah cair pabrik pembuatan sabun transparan dari campuran minyak kelapa sawit (RBDPO) dan VCO :

1. Limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik

Limbah ini diperkirakan mengandung kerak dan kotoran-kotoran yang melekat pada peralatan pabrik.

Pencucian peralatan pabrik = 100 liter/jam

2. Limbah domestik

Limbah ini mengandung bahan organik sisa pencernaan yang berasal dari kamar mandi di lokasi pabrik, serta limbah dari kantin berupa limbah padat dan limbah cair.

Diperkirakan air buangan tiap orang untuk 20 liter/hari jadi jumlah limbah

domestik dan kantor = 83,33333 liter/jam (Metcalf & Eddy, 1991)

3. Limbah laboratorium

Limbah yang berasal dari laboratorium ini mengandung bahan-bahan kimia yang digunakan untuk menganalisa mutu bahan baku yang dipergunakan dan mutu produk yang dihasilkan, serta yang dipergunakan untuk penelitian dan pengembangan proses.

Pengolahan limbah cair pabrik ini dilakukan dengan menggunakan *activated sludge* (sistem lumpur aktif), mengingat cara ini dapat menghasilkan *effluent* dengan BOD yang lebih rendah (20 – 30 mg/l) (Perry, 1997).

Laboratorium = 50 liter/jam

$$\begin{aligned} \text{Total air buangan} &= 0,0007 + 100 + 83,33333 + 50 \\ &= 233,33333 \text{ liter/jam} = 0,233333 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Asumsi menggunakan BOD₅ pabrik oleokimia:

BOD₅ = 507 mg/liter (PT. SOCI, Februari 2010)

Dari nilai BOD₅ di atas, maka dipilihlah pengolahan limbah cair pabrik pembuatan sabun transparan dengan menggunakan *activated sludge* (sistem lumpur aktif). Selain itu, metode ini mudah dalam penggunaannya dan murah dalam pengadaanya. Juga dengan cara ini dapat menghasilkan *effluent* dengan BOD yang lebih rendah 20-30 mg/liter (kep-51/MENLH/10/1995), dan karakteristik limbah proses yang mayoritas campuran berjenis limbah organik (Perry, 1997).

6.7 Spesifikasi Peralatan

6.7.1 Screening (S-01)

Fungsi : Menyaring partikel-partikel padat yang besar

Jenis : *Bar screen*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Stainless steel*

Ukuran *screening*:

– Panjang = 2 m

– Lebar = 2 m

Ukuran *bar* :

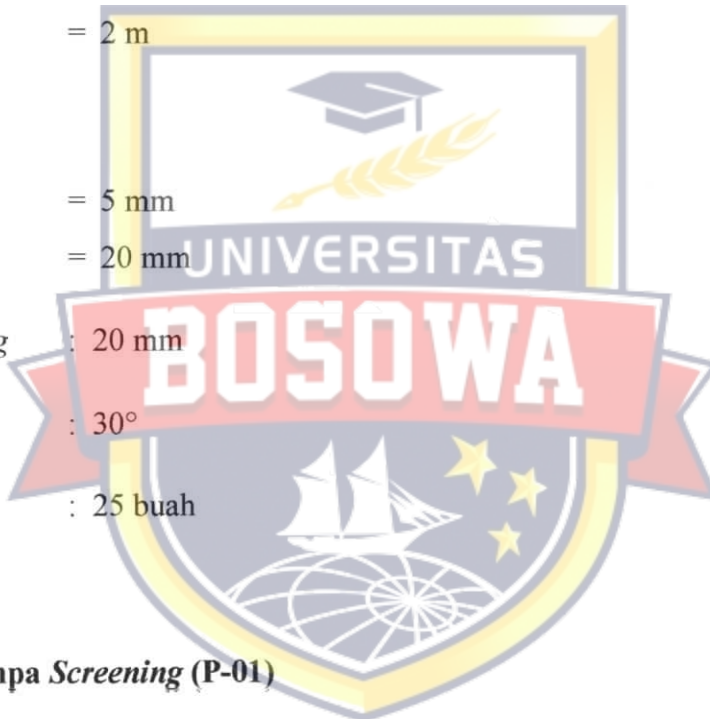
– Lebar = 5 mm

– Tebal = 20 mm

Bar clear spacing : 20 mm

Slope : 30°

Jumlah *bar* : 25 buah



6.7.2 Pompa Screening (P-01)

Fungsi : Memompa air dari sungai ke *Water Reservoir* (V-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Daya motor : 1 hp

6.7.3 Water Reservoir (V-01)

Fungsi : Tempat penampungan air sementara

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Kondisi operasi : Temperatur 28°C ; Tekanan 1 atm

Kapasitas : 209,85 m³/hari

Panjang : 4,26 m

Lebar : 2,13 m

Tinggi : 2,13 m

Waktu tinggal : 0,08333 hari

6.7.4 Pompa Water Reservoir (P-02)

Fungsi : Memompa air dari *water reservoir* ke bak sedimentasi

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Daya motor : 1 hp

6.7.5 Bak Sedimentasi (V-02)

Fungsi : Untuk mengendapkan partikel-partikel padatan kecil yang tidak tersaring dan terikut dengan air

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Kondisi operasi : Temperatur 30°C ; Tekanan 1 atm

Kapasitas : 0,02169 ft³/s

Panjang : 1 ft

Lebar : 2 ft

Tinggi : 10 ft

Waktu retensi : 11,3677 menit

6.7.6 Pompa Sedimentasi (P-03)

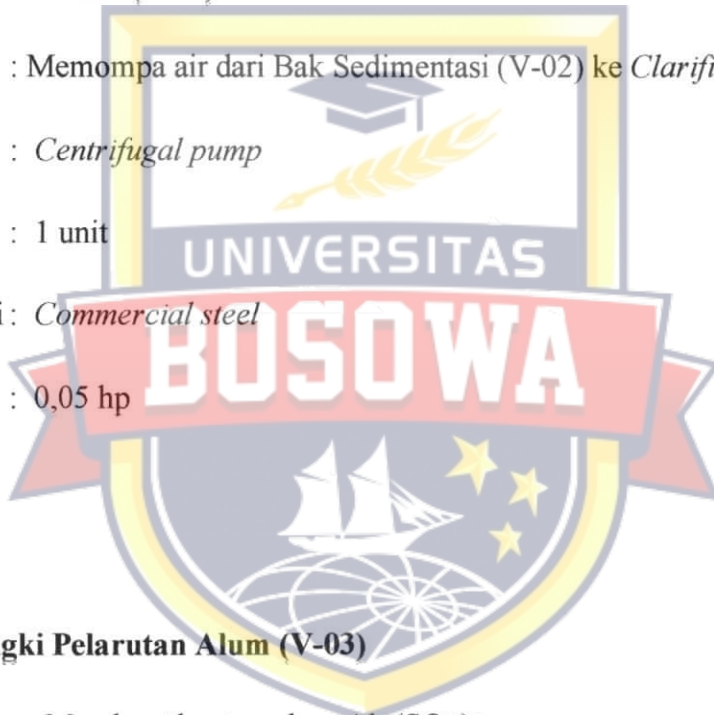
Fungsi : Memompa air dari Bak Sedimentasi (V-02) ke Clarifier (V-05)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Daya motor : 0,05 hp



6.7.7 Tangki Pelarutan Alum (V-03)

Fungsi : Membuat larutan alum Al₂(SO₄)₃

Bentuk : Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283, Grade C*

Kondisi pelarutan : Temperatur 30°C ; Tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 0,2326 m³

- Diameter : 0,7236 m
- Tinggi : 1,0854 m
- Jenis pengaduk : *flat 6 blade turbin impeller*
- Jumlah *baffle* : 4 buah
- Daya motor : 0,05 hp

6.7.8 Pompa Alum (P-04)

- Fungsi : Memompa larutan alum dari Tangki Pelarutan Alum (V-03) ke *Clarifier* (V-05)
- Jenis : *Centrifugal pump*
- Bahan konstruksi : *Commercial steel*
- Jumlah : 1 unit
- Daya motor : 0,05 hp



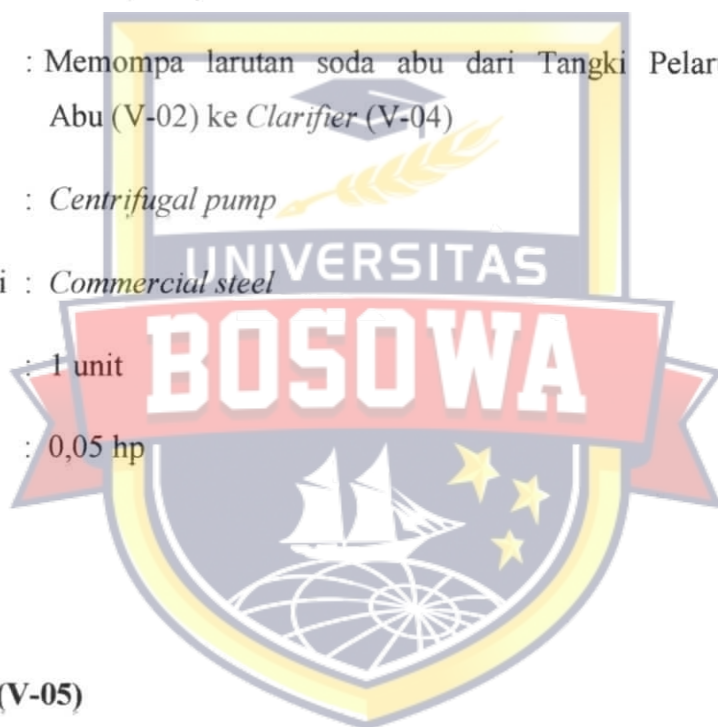
6.7.9 Tangki Pelarutan Soda Abu (V-04)

- Fungsi : Membuat larutan soda abu Na_2CO_3
- Bentuk : Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar
- Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283, Grade C*
- Kondisi pelarutan : Temperatur 30 °C ; Tekanan 1 atm
- Jumlah : 1 unit
- Kapasitas : 0,1290 m³

Diameter	: 0,4013 m
Tinggi	: 0,6020 m
Jenis pengaduk	: <i>flat 6 blade turbin impeller</i>
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah
Daya motor	: 0,05 hp

6.7.10 Pompa Soda Abu (P-05)

Fungsi	: Memompa larutan soda abu dari Tangki Pelarutan Soda Abu (V-02) ke <i>Clarifier</i> (V-04)
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Jumlah	: 1 unit
Daya motor	: 0,05 hp



6.7.11 *Clarifier* (V-05)

Fungsi	: Memisahkan endapan (flok-flok) yang terbentuk karena penambahan alum dan soda abu
Tipe	: <i>External Solid Recirculation Clarifier</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-283, Grade C</i>
Kondisi operasi	: Temperatur 28°C ; Tekanan 1 atm
Jumlah	: 1 unit

Kapasitas	: 2,2101 m ³
Diameter	: 0,4692 m
Tinggi	: 0,7038 m
Daya motor	: 0,05 hp

6.7.12 Sand Filter (V-06)

Fungsi	: Menyaring endapan (flok-flok) yang masih terikut dengan air yang keluar dari <i>Clarifier</i> (V-05)
Bentuk	: Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-283, Grade C</i>
Kondisi operasi	: Temperatur 28°C ; Tekanan 1 atm
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 0,73707 m ³
Diameter tangki	: 0,7212 m
Tinggi tangki	: 2,1638 m

6.7.13 Pompa Filtrasi (P-06)

Fungsi	: Memompa air dari Tangki Filtrasi (V-06) ke Menara Air (V-07)
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Daya motor	: 1 hp

6.7.14 Tangki Pelarutan Asam Sulfat (V-08)

Fungsi	: Membuat larutan asam sulfat H_2SO_4
Bentuk	: Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-283, Grade C</i>
Kondisi pelarutan	: Temperatur $28^{\circ}C$; Tekanan 1 atm
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: $1,1558 m^3$
Diameter	: 3,5959 m
Tinggi	: 5,3939 m
Jenis pengaduk	: <i>flat 6 blade turbin impeller</i>
Jumlah baffle	: 4 buah
Daya motor	: 18 hp

6.7.15 Pompa Asam Sulfat (P-08)

Fungsi	: Memompa larutan asam sulfat dari Tangki Pelarutan Asam Sulfat (V-08) ke <i>Cation Exchanger</i> (V-09)
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Jumlah	: 1 unit
Daya motor	: 0,05 hp

6.7.16 Cation Exchanger (V-09)

Fungsi	: Mengikat logam-logam alkali dan mengurangi kesadahan air
--------	--

Bentuk : Silinder vertikal dengan alas dan tutup elipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283, Grade C*

Kondisi operasi : Temperatur 28°C ; Tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Resin yang digunakan : IRR-122

Silinder : - Diameter : 0,6096 m

- Tinggi : 0,9144 m

Alas / Tutup : - Diameter : 0,6096 m

- Tinggi : 0,3048 m

6.7.17 Pompa *Cation Exchanger* (P-10)

Fungsi : Memompa air dari *Cation Exchanger* (V-09) ke *Anion Exchanger* (V-10)

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Jumlah : 1 unit

Daya motor : 0,05 hp

6.7.18 Tangki Pelarutan NaOH (V-10)

Fungsi : Membuat larutan natrium hidroksida NaOH

Bentuk : Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283, Grade C*

Kondisi pelarutan : Temperatur 28°C ; Tekanan 1 atm

Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 0,35768 m ³
Diameter	: 3,6508 ft
Tinggi	: 5,476 ft
Jenis pengaduk	: <i>flat 6 blade turbin impeller</i>
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah
Daya motor	: 0,05 hp

6.7.19 Pompa NaOH (P-09)

Fungsi	: Memompa larutan NaOH dari Tangki Pelarutan NaOH (V-10) ke <i>Anion Exchanger</i> (V-11)
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Jumlah	: 1 unit
Daya motor	: 0,05 hp

6.7.20 *Anion Exchanger* (V-11)

Fungsi	: Mengikat anion yang terdapat dalam air
Bentuk	: Silinder vertikal dengan alas dan tutup elipsoidal
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-283, Grade C</i>
Kondisi operasi	: Temperatur 28°C ; Tekanan 1 atm
Jumlah	: 1 unit

Silinder : - Diameter : 0,3048 m
 - Tinggi : 0,9144 m

Alas / Tutup : - Diameter : 0,3048 m
 - Tinggi : 0,152 m

6.7.21 Pompa Anion Exchanger (P-11)

Fungsi : Memompa air dari *Anion Exchanger* (V-11) ke Deaerator (V-12)

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Jumlah : 1

Daya motor : 0,05 hp

6.7.22 Deaerator (V-12)

Fungsi : Menghilangkan gas-gas yang terlarut di dalam air

Bentuk : Silinder horizontal dengan tutup elipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283, Grade C*

Kondisi operasi : Temperatur 90°C ; Tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 6,6204 m³

Silinder : - Diameter : 1,77776 m
 - Tinggi : 2,664 m

Tutup : - Diameter : 2,971 m

- Tinggi : 2,3698 m

6.7.23 Pompa Deaerator (P-15)

Fungsi : Memompa air dari Deaerator (V-12) ke Ketel Uap (V-13)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Daya motor : 0,05 hp

6.7.24 Ketel Uap (V-13)

Fungsi : Menyediakan uap untuk keperluan proses

Jenis : Ketel pipa api

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 1.144,4162 kg/jam

Panjang *tube* : 30 ft

Diameter *tube* : 6 in

Jumlah *tube* : 14 buah

6.7.25 Water Cooling Tower (V-14)

Fungsi : Mendinginkan air dari temperatur 78,32388°C menjadi 30°C

Jenis : *Mechanical Draft Cooling Tower*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

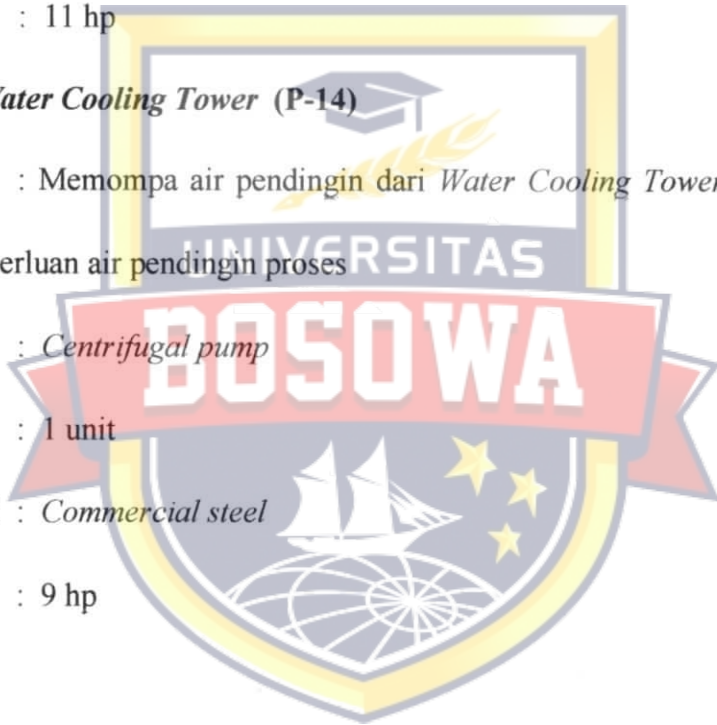
Kondisi operasi : Suhu air masuk menara = 78,32388°C

Suhu air keluar menara = 30°C

- Jumlah : 1 unit
- Kapasitas : $84,356 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Luas menara : $21256,588 \text{ ft}^2$
- Tinggi : 1,716 m
- Daya : 11 hp

6.7.26 Pompa Water Cooling Tower (P-14)

- Fungsi : Memompa air pendingin dari *Water Cooling Tower* (V-14) untuk keperluan air pendingin proses
- Jenis : *Centrifugal pump*
- Jumlah : 1 unit
- Bahan konstruksi : *Commercial steel*
- Daya motor : 9 hp



6.7.27 Tangki Pelarutan Kaporit (V-15)

- Fungsi : Membuat larutan kaporit $\text{Ca}(\text{ClO})_2$
- Bentuk : Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar
- Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283, Grade C*
- Kondisi pelarutan : Temperatur 28°C ; Tekanan 1 atm

Jumlah	: 1 unit
Kapasitas	: 0,130 m ³
Diameter	: 0,407 m
Tinggi	: 0,611 m
Jenis pengaduk	: <i>flat 6 blade turbin impeller</i>
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah
Daya motor	: 0,05 hp

6.7.28 Pompa Kaporit (P-12)

Fungsi	: Memompa larutan kaporit dari Tangki Pelarutan Kaporit (V-15) ke Tangki Utilitas (V-16)
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Daya motor	: 0,05 hp

6.7.29 Tangki Utilitas (V-16)

Fungsi	: Menampung air untuk didistribusikan untuk kebutuhan domestik
Bentuk	: Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-283, Grade C</i>

Kondisi operasi : Temperatur 30°C ; Tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 7,9604 m³

Diameter : 2,0362 m

Tinggi : 2,4434 m

6.7.30 Pompa Utilitas (P-13)

Fungsi : Memompa air dari Tangki Utilitas (P-15) ke kebutuhan domestik

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Daya motor : 0,05 hp

6.7.31 Tangki Bahan Bakar (V-17)

Fungsi : Tempat penyimpanan bahan bakar.

Bentuk : Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283, Grade C*

Kondisi operasi : Temperatur 28°C ; Tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 25,1298 m³

Diameter : 2,7738 m

Tinggi : 3,6984 m

6.7.32 Pompa Tangki Bahan Bakar I (P-16)

Fungsi : Memompa bahan bakar solar dari TB-01 ke Generator

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Daya motor : 0,05 hp

6.7.33 Pompa Tangki Bahan Bakar II (P-17)

Fungsi : Memompa bahan bakar solar dari TB-01 ke ketel uap KU-01

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Daya motor : 0,05 hp

**6.7.34 Bak Sedimentasi (BS)**

Fungsi : Menghilangkan padatan dengan cara pengendapan

Bentuk : Persegi panjang

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : Beton kedap air

Kondisi operasi : Temperatur 30°C ; Tekanan 1 atm

Kapasitas : 0,02169 ft³/s

Panjang : 1 ft Lebar : 2 ft Tinggi : 10 ft



BAB VII

UNIVERSITAS

INSTRUMENTASI DAN

KESELAMATAN KERJA

BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

7.1 Instrumentasi

Instrumentasi adalah peralatan yang dipakai di dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya suatu proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Alat-alat instrumentasi dipasang pada setiap peralatan proses dengan tujuan agar para teknisi dapat memantau dan mengontrol kondisi di lapangan. Dengan adanya instrumentasi ini pula, para teknisi dapat segera melakukan tindakan apabila terjadi kegagalan dalam proses. Namun pada dasarnya, tujuan pengendalian tersebut adalah agar kondisi proses di pabrik mencapai tingkat kesalahan (*error*) yang paling minimum sehingga produk dapat dihasilkan secara optimal (Considine, 1985).

Tujuan pabrik secara keseluruhan adalah untuk mengkonversi bahan baku tertentu menjadi produk yang diinginkan menggunakan sumber-sumber energi yang tersedia, dengan cara yang paling ekonomis. Selama operasi ini, suatu pabrik kimia harus memenuhi beberapa persyaratan yang ditentukan perancangannya dan kondisi-kondisi teknis, ekonomi, serta sosial secara umum dengan adanya perubahan-perubahan eksternal yang mempengaruhi (gangguan). Diantara persyaratan-persyaratan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Keamanan
2. Spesifikasi produk
3. Peraturan-peraturan yang berhubungan dengan lingkungan
4. Jenis peralatan yang digunakan
5. Ekonomi

Semua persyaratan yang disebutkan di atas memerlukan pengawasan yang kontinu terhadap operasi di dalam pabrik kimia dan pengendalian eksternal untuk menjamin tercapainya tujuan operasi pabrik. Hal ini dilakukan dengan suatu susunan peralatan yang rasional (alat-alat ukur, valve, kontroler,

(2) Variabel Ketinggian Cairan

a. *Level Controller (LC)*

Merupakan instrumen yang dipakai untuk mengukur ketinggian permukaan cairan dalam suatu peralatan. Pengukuran tinggi permukaan cairan dilakukan dengan operasi kontrol katup (*valve*), yaitu dengan mengatur laju alir cairan masuk dan keluar proses.

b. *Level Indicator (LI)*

Level Indicator (LI) merupakan instrumen yang digunakan untuk mengetahui tinggi suatu cairan dalam tangki.

(3) Variabel Laju Alir

a. *Flow Recorder Controller (FRC)*

Merupakan instrumen untuk merekam dan mengontrol laju alir suatu aliran atau laju alir operasi suatu alat.

b. *Flow Controller (FC)*

Instrumen untuk mengukur kecepatan aliran fluida dalam pipa atau unit lainnya, biasanya diatur dengan mengubah keluaran dari alat yang menyebabkan fluida bergerak atau mengalir dalam sistem pipa.

c. *Flow Indicator (FI)*

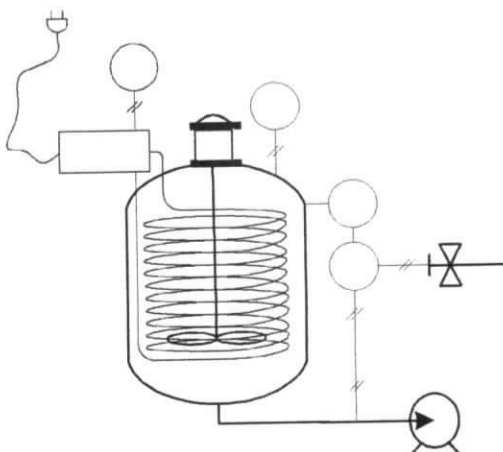
Merupakan alat untuk mengetahui laju alir suatu aliran atau laju alir operasi suatu alat.

(4) Variabel Tekanan

a. *Pressure Controller (PC)*

Instrumen untuk mengukur tekanan atau pengubah sinyal dalam bentuk gas menjadi sinyal mekanis, dimana dapat dilakukan dengan mengatur jumlah uap atau gas yang keluar dari suatu alat yang tekanannya ingin dideteksi.

Pra Rancangan Pabrik Sabun Transparan dari Minyak Kelapa Sawit (RBDPO) dan Minyak Kelapa (VCO)



Gambar 7.1 Instrumentasi Tangki Saponifikasi

BAB VIII

TATA LAKSANA

PABRIK



BAB VIII

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

Lokasi dan tata letak pabrik merupakan suatu hal yang sangat penting dalam suatu rancangan pabrik. Dimana hal ini akan sangat mempengaruhi keuntungan pabrik dan kesempatan untuk melakukan ekspansi di masa depan. Banyak faktor yang harus dipertimbangkan ketika memilih suatu tempat yang tepat sebagai lokasi pabrik, seperti pasokan bahan baku, fasilitas transportasi, ketersediaan pekerja, pengaruh lingkungan dan sebagainya.

8.1 Lokasi Pabrik

Secara geografis, penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan serta kelangsungan dari suatu industri kini dan pada masa yang akan datang karena berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta pertimbangan sosiologi dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik (Peters, 2004).

Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka Pabrik Pembuatan Sabun Transparan dari Minyak Kelapa Sawit (RBDPO) dan VCO ini direncanakan didirikan di Kota Mamuju, Sulawesi Barat.

Dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik adalah :

a. Bahan baku

Bahan baku pembuatan sabun transparan ini adalah VCO dan RBDPO. VCO dari PT. Selaras Agro Lestari, Jakarta dan Filindo Raya, Yogyakarta, sedangkan RBDPO dari PT. PN XIV dan PT. Lonsum Indonesia.

b. Transportasi

Pabrik ini direncanakan didirikan di Kota Mamuju yang dekat dengan pelabuhan, sehingga mempermudah transportasi untuk pengiriman produk.

Bahan baku yang berbentuk padatan diangkut dengan menggunakan truk. Sedangkan produk yang dihasilkan diangkut dengan menggunakan kapal dan truk.

c. Pemasaran

Kebutuhan sabun transparan saat ini menunjukkan peningkatan dimana produk dapat di ekspor ke luar negeri yakni Malaysia, Jepang, Singapore, Cina, Pakistan dan Thailand.

d. Kebutuhan air

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi suatu industri kimia, baik itu untuk kebutuhan proses maupun untuk kebutuhan lainnya. Kebutuhan air diperoleh dari air tanah maupun dari perusahaan penyediaan air, misalnya PDAM.

e. Tenaga kerja

Tersedianya tenaga kerja yang banyak dan murah. Untuk tenaga kerja berpendidikan SMA dan SMK banyak tersedia dari pemukiman penduduk yang ada disekitar lokasi pabrik, sedangkan tenaga kerja berpendidikan D-3 dan S-1 jurusan ekonomi dan teknik diambil dari Universitas Negeri dan Swasta yang ada di kota Mamuju dan pulau Sulawesi.

f. Kondisi iklim dan cuaca

Seperti daerah lain di Indonesia, maka iklim di sekitar lokasi pabrik relatif stabil. Untuk daerah ini tidak terjadi bencana alam yang berarti sehingga memungkinkan pabrik berjalan dengan lancar. Temperatur udara tidak pernah mengalami penurunan maupun kenaikan yang cukup tajam dimana temperatur udara berada diantara 30-35⁰ C dan tekanan udara berkisar pada 760 mmHg dan kecepatan udaranya sedang (Dok. BMKG Makassar, 2011)

g. Sumber tenaga dan bahan bakar

Listrik untuk kebutuhan pabrik diperoleh dari generator pembangkit

listrik. Disamping itu, disediakan juga cadangan dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Bahan bakar solar untuk generator dapat diperoleh dari PT.PERTAMINA.

h. Masyarakat di sekitar pabrik

Sikap dan tanggapan dari masyarakat diperkirakan mendukung pendirian pabrik ini karena dapat menyerap tenaga kerja, dan pabrik ini ramah lingkungan karena limbah yang dihasilkan tidak berbahaya dan diperkirakan tidak mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya.

i. Kemungkinan perluasan dan ekspansi

Ekspansi pabrik dimungkinkan karena tanah yang tersedia cukup luas dan di sekeliling lahan tersebut belum banyak berdiri pabrik serta tidak mengganggu pemukiman penduduk.

j. Sosial masyarakat

Sikap masyarakat diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik pembuatan vinil asetat karena akan menjamin tersedianya lapangan kerja bagi mereka. Selain itu pendirian pabrik ini diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya.

8.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah suatu perencanaan dan pengintegrasian aliran dari komponen-komponen produksi suatu pabrik, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien dan efektif antara operator, peralatan dan gerakan material dari bahan baku menjadi produk.

Desain yang rasional harus memasukkan unsur lahan proses, *storage* (persediaan) dan lahan alternatif (*areal handling*) dalam posisi yang efisien dan dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut (Peters, 2004) :

1. Urutan proses produksi.
2. Pengembangan lokasi baru atau penambahan / perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
3. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, *steam* proses, tenaga listrik dan bahan baku
4. Pemeliharaan dan perbaikan.
5. Keamanan (*safety*) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
6. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
7. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses / mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
8. Masalah pembuangan limbah cair.
9. *Service area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan, seperti (Peters, 2004) :

1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi material *handling*.
2. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak atau di-*blowdown*.
3. Mengurangi ongkos produksi.
4. Meningkatkan keselamatan kerja.

5. Mengurangi kerja seminimum mungkin.
6. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

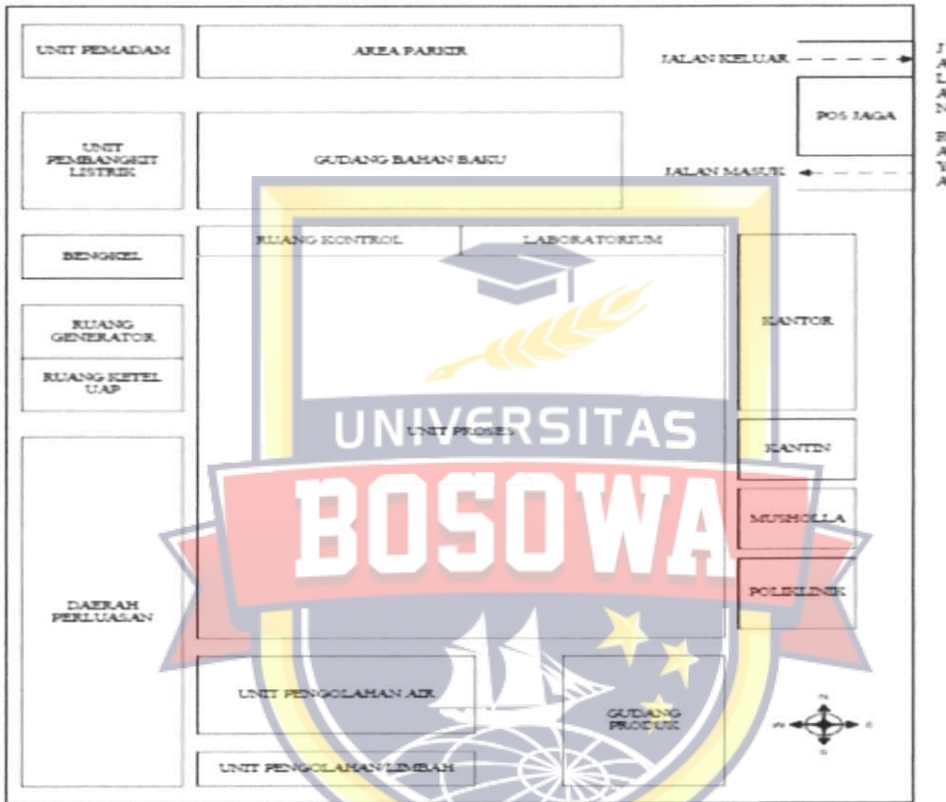
8.3 Perincian Luas Tanah

Pendirian pabrik pembuatan sabun transparan ini direncanakan menggunakan tanah berukuran $90 \times 85 \text{ m}^2$ untuk areal pabrik dan $50 \times 30 \text{ m}^2$ untuk areal perumahan karyawan. Luas total areal tanah adalah 9150 m^2 . Tata letak pabrik sabun transparan ini dapat dilihat pada Gambar 8.1. Sedangkan rinciannya dapat dilihat pada Tabel 8.1 berikut ini :

Tabel 8.1 Perincian Luas Tanah

No	Nama Bangunan	Luas (m^2)
1	Pos Keamanan	25
2	Parkir	250
3	Poliklinik	50
4	Bengkel	100
5	Taman	175
6	Perkantoran	400
7	Laboratorium	100
8	Ruang control	100
9	Daerah proses	2000
10	Unit pengolahan limbah	150
11	Pengolahan air	600
12	Gudang produk	150
13	Gudang peralatan	200
14	Gudang bahan baku	700
15	Kantin	50
16	Aula	50
17	Perpustakaan	50
18	Unit pemadam kebakaran	50
19	Unit pembangkit listrik	100
20	Perumahan karyawan	1500
21	Jalan	750

22	Toilet	25
23	Mushalla	75
24	Area perluasan	1500
Jumlah		9.150



Gambar 8.1 Tata letak pabrik pembuatan sabun transparan dari RBDPO dan VCO

BAB IV

ORGANISASIDAN
UNIVERSITAS
BOSOWA

MANAJEMEN PERUSAHAAN



BAB IX

ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN

Masalah organisasi merupakan hal yang penting dalam perusahaan, hal ini menyangkut efektivitas dalam peningkatan kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang dihasilkan. Dalam upaya peningkatan efektivitas dan kinerja perusahaan maka pengaturan atau manajemen harus menjadi hal yang mutlak. Tanpa manajemen yang efektif dan efisien tidak akan ada usaha yang berhasil cukup lama. Dengan adanya manajemen yang teratur baik dari kinerja sumber daya manusia maupun terhadap fasilitas yang ada secara otomatis organisasi akan berkembang (Madura, 2000).

9.1 Organisasi Perusahaan

Perkataan organisasi, berasal dari kata Latin "*organum*" yang dapat berarti alat, anggota badan. James D. Mooney, mengatakan: "Organisasi adalah bentuk setiap perserikatan manusia untuk mencapai suatu tujuan bersama", sedangkan Chester I. Barnard memberikan pengertian organisasi sebagai: "Suatu sistem daripada aktivitas kerjasama yang dilakukan dua orang atau lebih" (Siagian, 1992).

Dari pendapat ahli yang dikemukakan di atas dapat diambil arti dari kata organisasi, yaitu kelompok orang yang secara sadar bekerjasama untuk mencapai tujuan bersama dengan menekankan wewenang dan tanggung jawab masing-masing.

- Proses pengambilan keputusan berjalan dengan cepat karena jumlah orang yang diajak berdiskusi masih sedikit atau tidak ada sama sekali.
- Rasa solidaritas di antara para karyawan umumnya tinggi karena saling mengenal.

Keburukan bentuk organisasi garis, yaitu:

- Seluruh kegiatan dalam organisasi terlalu bergantung kepada satu orang sehingga kalau seseorang itu tidak mampu, seluruh organisasi akan terancam kehancuran.
- Kecenderungan pimpinan bertindak secara otoriter.
- Kesempatan berkembang anggota terbatas..

9.1.2 Bentuk Organisasi Fungsional

Ciri-ciri dari organisasi fungsional adalah beberapa pimpinan tidak mempunyai bawahan yang jelas, sebab setiap atasan berwenang memberi komando kepada setiap bawahan, sepanjang ada hubungannya dengan fungsi atasan tersebut (Patria Jati, 2000).

Kebaikan bentuk organisasi fungsional, yaitu:

- Pembagian tugas-tugas jelas
- Spesialisasi karyawan dapat dikembangkan dan digunakan semaksimal mungkin
- Digunakan tenaga-tenaga ahli dalam berbagai bidang sesuai dengan fungsinya

Keburukan bentuk organisasi fungsional, yaitu:

faktor- faktor ekonomis sedemikian rupa, sehingga usaha itu memberikan perkembangan dan keuntungan bagi mereka yang ada di lingkungan perusahaan.

Dengan demikian, jelaslah bahwa pengertian manajemen itu meliputi semua tugas dan fungsi yang mempunyai hubungan yang erat dengan permulaan dari pembelanjaan perusahaan (*financing*).

Dengan penjelasan ini dapat diambil suatu pengertian bahwa manajemen itu diartikan sebagai seni dan ilmu perencanaan (*planning*), pengorganisasian, penyusunan, pengarahan, dan pengawasan dari sumber daya manusia untuk mencapai tujuan (*criteria*) yang telah ditetapkan (Siagian, 1992).

Menurut Siagian (1992), manajemen dibagi menjadi tiga kelas pada perusahaan besar yaitu:

1. *Top* manajemen
2. *Middle* manajemen
3. *Operating* manajemen

Orang yang memimpin (pelaksana) manajemen disebut dengan manajer. Manajer ini berfungsi atau bertugas untuk mengawasi dan mengontrol agar manajemen dapat dilaksanakan dengan baik sesuai dengan ketentuan yang digariskan bersama. Menurut Madura (2000), syarat-syarat manajer yang baik adalah:

1. Harus menjadi contoh (teladan)
2. Harus dapat menggerakkan bawahan

3. Harus bersifat mendorong
4. Penuh pengabdian terhadap tugas-tugas
5. Berani dan mampu mengatasi kesulitan yang terjadi
6. Bertanggung jawab, tegas dalam mengambil atau melaksanakan keputusan yang diambil.
7. Berjiwa besar.

9.3 Bentuk Hukum Badan Usaha

Dalam mendirikan suatu perusahaan yang dapat mencapai tujuan dari perusahaan itu secara terus-menerus, maka harus dipilih bentuk perusahaan apa yang harus didirikan agar tujuan itu tercapai. Menurut Sutarto (2002), bentuk-bentuk badan usaha yang ada dalam praktek di Indonesia, antara lain adalah:

1. Perusahaan Perorangan
2. Persekutuan dengan firma
3. Persekutuan Komanditer
4. Perseroan Terbatas
5. Koperasi
6. Perusahaan Negara
7. Perusahaan Daerah

Bentuk badan usaha dalam Pra-rancangan Pabrik Pembuatan Sabun Transparan direncanakan adalah perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT).

Perseroan Terbatas adalah badan hukum yang didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham, dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam UU No. 1 tahun 1995 tentang Perseroan Terbatas (UUPT), serta peraturan pelaksanaannya.

Syarat-syarat pendirian Perseroan Terbatas adalah :

1. Didirikan oleh dua orang atau lebih, yang dimaksud dengan “orang” adalah orang perseorangan atau badan hukum.
2. Didirikan dengan akta otentik, yaitu di hadapan notaris.
3. Modal dasar perseroan, yaitu paling sedikit Rp.20.000.000,- (dua puluh juta rupiah) atau 25 % dari modal dasar, tergantung mana yang lebih besar dan harus telah ditempatkan dan telah disetor.

Prosedur pendirian Perseroan Terbatas adalah :

1. Pembuatan akta pendirian di hadapan notaris
2. Pengesahan oleh Menteri Kehakiman
3. Pendaftaran Perseroan
4. Pengumuman dalam tambahan berita Negara.

Dasar-dasar pertimbangan pemilihan bentuk perusahaan PT adalah sebagai berikut :

1. Kontinuitas perusahaan sebagai badan hukum lebih terjamin, sebab tidak tergantung pada pemegang saham, dimana pemegang saham dapat berganti-ganti.

2. Mudah memindahkan hak pemilik dengan menjual sahamnya kepada orang lain.
3. Mudah mendapatkan modal, yaitu dari bank maupun dengan menjual saham.
4. Tanggung jawab yang terbatas dari pemegang saham terhadap hutang perusahaan.
5. Penempatan pemimpin atas kemampuan pelaksanaan tugas.

9.4 Uraian Tugas, Wewenang dan Tanggung Jawab

9.4.1 Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

Pemegang kekuasaan tertinggi pada struktur organisasi garis dan staf adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang dilakukan minimal satu kali dalam setahun. Bila ada sesuatu hal, RUPS dapat dilakukan secara mendadak sesuai dengan jumlah forum. RUPS dihadiri oleh pemilik saham, Dewan Komisaris dan Direktur.

Hak dan wewenang RUPS (Sutarto, 2002):

1. Meminta pertanggung jawaban Dewan Komisaris dan Direktur lewat suatu sidang.
2. Dengan musyawarah dapat mengganti Dewan Komisaris dan Direktur serta mengesahkan anggota pemegang saham bila mengundurkan diri.
3. Menetapkan besar laba tahunan yang diperoleh untuk dibagikan, dicadangkan, atau ditanamkan kembali.

9.4.2 Dewan Komisaris

Dewan Komisaris dipilih dalam RUPS untuk mewakili para pemegang saham dalam mengawasi jalannya perusahaan. Dewan Komisaris ini bertanggung jawab kepada RUPS. Tugas-tugas Dewan Komisaris adalah:

1. Menentukan garis besar kebijaksanaan perusahaan.
2. Mengadakan rapat tahunan para pemegang saham.
3. Meminta laporan pertanggungjawaban Direktur secara berkala.
4. Melaksanakan pembinaan dan pengawasan terhadap seluruh kegiatan dan pelaksanaan tugas Direktur.

9.4.3 Direktur

Direktur merupakan pimpinan tertinggi yang diangkat oleh RUPS. Adapun tugas- tugas direktur adalah:

1. Memimpin dan membina perusahaan secara efektif dan efisien.
2. Menyusun dan melaksanakan kebijaksanaan umum pabrik sesuai dengan kebijaksanaan RUPS.
3. Mengadakan kerjasama dengan pihak luar demi kepentingan perusahaan.
4. Mewakili perusahaan dalam mengadakan hubungan maupun perjanjian-perjanjian dengan pihak ketiga.

5. Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap personalia yang bekerja pada perusahaan. Dalam melaksanakan tugasnya, direktur dibantu oleh Manajer Produksi, Manajer Teknik, Manajer Umum dan Keuangan, Manajer Pembelian dan Pemasaran.

9.4.4 Staf Ahli

Staf ahli bertugas memberikan masukan, baik berupa saran, nasehat, maupun pandangan terhadap segala aspek operasional perusahaan.

9.4.5 Sekretaris

Sekretaris diangkat oleh Direktur untuk menangani masalah surat menyurat untuk pihak perusahaan, menangani kearsipan dan pekerjaan lainnya untuk membantu Direktur dalam menangani administrasi perusahaan.

9.4.6 Manajer Produksi

Manajer Produksi bertanggung jawab langsung kepada Direktur. Tugasnya mengkoordinasi segala kegiatan yang berhubungan dengan masalah proses baik di bagian produksi maupun utilitas. Dalam menjalankan tugasnya Manajer Produksi dibantu oleh tiga Kepala Seksi, yaitu Kepala Seksi Proses, Kepala Seksi Laboratorium R&D (Penelitian dan Pengembangan) dan Kepala Seksi Utilitas.

9.4.7 Manajer Teknik

Manajer Teknik bertanggung jawab langsung kepada Direktur. Tugasnya

mengkoordinasi segala kegiatan yang berhubungan dengan masalah teknik baik di lapangan maupun di kantor. Dalam menjalankan tugasnya Manajer Teknik dibantu oleh tiga Kepala Seksi, yaitu Kepala Seksi Listrik, Kepala Seksi Instrumentasi dan Kepala Seksi Pemeliharaan Pabrik (Mesin).

9.4.8 Manajer Umum dan Keuangan

Manajer Umum dan Keuangan bertanggung jawab langsung kepada Direktur dalam mengawasi dan mengatur keuangan, administrasi, personalia dan humas. Dalam menjalankan tugasnya Manajer Umum dan Keuangan dibantu oleh lima Kepala Seksi, yaitu Kepala Seksi Keuangan, Kepala Seksi Administrasi, Kepala Seksi Personalia, Kepala Seksi Humas dan Kepala Seksi Keamanan.

9.4.9 Manajer Pemasaran

Manajer Pemasaran bertanggung jawab langsung kepada Direktur. Tugasnya mengkoordinasi segala kegiatan yang berhubungan dengan pembelian bahan baku dan pemasaran produk. Manajer ini dibantu oleh tiga Kepala Seksi, yaitu Kepala Seksi Pembelian, Kepala Seksi Penjualan serta Kepala Seksi Gudang/Logistik.

9.5 Sistem Kerja

Pabrik pembuatan Sabun Transparan ini direncanakan beroperasi 330 hari per tahun secara kontinu dan 24 jam sehari. Berdasarkan pengaturan jam kerja, karyawan dapat digolongkan menjadi tiga golongan, yaitu:

1. Karyawan *non-shift*, yaitu karyawan yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi, misalnya direktur, staf ahli, manajer, bagian administrasi, bagian gudang, dan lain-lain. Jam kerja karyawan *non-shift* ditetapkan sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor: Kep.234/Men/2003 yaitu 8 jam sehari atau 40 jam per minggu dan jam kerja selebihnya dianggap lembur. Perhitungan uang lembur menggunakan acuan 1/173 dari upah sebulan (Pasal 10 Kep.234/Men/2003) dimana untuk jam kerja lembur pertama dibayar sebesar 1,5 kali upah sejam dan untuk jam lembur berikutnya dibayar 2 kali upah sejam. Perincian jam kerja *non-shift* adalah:

Senin – Kamis

- Pukul 08.00 – 12.00 WIB → Waktu kerja
- Pukul 12.00 – 13.00 WIB → Waktu istirahat
- Pukul 13.00 – 17.00 WIB → Waktu kerja

Jum'at

- Pukul 08.00 – 12.00 WIB → Waktu kerja
- Pukul 12.00 – 14.00 WIB → Waktu istirahat
- Pukul 14.00 – 17.00 WIB → Waktu kerja

2. Karyawan *Shift*

Untuk pekerjaan yang langsung berhubungan dengan proses produksi yang membutuhkan pengawasan terus menerus selama 24 jam, para karyawan diberi

pekerjaan bergilir (*shift work*). Pekerjaan dalam satu hari dibagi tiga *shift*, yaitu tiap *shift* bekerja selama 8 jam dan 15 menit pergantian *shift* dengan pembagian sebagai berikut:

- *Shift* I : 00.00 – 08.15 WIB
- *Shift* II : 08.00 – 16.15 WIB
- *Shift* III : 16.00 – 00.15 WIB

Jam kerja bergiliran berlaku bagi karyawan. Untuk memenuhi kebutuhan pabrik, setiap karyawan *shift* dibagi menjadi empat regu dimana tiga regu kerja dan satu regu istirahat. Pada hari Minggu dan libur nasional karyawan *shift* tetap bekerja dan libur 1 hari setelah tiga kali *shift*

Tabel 9.1 Jadwal Kerja Karyawan *Shift*

R egu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	I	I	I	II	II	II	-	-	III	III	III	-
B	II	II	II	-	-	III	III	III	-	I	I	I
C	-	-	III	III	III	-	I	I	I	II	II	II
D	III	III	-	I	I	I	II	II	II	-	-	III

3. Karyawan borongan

Apabila diperlukan, maka perusahaan dapat menambah jumlah karyawan yang dikerjakan secara borongan selama kurun atau jangka waktu tertentu yang ditentukan menurut kebijaksanaan perusahaan.

9.6 Jumlah Karyawan dan Tingkat Pendidikan

Dalam melaksanakan kegiatan perusahaan/ pabrik, dibutuhkan susunan karyawan seperti pada struktur organisasi. Jumlah karyawan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

Tabel 9.2 Jumlah Karyawan dan Kualifikasinya

No	Jabatan	Jumlah	Pendidikan
1	Dewan Komisaris	1	-
2	Direktur	1	Teknik Kimia (S1)
3	Staf Ahli	4	Teknik Kimia (S2)
4	Sekretaris	1	Sekretaris (D3)
5	Manajer Produksi	1	Teknik Kimia (S1)
6	Manajer Teknik	1	Teknik Kimia (S1)
7	Manajer Umum dan Keuangan	1	Ekonomi/Manajemen (S2)
8	Manajer Pemasaran	1	Ekonomi/Manajemen (S1)
9	Kepala Seksi Proses	1	Teknik Kimia (S1)
10	Kepala Seksi Laboratorium R & D	1	Kimia MIPA (S1)
11	Kepala Seksi Utilitas	1	Teknik Kimia (S1)
12	Kepala Seksi Pergudangan	1	Teknik Mesin (S1)

13	Kepala Seksi Listrik	1	Teknik Mesin (S1)
14	Kepala Seksi Instrumentasi	1	Teknik Elektro (S1)
15	Kepala Seksi Pemeliharaan Pabrik	1	Teknik Industri (S1)
16	Kepala Seksi Mesin	1	Teknik Mesin (S1)
17	Kepala Seksi Keuangan	1	Akutansi (S1)
18	Kepala Seksi Administrasi	1	SMK / Politeknik
19	Kepala Seksi Keamanan	1	Pensiunan ABRI
20	Kepala Seksi Personalia	1	Ekonomi / Manajemen (S1)
21	Kepala Seksi HUMAS	1	Hukum (S1)
22	Kepala Seksi Distribusi	1	Ekonomi (S1)
23	Kepala Seksi Penjualan	1	Ekonomi (S1)
24	Karyawan Produksi	52	Teknik Kimia/Politeknik (D3)
25	Karyawan Lab dan R & D	5	Kimia (D3)
26	Karyawan Utilitas	5	Teknik Kimia (S1)
27	Karyawan Pergudangan	5	SMU
28	Karyawan Teknik	10	Teknik Kimia/Politeknik (D3)
29	Karyawan Bagian Keuangan	8	Akuntansi (S1)
30	Karyawan Personalia	4	Ekonomi Manajemen (S1)
31	Karyawan Pemasaran	4	Ekonomi (S1)
32	Dokter	2	Kedokteran (Profesi)
33	Perawat	4	Akademi Perawat (D3)
34	Petugas Keamanan	12	SMU/Pensiunan ABRI
35	Petugas Kebersihan	8	SMU
36	Supir	6	SMU/STM
	Total	151	

9.7 Analisa Jabatan

Analisa jabatan merupakan proses yang sistematis dalam menentukan nilai atau perbandingan relatif antar suatu jabatan dengan jabatan yang lain yang biasanya dapat dijadikan pertimbangan dasar dalam sistem penggajian. Beberapa parameter yang dapat digunakan dalam analisa jabatan, antara lain :

- Jenis kelamin pekerja
- Kondisi fisik dan mental pekerja
- Pendidikan dan pengalaman kerja
- Minat dan emosi pekerja
- Sifat dan karakter pekerja

9.8 Sistem Penggajian

Penggajian karyawan didasarkan kepada jabatan, tingkat pendidikan, pengalaman kerja, keahlian dan resiko kerja.

Tabel 9.3 Perincian Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan	Jumlah (Rp)
1	Dewan Komisaris	1	15.000.000	15.000.000
2	Direktur	1	25.000.000	25.000.000
3	Staf Ahli	4	8.000.000	32.000.000
4	Sekretaris	1	4.000.000	4.000.000
5	Manajer Produksi	1	10.000.000	10.000.000

6	Manajer Teknik	1	10.000.000	10.000.000
7	Manajer Umum dan Keuangan	1	10.000.000	10.000.000
8	Manajer Pemasaran	1	10.000.000	10.000.000
9	Kepala Seksi Proses	1	5.000.000	5.000.000
10	Kepala Seksi Laboratorium R & D	1	5.000.000	5.000.000
11	Kepala Seksi Utilitas	1	5.000.000	5.000.000
12	Kepala Seksi Pergudangan	1	5.000.000	5.000.000
13	Kepala Seksi Listrik	1	5.000.000	5.000.000
14	Kepala Seksi Instrumentasi	1	5.000.000	5.000.000
15	Kepala Seksi Pemeliharaan Pabrik	1	5.000.000	5.000.000
16	Kepala Seksi Mesin	1	5.000.000	5.000.000
17	Kepala Seksi Keuangan	1	5.000.000	5.000.000
18	Kepala Seksi Administrasi	1	5.000.000	5.000.000
19	Kepala Seksi Keamanan	1	5.000.000	5.000.000
20	Kepala Seksi Personalia	1	5.000.000	5.000.000
21	Kepala Seksi HUMAS	1	5.000.000	5.000.000
22	Kepala Seksi Distribusi	1	5.000.000	5.000.000
23	Kepala Seksi Penjualan	1	5.000.000	5.000.000
24	Karyawan Produksi	51	1.500.000	76.500.000
25	Karyawan Lab dan R & D	5	1.500.000	7.500.000
26	Karyawan Utilitas	5	1.500.000	7.500.000
27	Karyawan Pergudangan	5	1.500.000	7.500.000
28	Karyawan Teknik	10	1.500.000	15.000.000
29	Karyawan Bagian Keuangan	8	1.500.000	12.000.000
30	Karyawan Personalia	4	1.500.000	6.000.000
31	Karyawan Pemasaran	4	1.500.000	6.000.000
32	Dokter	2	4.000.000	8.000.000

33	Perawat	4	1.500.000	6.000.000
34	Petugas Keamanan	12	1.300.000	15.600.000
35	Petugas Kebersihan	8	1.100.000	8.800.000
36	Supir	6	1.500.000	9.000.000
		151		397.300.000

9.9 Kesejahteraan Staf dan Karyawan

Selain upah resmi, perusahaan juga memberikan beberapa fasilitas kepada setiap tenaga kerja antara lain :

1. Fasilitas cuti tahunan
2. Tunjangan hari raya dan bonus
3. Tunjangan kecelakaan kerja
4. Tunjangan kematian, yang diberikan kepada keluarga tenaga kerja yang meninggal dunia baik karena kecelakaan sewaktu bekerja maupun di luar pekerjaan.
5. Penyediaan sarana transportasi/bus karyawan.
6. Penyediaan mushola dan sarana olah raga.
7. Penyediaan seragam dan alat-alat pengaman (sepatu, seragam dan sarung tangan).
8. Pelayanan kesehatan secara cuma-cuma.
9. Beasiswa kepada anak-anak karyawan yang berprestasi.

10. *Family Gathering Party* (acara berkumpul semua karyawan dan keluarga) setiap satu tahun sekali.
11. Sebesar 1% dari keuntungan bersih perusahaan akan dialokasikan untuk kesejahteraan karyawan.
12. Memberikan tanda penghargaan dalam bentuk tanda mata kepada pekerja yang mencapai masa kerja berturut-turut 10 tahun.
13. Mendaftarkan pekerja pada program Jamsostek dan Astek.



ABSTRAK

ABSTRACT

Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi suatu negara adalah investasi. Investasi yang dilakukan oleh pemerintah dan swasta akan berdampak pada pertumbuhan ekonomi suatu negara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh investasi terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia.

Berikut ini adalah hasil penelitian yang menunjukkan bahwa investasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Hal ini dapat dilihat dari koefisien regresi yang positif dan signifikan.

Kata kunci: Investasi, pertumbuhan ekonomi, koefisien regresi.

ANALISIS EKONOMI

Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi suatu negara adalah investasi. Investasi yang dilakukan oleh pemerintah dan swasta akan berdampak pada pertumbuhan ekonomi suatu negara.

10.1.3 Model Investasi (Investment Function)

Model investasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah model investasi yang dikembangkan oleh Keynes (1933). Model ini menyatakan bahwa investasi dipengaruhi oleh tingkat bunga dan tingkat pendapatan.

1. Modal Investasi Tetap Langsung (MITL) / *Direct Fixed Capital Investment* (DFCI), yaitu modal yang diperlukan untuk mendirikan bangunan pabrik, membeli dan memasang mesin, peralatan proses, dan peralatan pendukung yang diperlukan untuk operasi pabrik.

Modal investasi tetap langsung ini meliputi :

- Modal untuk tanah
- Modal untuk bangunan dan sarana
- Modal untuk peralatan proses
- Modal untuk peralatan utilitas
- Modal untuk instrumentasi dan alat kontrol
- Modal untuk perpipaan
- Modal untuk instalasi listrik
- Modal untuk insulasi
- Modal untuk investaris kantor
- Modal untuk perlengkapan kebakaran dan keamanan
- Modal untuk sarana transportasi

Dari hasil perhitungan pada Lampiran E diperoleh modal investasi tetap langsung, MITL sebesar **Rp . 501.735.841.954,-**

2. Modal Investasi Tetap Tak Langsung (MITTL) / *Indirect Fixed Capital Investment* (IFCI), yaitu modal yang diperlukan pada saat pendirian pabrik (*construction overhead*) dan semua komponen pabrik yang tidak berhubungan secara langsung dengan operasi proses. Modal investasi tetap tak langsung ini meliputi:

- Modal untuk pra-investasi

- Modal untuk *engineering* dan supervisi
- Modal biaya legalitas
- Modal biaya kontraktor (*contractor's fee*)
- Modal untuk biaya tak terduga (*contigencies*)

Dari perhitungan pada Lampiran E diperoleh modal investasi tetap tak langsung, MITTL sebesar **Rp . 576.996.218.247,-**

Maka total modal investasi tetap, Total MIT = MITL + MITTL

$$= \text{Rp . } 501.735.841.954 + \text{Rp . } 576.996.218.247$$

$$= \text{Rp . } 1.078.732.060.202$$

10.1.2 Modal Kerja / *Working Capital* (WC)

Modal kerja adalah modal yang diperlukan untuk memulai usaha sampai mampu menarik keuntungan dari hasil penjualan dan memutar keuangannya. Jangka waktu pengadaan biasanya antara 3 – 4 bulan, tergantung pada cepat atau lambatnya hasil produksi yang diterima. Dalam perancangan ini jangka waktu pengadaan modal kerja diambil 3 bulan. Modal kerja ini meliputi:

- Modal untuk biaya bahan baku proses dan utilitas
- Modal untuk kas

Kas merupakan cadangan yang digunakan untuk kelancaran operasi dan jumlahnya tergantung pada jenis usaha. Alokasi kas meliputi gaji pegawai, biaya administrasi umum dan pemasaran, pajak, dan biaya lainnya.

- Modal untuk mulai beroperasi (*start-up*)
- Modal untuk piutang dagang

Piutang dagang adalah biaya yang harus dibayar sesuai dengan nilai penjualan yang dikreditkan. Besarnya dihitung berdasarkan lamanya kredit dan

- Gaji tetap karyawan
- Bunga pinjaman bank
- Depresiasi dan amortisasi
- Biaya perawatan tetap
- Biaya tambahan industri
- Biaya administrasi umum
- Biaya pemasaran dan distribusi
- Biaya laboratorium, penelitian dan pengembangan
- Biaya hak paten dan royalti
- Biaya asuransi
- Pajak Bumi dan Bangunan (PBB)

Dari hasil perhitungan pada Lampiran E diperoleh biaya tetap (FC) adalah sebesar **Rp. 322.080.328.871**

10.2.2 Biaya Variabel (BV) / *Variable Cost* (VC)

Biaya variabel adalah biaya yang jumlahnya tergantung pada jumlah produksi. Biaya variabel meliputi:

- Biaya bahan baku proses dan utilitas
- Biaya variabel tambahan, meliputi biaya perawatan dan penanganan lingkungan, pemasaran dan distribusi.
- Biaya variabel lainnya

Dari hasil perhitungan pada Lampiran E diperoleh biaya variabel (VC) adalah sebesar **Rp. 2.761.746.487.493**

$$\begin{aligned}
 \text{Total Biaya Produksi} &= \text{Biaya Tetap} + \text{Biaya Variabel} \\
 &= \text{Rp. 322.080.328.871} + \text{Rp. 2.761.746.487.493} \\
 &= \text{Rp. 3.083.826.816.364,52}
 \end{aligned}$$

10.3 Total Penjualan (*Total Sales*)

Penjualan diperoleh dari hasil penjualan produk pabrik sabun transparan adalah sebesar **Rp 3.773.383.099.200**. Maka laba penjualan adalah sebesar **Rp. 689.556.282.835**

10.4 Bonus Perusahaan

Sesuai fasilitas tenaga kerja dalam pabrik pembuatan sabun transparan, maka perusahaan memberikan bonus 0,5% dari laba penjualan yaitu sebesar **Rp. 3.447.781.414**

10.5 Perkiraan Rugi/Laba Usaha

Dari hasil perhitungan pada Lampiran E diperoleh:

1. Laba sebelum pajak (bruto) = Rp. 686.108.501.421,
2. Pajak penghasilan (PPh) = Rp. 205.815.050.426,
3. Laba setelah pajak (netto) = Rp. 480.293.450.994

10.6 Analisa Aspek Ekonomi

10.6.1 Profit Margin (PM)

Profit Margin adalah persentase perbandingan antara keuntungan sebelum pajak penghasilan PPh terhadap total penjualan.

$$PM = \frac{\text{Laba sebelum pajak}}{\text{Total penjualan}} \times 100 \%$$

$$PM = \frac{\text{Rp. 686.108.501.421}}{\text{Rp. 3.773.383.099.200}} \times 100\%$$

$$PM = 18,18 \%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh profit margin sebesar 18,18 %, maka pra rancangan pabrik ini memberikan keuntungan.

10.6.2 Break Even Point (BEP)

Break Even Point adalah keadaan kapasitas produksi pabrik pada saat hasil penjualan hanya dapat menutupi biaya produksi. Dalam keadaan ini pabrik tidak untung dan tidak rugi.

$$BEP = \frac{\text{Biaya Tetap}}{\text{Total Penjualan} - \text{Biaya Variabel}} \times 100 \%$$

$$BEP = \frac{\text{Rp. 322.080.328.871.05}}{\text{Rp. 3.773.383.099.200} - \text{Rp. 2.761.746.487.493}} \times 100 \%$$

$$BEP = 31,83 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi pada titik BEP} &= 31,83 \% \times 119.399.995,44 \text{ kg/tahun} \\ &= 38.014.035,23 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai penjualan sabun transparan pada titik BEP} &= 31,83 \% \times 3.581.999.863.200 \\ &= \text{Rp. 1.140.421.056.934,03} \end{aligned}$$

Dari data *feasibilities*, (Timmerhaus, 1991) :

- BEP \leq 50 %, pabrik layak (*feasible*)
- BEP \geq 60 %, pabrik kurang layak (*infeasible*).

Dari perhitungan diperoleh BEP = 31,83% maka pra rancangan pabrik ini layak.

10.6.3 Return on Investment (ROI)

Return on Investment adalah besarnya persentase pengembalian modal tiap tahun dari penghasilan bersih.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Laba setelah pajak}}{\text{Total Modal Investasi}} \cdot 100 \%$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{Rp. 480.293.450.994}}{\text{Rp. 2.874.465.638.189}} \cdot 100 \%$$

$$\text{ROI} = 16,70 \%$$

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui laju pengembalian modal investasi total dalam pendirian pabrik. Kategori resiko pengembalian modal tersebut adalah:

- $\text{ROI} \leq 15 \%$ resiko pengembalian modal rendah.
- $15 \leq \text{ROI} \leq 45 \%$ resiko pengembalian modal rata-rata.
- $\text{ROI} \geq 45 \%$ resiko pengembalian modal tinggi.

Dari hasil perhitungan diperoleh ROI sebesar 16,70 % sehingga pabrik yang akan didirikan ini termasuk resiko laju pengembalian modal rata-rata

10.6.4 Pay Out Time (POT)

Pay Out Time adalah angka yang menunjukkan berapa lama waktu pengembalian modal dengan membandingkan besar total modal investasi dengan penghasilan bersih setiap tahun. Untuk itu, pabrik dianggap beroperasi pada kapasitas penuh setiap tahun.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa wahana permainan dan
Membak Kelapa memiliki pengaruh yang signifikan terhadap minat belajar siswa
dalam meningkatkan prestasi belajar siswa.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan menggunakan teknik
jika jumlah sampel lebih dari 30 maka uji statistik yang digunakan adalah uji t.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan menggunakan teknik
jika jumlah sampel lebih dari 30 maka uji statistik yang digunakan adalah uji t.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan menggunakan teknik
jika jumlah sampel lebih dari 30 maka uji statistik yang digunakan adalah uji t.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan menggunakan teknik
jika jumlah sampel lebih dari 30 maka uji statistik yang digunakan adalah uji t.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan menggunakan teknik
jika jumlah sampel lebih dari 30 maka uji statistik yang digunakan adalah uji t.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan menggunakan teknik
jika jumlah sampel lebih dari 30 maka uji statistik yang digunakan adalah uji t.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan menggunakan teknik
jika jumlah sampel lebih dari 30 maka uji statistik yang digunakan adalah uji t.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan menggunakan teknik
jika jumlah sampel lebih dari 30 maka uji statistik yang digunakan adalah uji t.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan menggunakan teknik
jika jumlah sampel lebih dari 30 maka uji statistik yang digunakan adalah uji t.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan menggunakan teknik
jika jumlah sampel lebih dari 30 maka uji statistik yang digunakan adalah uji t.

- g. *Return on Investment* : 16,70 %
- h. *Return on Network* : 23,86 %
- i. *Pay Out Time* : 6 tahun
- j. *Internal Rate of Return* : 22,7751 %



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. www.engineeringtoolbox.com/Food and Foodstuff-Specific Heat Capacities
- Bernasconi, G, dkk. 1995. *Teknologi Kimia (Bagian ke-1 dan 2)*. Jakarta ; PT. Pradnya Paramita
- Brownell, LE dan EH Young. 1959. *Process Equipment Design (1st Edition)*. New York; John Wiley and Sons, Inc
- Citric Acid*. 2008. www.wikipedia.co.id/Citric Acid
- Daubert, Thomas E. 1985. *Chemical Engineering Thermodynamics*. New York ; Mc.Graw-Hill Book Company, Inc
- Foust, A.S. 1978. *Principles of Unit Operation (3rd Edition)*. New york ; John Wiley and Sons, Inc
- Geankoplis, Christie J. 1983. *Transport Process and Unit Operations (2nd Edition)*. Massachusetts ; Allyn and Bacon, Inc
- Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Singapore ; McGraw-Hill Book Company, Inc
- Kirk, Othmer. 1967. *Encyclopedia of Chemical Engineering*. New York ; John Wiley and Sons, Inc
- Kristanto, Ir.Phillip. 2002. *Ekologi Industri*. Yogyakarta. ; Percetakan Andi
- Levenspiel, Octave. 1999. *Chemical Reaction Engineering (3rd Edition)*. New York ; John Wiley and Sons, Inc
- McCabe, Warren L. 1999. *Operasi Teknik Kimia (Edisi ke-4)*. Jakarta; Penerbit Erlangga
- Metcalf dan Eddy. 1979. *Wastewater Engineering Treatment, Disposa, and Reuse (2nd Edition)*. New York ; McGraw-Hill Book Company, Inc
- Nalco.1979. *The Nalco Water Handbook*. New York ; McGraw-Hill Book Company, Inc

- Pandey, GN. 1974. *Chemical Technology* (2nd Edition). New Delhi ; Vikas Publishing House, PVT, LTD
- Perry, Robert H. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (7th Edition). New York; McGraw-Hill Book Company, Inc
- Reid, Robert C. 1977. *The Properties of Gases and Liquids* (3rd Edition). New York ; McGraw-Hill Book Company, Inc
- Reklaitis, GV. 1983. *Introduction to Material and Energy Balances*. New York ; John Wiley and Sons, Inc
- Riadi, Lieke. 2007. *Teknologi Fermentasi*. Yogyakarta ; Graha Ilmu
- Riegel. 1992. *Handbook of Industrial Chemistry*. New York ; McGraw-Hill Book Company, Inc
- Smith, JM, dkk. 1987. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics* (4th Edition). New York ; McGraw-Hill, Inc
- Timmerhaus, Klaus D, dkk. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (4th Edition). Singapore ; McGraw-Hill Book Company, Inc
- Tjokroadikoesoemo, P Soebijanto. 1993. *HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya*. Jakarta ; PT Gramedia Pustaka Utama
- Ulrich, Gael D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York ; John Wiley and Sons, Inc

KANTOR
PENGUNJUKAN

Kapolda Pontianak

J. Tahun Operasi

J. Tahun Perolehan

Kategori produk

130.000

Status

Kemungkinan

komponen

Sifat dan jenis

Elektronik

Gis

Olahraga

Asuransi

Perawatan

Art

Paving



Dibuat oleh N. D. K. (2019) dan diterbitkan oleh N. D. K. pada
tanggal 10/10/2019.

Jumlah Salinan 1000 (seribu) eksemplar.

Jumlah Salinan Sablon 1000 (seribu) eksemplar.

Kandungan dalam VCO

Kalium Laurat	: 46 % x 9 kg = 4,14 kg
Kalium Miristat	: 19,9 % x 9 kg = 1,79 kg
Kalium Palmitat	: 9,8 % x 9 kg = 0,88 kg
Kalium Kaprilat	: 6,8 % x 9 kg = 0,61 kg
Kalium Stearat	: 3,4 % x 9 kg = 0,31 kg
Kalium Linoleat	: 1,3 % x 9 kg = 0,12 kg
Kalium Oleat	: 6,4 % x 9 kg = 0,58 kg
Kalium Kaproat	: 0,4 % x 9 kg = 0,04 kg
Kalium Kaprat	: 6,0 % x 9 kg = 0,54 kg

Kandungan dalam RBDPO

Kalium Palmitat	: 44,3 % x 36 kg = 15,95 kg
Kalium Stearat	: 4,6 % x 36 kg = 1,66 kg
Kalium Miristat	: 1,9 % x 36 kg = 0,68 kg
Kalium Oleat	: 38,7 % x 36 kg = 13,93 kg
Kalium Linoleat	: 10,5 % x 36 kg = 3,78 kg
Senyawa Sabun	= 45 kg
Konversi, X	= 95 %

Maka, jumlah VCO + RBDPO sebagai bahan baku : $\frac{45 \text{ kg}}{0,95} = 47,368 \text{ kg}$

Untuk menghitung kapasitas 120.000 ton/tahun adalah sebagai berikut :

Sabun Transparan murni sebagai produk = 15.151,515 kg/jam x 99,5 %
= 15.075,757 kg/jam

Komposisi Sabun Transparan :

Senyawa Sabun	: 45 % x 15.075,757 kg/jam = 6.784,091 kg/jam
Etanol	: 19 % x 15.075,757 kg/jam = 2.864,394 kg/jam
Gliserin	: 15 % x 15.075,757 kg/jam = 2.261,364 kg/jam
Gula	: 5 % x 15.075,757 kg/jam = 753,788 kg/jam
Asam Sitrat	: 3 % x 15.075,757 kg/jam = 452,273 kg/jam
Pewarna	: 3 % x 15.075,757 kg/jam = 452,273 kg/jam

Air : $2,5 \% \times 15.075,757 \text{ kg/jam} = 376,894 \text{ kg/jam}$

Pewangi : $7 \% \times 15.075,757 \text{ kg/jam} = 1.055,303 \text{ kg/jam}$

Untuk mencari Jumlah Senyawa Sabun yang terkonversi adalah :

$$\frac{100}{47,368} = \frac{15.075,757}{A}$$

$$100 A = 71.4108,458$$

$$A = 7.141,085 \text{ kg/jam}$$

Berat VCO + RBDPO = $7.141,085 \text{ kg/jam} \times 1000 = 7.141.085 \text{ gr}$

Jumlah mol yang dibutuhkan :

$$\frac{7.141.085}{2.812,41} = 2.539,134 \text{ mol}$$

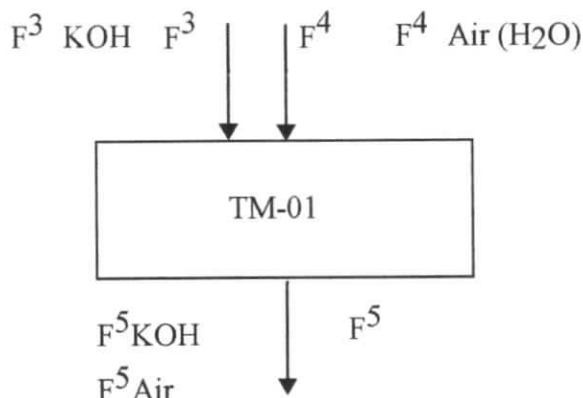
$$\begin{aligned} \text{gr KOH} &= \text{BM KOH} \times 2.539,134 \text{ mol} \\ &= 56 \times 2.539,134 \text{ mol} \\ &= 142.191,504 \text{ gr} = 142,192 \text{ kg} \end{aligned}$$

KOH yang dibutuhkan adalah KOH 30 %, sehingga total air yang dibutuhkan adalah Air 70 %.

$$\begin{aligned} \text{Air yang dibutuhkan} &= \frac{70\%}{30\%} \times 142,192 \text{ kg} \\ &= 331,781 \text{ kg} \end{aligned}$$

LA.2. NERACA MASSA TIAP ALAT

LA.2.1. TANGKI MIXING KOH 30% (TM-01)



Persamaan neraca massa pada tangki saponifikasi (TS)

$$F^3 + F^4 = F^5$$

Alur 3

$$F^3 \text{ KOH} = \text{BM KOH} \times 2.539,134 \text{ mol} = 56 \times 2.539,134 \text{ mol} \\ = 142.191,504 \text{ gr} = 142,192 \text{ kg}$$

Alur 4

$$F^4 \text{ Air} = \frac{70\%}{30\%} \times 142,192 \text{ kg} = 331,781 \text{ kg}$$

Alur 5

$$F^5 \text{ KOH} = F^3 \text{ KOH} = 142,192 \text{ kg/jam}$$

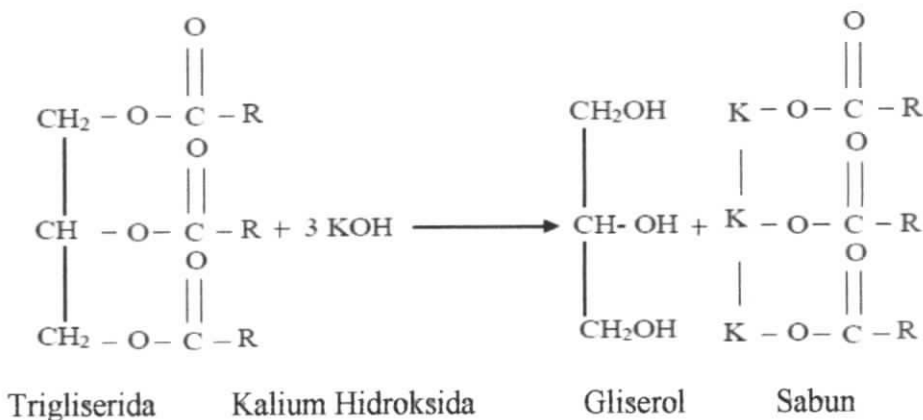
$$F^5 \text{ Air} = F^4 \text{ Air} = 331,781 \text{ kg/jam}$$

Tabel LA.2.1 Hasil Perhitungan Neraca Massa Pada Tangki Mixing KOH 30 %
(TM-01)

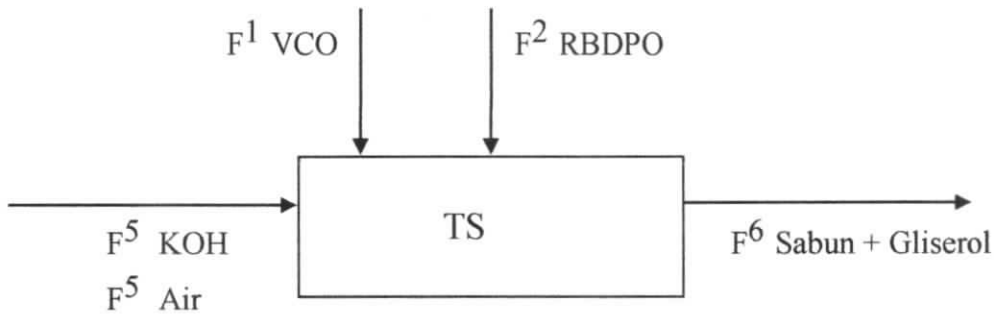
Komponen	Massa Masuk (kg/jam)		Massa keluar
	Alur 3	Alur 4	Alur 5
KOH	142,192	-	142,192
Air	-	331,781	331,781
TOTAL	142,192	331,781	473,973

LA.2.2. TANGKI SAPONIFIKASI (TS)

Fungsi : untuk mereaksikan trigliserida dengan KOH membentuk sabun dan gliserol. Reaksi yang terjadi selama proses saponifikasi berlangsung yaitu:



Dimana hasil dari reaksi saponifikasi ini akan terbentuk sabun dan hasil samping gliserol.



Persamaan neraca massa pada tangki saponifikasi (TS)

$$F^1 + F^2 + F^5 = F^6$$

Alur 1

$$F^1 \text{ VCO} = 20 \% \times 7.141,085 = 1.428,217 \text{ kg/jam}$$

Alur 2

$$F^2 \text{ RBDPO} = 80 \% \times 7.141,085 = 5.712,868 \text{ kg/jam}$$

Alur 5

$$F^5 \text{ KOH} = 142,192 \text{ kg/jam}$$

$$F^5 \text{ Air} = 331,781 \text{ kg/jam}$$

Alur 6

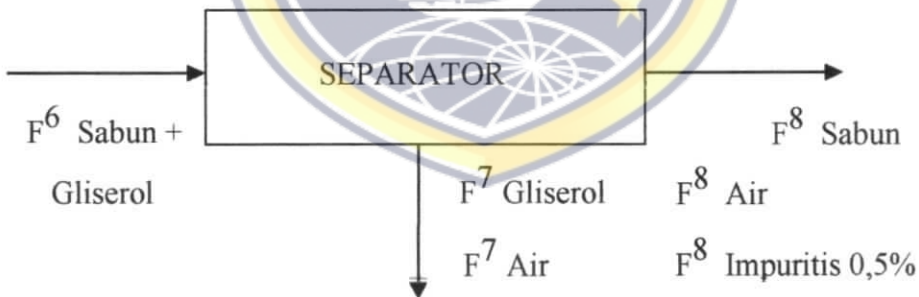
$$\begin{aligned} F^6 \text{ Sabun + Gliserol} &= 1.428,217 \text{ kg/jam} + 5.712,868 \text{ kg/jam} + 142,192 \text{ kg/jam} \\ &\quad + 331,781 \text{ kg/jam} \\ &= 7.615,058 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel LA.2.2 Hasil Perhitungan Neraca Massa Pada Tangki Saponifikasi

KOMPONEN	Massa Masuk (kg/jam)			Massa Keluar (kg/jam)
	Alur 1	Alur 2	Alur 5	Alur 6
VCO	1.428,217	-	-	-
RBDPO	-	5.712,868	-	-
KOH	-	-	142,192	-
Air	-	-	331,781	-
Sabun + Gliserol	-	-	-	7.615,058
SUBTOTAL	1.428,217	5.712,868	473,973	7.615,058
TOTAL	7.615,058			7.615,058

LA.2.3. SEPARATOR (S)

Dari reaksi antara minyak campuran dengan KOH terbentuk 2 lapisan yaitu : lapisan Sabun bersama impuritis dan lapisan Gliserol. Dimana seluruh KOH akan larut dan mengikat pada Air. Dengan menggunakan Separator, Gliserol dan Impuritis akan terpisah karena adanya perbedaan densitas.



Alur 6

$$F^6 \text{ Sabun + Gliserol} = 7.615,058 \text{ kg/jam}$$

Alur 7

$$F^7 \text{ Gliserol} = 499,186 \text{ kg/jam}$$

$$F^7 \text{ Air} = 113,183 \text{ kg/jam}$$

Alur 8

$$\begin{aligned}
 F^8 &= F^6 - F^7 \\
 &= 7.615,058 \text{ kg/jam} - 612,369 \text{ kg/jam} \\
 &= 7.002,689 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Dimana, } F^8 \text{ Sabun} = 6.784,091 \text{ kg/jamH}$$

$$F^8 \text{ Air} = 218,598 \text{ kg/jam}$$

$$F^8 \text{ Impuritis 0,5\%} = 75,379 \text{ kg/jam}$$

Tabel LA.2.3 Hasil Perhitungan Neraca Massa Pada Tangki Separator

KOMPONEN	Massa Masuk (kg/jam)			Massa Keluar (kg/jam)		
	Alur 6			Alur 7		Alur 8
Sabun + Gliserol	7.615,058			-		6.784,091
Air	-			113,183		218,598
Gliserol	-			423,807		-
Impuritis 0,5%	-			-		75,379
SUB TOTAL	7.615,058			536,990		7.078,068
TOTAL	7.615,058			7.615,058		

Dimana Air yang di butuhkan adalah $4 \% \times 2.864,394 \text{ kg}$
 $= 114,576 \text{ kg/jam}$

Alur 11

F^{11} Gliserin = $2.261,364 \text{ kg/jam}$

Dimana Air yang dibutuhkan adalah $1 \% \times 2.261,364 \text{ kg}$
 $= 22,614 \text{ kg/jam}$

Alur 12

F^{12} Gula = $753,788 \text{ kg/jam}$

Alur 13

F^{13} Asam Sitrat = $452,273 \text{ kg/jam}$

Alur 14

F^{14} Pewarna = $452,273 \text{ kg/jam}$

Alur 15

F^{15} Pewangi = $1.055,303 \text{ kg/jam}$

Dimana Air yang dibutuhkan adalah $2 \% \times 1.055,303 \text{ kg}$
 $= 21,106 \text{ kg/jam}$

Alur 16

F^{16} Sabun = $6.784,091 \text{ kg/jam}$

F^{16} Air = $376,894 \text{ kg/jam}$

F^{16} Etanol = $2.864,394 \text{ kg/jam}$

F^{16} Gula = $753,788 \text{ kg/jam}$

F^{16} Gliserin = $2.261,364 \text{ kg/jam}$

F^{16} Asam Sitrat = $452,273 \text{ kg/jam}$

F^{16} Pewarna = $452,273 \text{ kg/jam}$



$$F^{16} \text{ Pewangi} = 1.055,303 \text{ kg/jam}$$

$$F^{16} \text{ Impuritis 0,5\%} = 75,379 \text{ kg/jam}$$

Tabel LA.2.4 Hasil Perhitungan Neraca massa pada Tangki Mixing (TM-02).

Komponen	Massa Masuk (kg/jam)							Massa Keluar (kg/jam)
	Alur 9	Alur 10	Alur 11	Alur 12	Alur 13	Alur 14	Alur 15	Alur 16
Sabun	6784,091	-	-	-	-	-	-	6784,091
Air	218,598	114,576	22,614	-	-	-	21,106	376,894
Etanol	-	2864,394	-	-	-	-	-	2864,394
Gliserin	-	-	2261,364	-	-	-	-	2261,364
Gula	-	-	-	753,788	-	-	-	753,788
Asam Sitrat	-	-	-	-	452,273	-	-	452,273
Pewarna	-	-	-	-	-	452,273	-	452,273
Pewangi	-	-	-	-	-	-	1.055,303	1.055,303
mpuritis 0,5%	75,379	-	-	-	-	-	-	75,379
Subtotal	7078,068	2978,97	2283,978	753,788	452,273	452,273	1076,409	150,7574
TOTAL				15.075,757				15.075,757

LAMPIRAN A

NERACA MASSA

Kapasitas Produksi	= 120.000 ton/tahun
1 Tahun Operasi	= 330 hari
1 Hari Produksi	= 24 jam

Kapasitas produksi dalam 1 jam operasi:

$$= 120.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 15151,515 \text{ kg/jam}$$

Basis Perhitungan	= 100 kg
Kemurnian Produk	= 99,5 %
	= 99,5 % x 100 kg = 99,5 kg

Komposisi Sabun Transparan :

Senyawa Sabun	: 45 % x 100 kg	= 45 kg
Etanol	: 19 % x 100 kg	= 19 kg
Gliserin	: 15 % x 100 kg	= 15 kg
Gula	: 5 % x 100 kg	= 5 kg
Asam Sitrat	: 3 % x 100 kg	= 3 kg
Pewarna	: 3 % x 100 kg	= 3 kg
Air	: 2,5 % x 100 kg	= 2,5 kg
Pewangi	: 7 % x 100 kg	= 7 kg

Dimana sisa VCO dan RBDPO dalam produk sebanyak 0,5 % dari produk merupakan impuritis.

Jumlah Senyawa Sabun yang berasal dari VCO : 20 % x 45 kg = 9 kg

Jumlah Senyawa Sabun yang berasal dari RBDPO : 80 % x 45 kg = 36 kg

Kandungan dalam VCO

Kalium Laurat	: 46 % x 9 kg = 4,14 kg
Kalium Miristat	: 19,9 % x 9 kg = 1,79 kg
Kalium Palmitat	: 9,8 % x 9 kg = 0,88 kg
Kalium Kaprilat	: 6,8 % x 9 kg = 0,61 kg
Kalium Stearat	: 3,4 % x 9 kg = 0,31 kg
Kalium Linoleat	: 1,3 % x 9 kg = 0,12 kg
Kalium Oleat	: 6,4 % x 9 kg = 0,58 kg
Kalium Kaproat	: 0,4 % x 9 kg = 0,04 kg
Kalium Kaprat	: 6,0 % x 9 kg = 0,54 kg

Kandungan dalam RBDPO

Kalium Palmitat	: 44,3 % x 36 kg = 15,95 kg
Kalium Stearat	: 4,6 % x 36 kg = 1,66 kg
Kalium Miristat	: 1,9 % x 36 kg = 0,68 kg
Kalium Oleat	: 38,7 % x 36 kg = 13,93 kg
Kalium Linoleat	: 10,5 % x 36 kg = 3,78 kg
Senyawa Sabun	= 45 kg
Konversi, X	= 95 %

Maka, jumlah VCO + RBDPO sebagai bahan baku : $\frac{45 \text{ kg}}{0,95} = 47,368 \text{ kg}$

Untuk menghitung kapasitas 120.000 ton/tahun adalah sebagai berikut :

Sabun Transparan murni sebagai produk = 15.151,515 kg/jam x 99,5 %
= 15.075,757 kg/jam

Komposisi Sabun Transparan :

Senyawa Sabun	: 45 % x 15.075,757 kg/jam = 6.784,091 kg/jam
Etanol	: 19 % x 15.075,757 kg/jam = 2.864,394 kg/jam
Gliserin	: 15 % x 15.075,757 kg/jam = 2.261,364 kg/jam
Gula	: 5 % x 15.075,757 kg/jam = 753,788 kg/jam
Asam Sitrat	: 3 % x 15.075,757 kg/jam = 452,273 kg/jam
Pewarna	: 3 % x 15.075,757 kg/jam = 452,273 kg/jam

Air : $2,5 \% \times 15.075,757 \text{ kg/jam} = 376,894 \text{ kg/jam}$

Pewangi : $7 \% \times 15.075,757 \text{ kg/jam} = 1.055,303 \text{ kg/jam}$

Untuk mencari Jumlah Senyawa Sabun yang terkonversi adalah :

$$\frac{100}{47,368} = \frac{15.075,757}{A}$$

$$100 A = 71.4108,458$$

$$A = 7.141,085 \text{ kg/jam}$$

Berat VCO + RBDPO = $7.141,085 \text{ kg/jam} \times 1000 = 7.141.085 \text{ gr}$

Jumlah mol yang dibutuhkan :

$$\frac{7.141.085}{2.812,41} = 2.539,134 \text{ mol}$$

gr KOH = BM KOH x 2.539,134 mol

$$= 56 \times 2.539,134 \text{ mol}$$

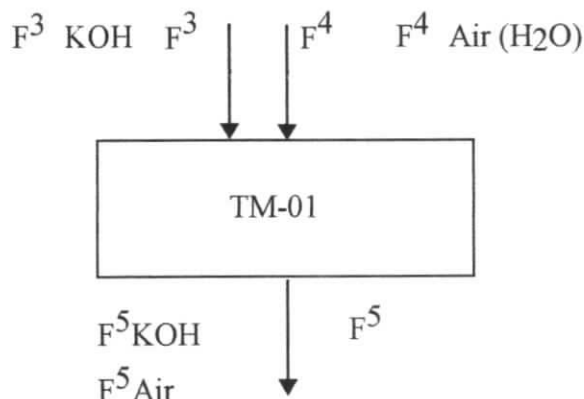
$$= 142.191,504 \text{ gr} = 142,192 \text{ kg}$$

KOH yang dibutuhkan adalah KOH 30 %, sehingga total air yang dibutuhkan adalah Air 70 %.

$$\begin{aligned} \text{Air yang dibutuhkan} &= \frac{70\%}{30\%} \times 142,192 \text{ kg} \\ &= 331,781 \text{ kg} \end{aligned}$$

LA.2. NERACA MASSA TIAP ALAT

LA.2.1. TANGKI MIXING KOH 30% (TM-01)



Persamaan neraca massa pada tangki saponifikasi (TS)

$$F^3 + F^4 = F^5$$

Alur 3

$$F^3 \text{ KOH} = \text{BM KOH} \times 2.539,134 \text{ mol} = 56 \times 2.539,134 \text{ mol} \\ = 142.191,504 \text{ gr} = 142,192 \text{ kg}$$

Alur 4

$$F^4 \text{ Air} = \frac{70\%}{30\%} \times 142,192 \text{ kg} = 331,781 \text{ kg}$$

Alur 5

$$F^5 \text{ KOH} = F^3 \text{ KOH} = 142,192 \text{ kg/jam}$$

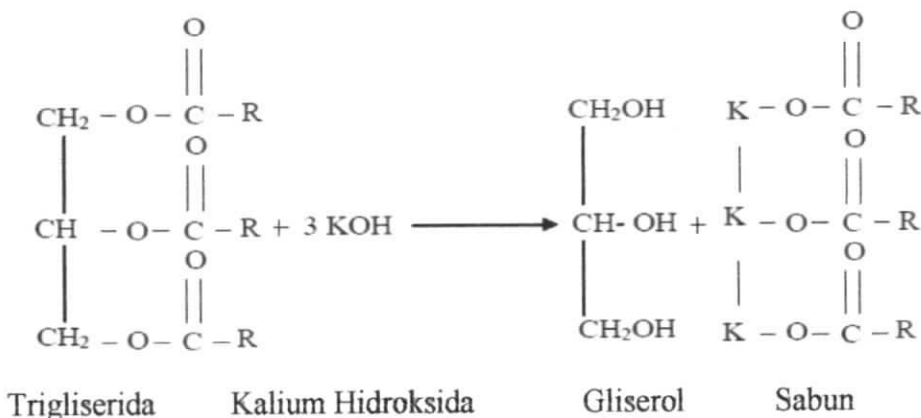
$$F^5 \text{ Air} = F^4 \text{ Air} = 331,781 \text{ kg/jam}$$

Tabel LA.2.1 Hasil Perhitungan Neraca Massa Pada Tangki Mixing KOH 30 % (TM-01)

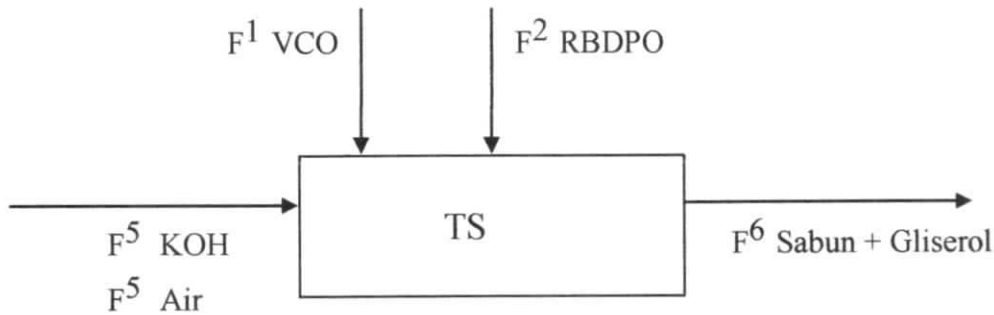
Komponen	Massa Masuk (kg/jam)		Massa keluar
	Alur 3	Alur 4	Alur 5
KOH	142,192	-	142,192
Air	-	331,781	331,781
TOTAL	142,192	331,781	473,973

LA.2.2. TANGKI SAPONIFIKASI (TS)

Fungsi : untuk mereaksikan trigliserida dengan KOH membentuk sabun dan gliserol. Reaksi yang terjadi selama proses saponifikasi berlangsung yaitu:



Dimana hasil dari reaksi saponifikasi ini akan terbentuk sabun dan hasil samping gliserol.



Persamaan neraca massa pada tangki saponifikasi (TS)

$$F^1 + F^2 + F^5 = F^6$$

Alur 1

$$F^1 \text{ VCO} = 20\% \times 7.141,085 = 1.428,217 \text{ kg/jam}$$

Alur 2

$$F^2 \text{ RBDPO} = 80\% \times 7.141,085 = 5.712,868 \text{ kg/jam}$$

Alur 5

$$F^5 \text{ KOH} = 142,192 \text{ kg/jam}$$

$$F^5 \text{ Air} = 331,781 \text{ kg/jam}$$

Alur 6

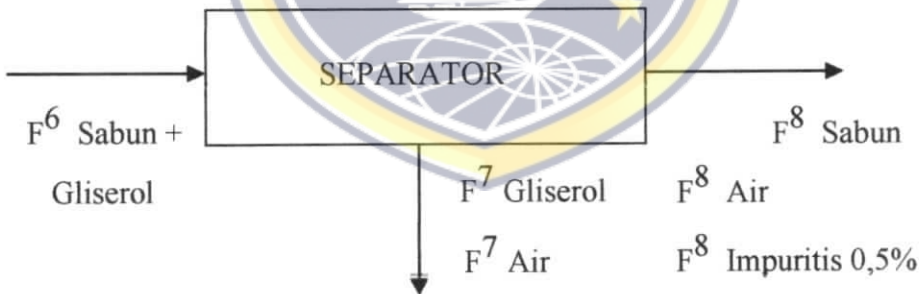
$$\begin{aligned} F^6 \text{ Sabun + Gliserol} &= 1.428,217 \text{ kg/jam} + 5.712,868 \text{ kg/jam} + 142,192 \text{ kg/jam} \\ &\quad + 331,781 \text{ kg/jam} \\ &= 7.615,058 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel LA.2.2 Hasil Perhitungan Neraca Massa Pada Tangki Saponifikasi

KOMPONEN	Massa Masuk (kg/jam)			Massa Keluar (kg/jam)
	Alur 1	Alur 2	Alur 5	Alur 6
VCO	1.428,217	-	-	-
RBDPO	-	5.712,868	-	-
KOH	-	-	142,192	-
Air	-	-	331,781	-
Sabun + Gliserol	-	-	-	7.615,058
SUBTOTAL	1.428,217	5.712,868	473,973	7.615,058
TOTAL		7.615,058		7.615,058

LA.2.3. SEPARATOR (S)

Dari reaksi antara minyak campuran dengan KOH terbentuk 2 lapisan yaitu : lapisan Sabun bersama impuritis dan lapisan Gliserol. Dimana seluruh KOH akan larut dan mengikat pada Air. Dengan menggunakan Separator, Gliserol dan Impuritis akan terpisah karena adanya perbedaan densitas.



Alur 6

$$F^6 \text{ Sabun + Gliserol} = 7.615,058 \text{ kg/jam}$$

Alur 7

$$F^7 \text{ Gliserol} = 499,186 \text{ kg/jam}$$

$$F^7 \text{ Air} = 113,183 \text{ kg/jam}$$

Alur 8

$$\begin{aligned}
 F^8 &= F^6 - F^7 \\
 &= 7.615,058 \text{ kg/jam} - 612,369 \text{ kg/jam} \\
 &= 7.002,689 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Dimana, } F^8 \text{ Sabun} = 6.784,091 \text{ kg/jamH}$$

$$F^8 \text{ Air} = 218,598 \text{ kg/jam}$$

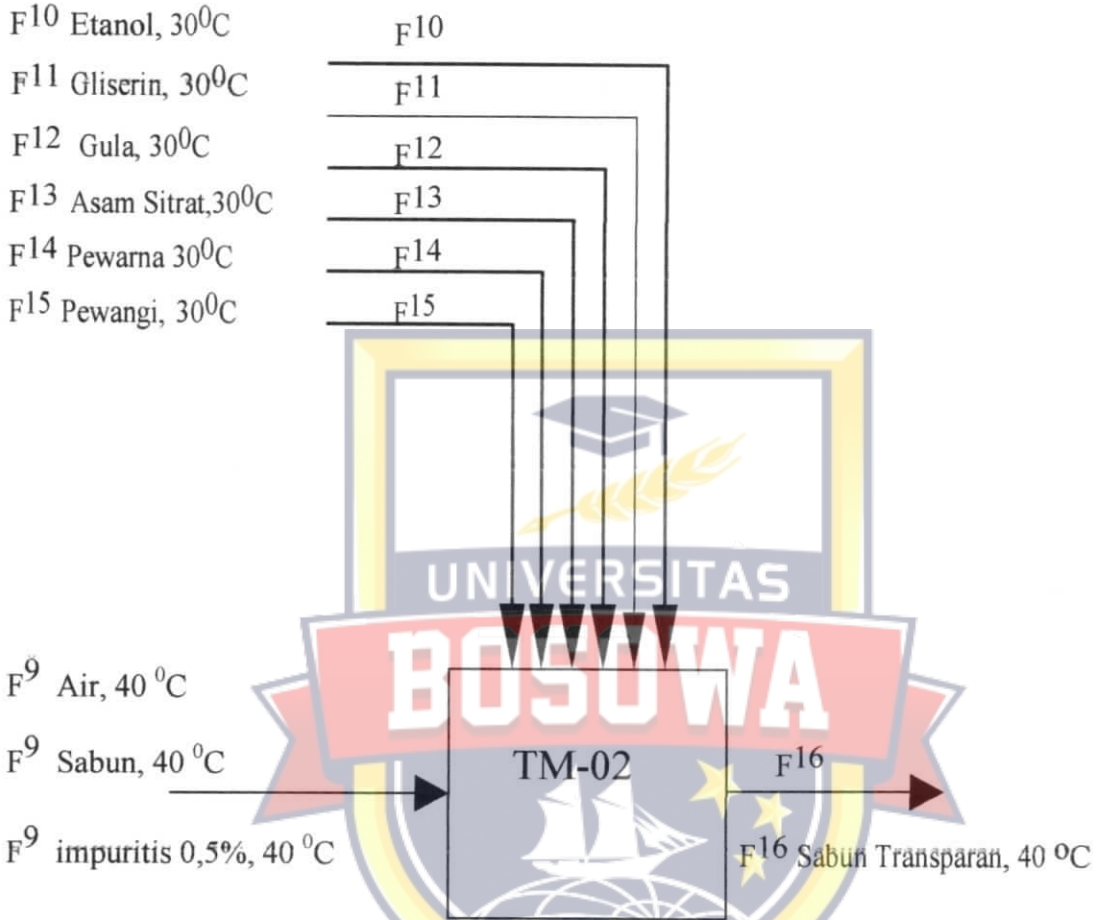
$$F^8 \text{ Impuritis 0,5\%} = 75,379 \text{ kg/jam}$$

Tabel LA.2.3 Hasil Perhitungan Neraca Massa Pada Tangki Separator

KOMPONEN	Massa Masuk (kg/jam)			Massa Keluar (kg/jam)		
	Alur 6	Alur 7	Alur 8	Alur 6	Alur 7	Alur 8
Sabun + Gliserol	7.615,058	-	-	-	-	6.784,091
Air	-	113,183	-	113,183	-	218,598
Gliserol	-	423,807	-	423,807	-	-
Impuritis 0,5%	-	-	-	-	-	75,379
SUB TOTAL	7.615,058	536,990	-	536,990	-	7.078,068
TOTAL	7.615,058	536,990	-	536,990	7.615,058	7.615,058

LA.2.4. TANGKI MIXING (TM-02)

Fungsi : untuk menghomogenkan sabun, etanol, gliserin, gula, asam sitrat, pewangi dan pewarna.



Persamaan neraca massa pada Tangki Mixing

$$F^9 + F^{10} + F^{11} + F^{12} + F^{15} + F^{17} + F^{19} = F^{20}$$

Alur 9

$$F^9 \text{ Sabun} = 6.784,091 \text{ kg/jam}$$

$$F^9 \text{ Air} = 218,598 \text{ kg/jam}$$

$$F^9 \text{ impuritis } 0,5 \% = 75,379 \text{ kg/jam}$$

Alur 10

$$F^{10} \text{ Etanol} = 2.864,394 \text{ kg/jam}$$

UNIVERSITAS EMPAT
BORNEO



Bahan Perbaikan, 70%

Diperoleh Siswa/lembaga

Setelah Penilaian

Siswa yang dipukul

Yaitu

1. Siswa yang

2. Siswa yang

3. Siswa yang

4. Siswa yang

5. Siswa yang

6. Siswa yang

7. Siswa yang

8. Siswa yang

9. Siswa yang

10. Siswa yang

11. Siswa yang

12. Siswa yang

13. Siswa yang

14. Siswa yang

15. Siswa yang

16. Siswa yang

17. Siswa yang

18. Siswa yang

19. Siswa yang

20. Siswa yang

Tabel LB.1. Data ΔH_f (298 K) (KJ/kmol) untuk Estimasi.

Gugus	Harga (KJ/kmol K)
- CH -	- 37,9700
- CH ₂ -	- 20,6400
-CH ₃ -	- 76,4500
- OH -	- 208,0400
-COO -	-337,9200
- COOH -	-426,7200

(Sumber : Red, 1987)

Tabel LB.2. Data harga Cp setiap gugusan (kal/kg K)

Gugus	kal/kg K
CH — —	5,3
CH ₂ — —	6,2
CH ₃ — —	8,8
OH	10,5
COO	14,5
COOH-	19,1
C	2,9

Sumber : Lyman, 1980 dan Reid

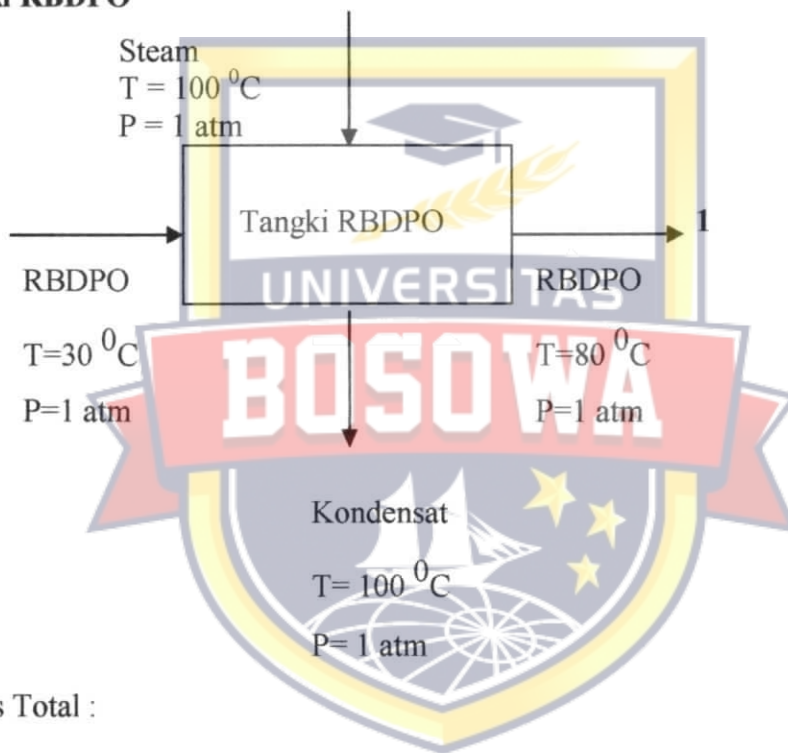
Nilai kapasitas panas (Cp) untuk komponen :

$$\begin{aligned}
 1. \text{Cp RBDPO} &= (\text{CH}_2\text{-OOR-R-CH-OOC-R-CH}_2\text{-OOC-R}) \\
 &= \text{CH}_2\text{-OOC-(CH}_2\text{)}_{16}\text{CH}_3\text{-CH-OOC-(CH}_2\text{)}_{16}\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-OOC-} \\
 &\quad \text{(CH}_2\text{)}_{16}\text{CH}_3 \\
 &= 98 (-\text{CH}_2\text{-}) + 3(-\text{COO=}) + 3(-\text{CH}_3\text{-}) + 1(-\text{CH=}) \\
 &\equiv 98(6,2) + 3(14,5) + 3(8,8) + 1(5,3) \\
 &= 607,6 + 43,5 + 26,4 + 5,3 \\
 &= 682,8 \text{ kal/kg K} \\
 &= 0,6828 \text{ Kkal/kg K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2.C_p \text{ VCO} &= 24(\text{CH}_2) + 47(\text{CH}_3) + 5(\text{CH}) + 18(\text{C}) + 9(\text{COOH}) \\
 &= 24(6,2) + 47(8,8) + 5(5,3) + 18(2,9) + 9(19,1) \\
 &= 148,8 + 413,6 + 26,5 + 52,2 + 171,9 \\
 &= 813 \text{ kal/kg K} \\
 &= 0,813 \text{ kkal/kg K}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas tiap alat

LB.1. Tangki RBDPO



Neraca Panas Total :

$$Q_1 = Q_2$$

$$Q = m.C_p.dT$$

Neraca panas masuk :

$$\begin{aligned}
 \text{RBDPO } Q_1 &= 5.712,868 \text{ kg/jam} \times 0,6828 \text{ Kkal/kg K} \times (30-25) \\
 &= 19.503,731 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Total panas masuk} = 19.503,731 \text{ kkal/jam}$$

Neraca panas keluar :

$$\begin{aligned}
 \text{RBDPO } Q_2 &= 5.712,868 \text{ kg/jam} \times 0,6828 \text{ Kkal/kg K} \times (80-25) \\
 &= 214.541,04 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Total panas keluar = 214.541,04 kkal/jam

$Q_{\text{steam}} = \text{Panas keluar} - \text{Panas masuk}$

$$= 214.541,04 \text{ kkal/jam} - 19.503,731 \text{ kkal/jam}$$

$$= 195.037,31 \text{ kkal/jam}$$

Maka jumlah saturated steam yang dibutuhkan

$$Q_{\text{steam}} = m_{\text{steam}} \times (H_v 100^{\circ}\text{C} - H_l 100^{\circ}\text{C})$$

$$195.037,31 \text{ kkal/jam} = m_{\text{steam}} \times (2676 \text{ kJ/kg} - 419,1 \text{ kJ/kg})$$

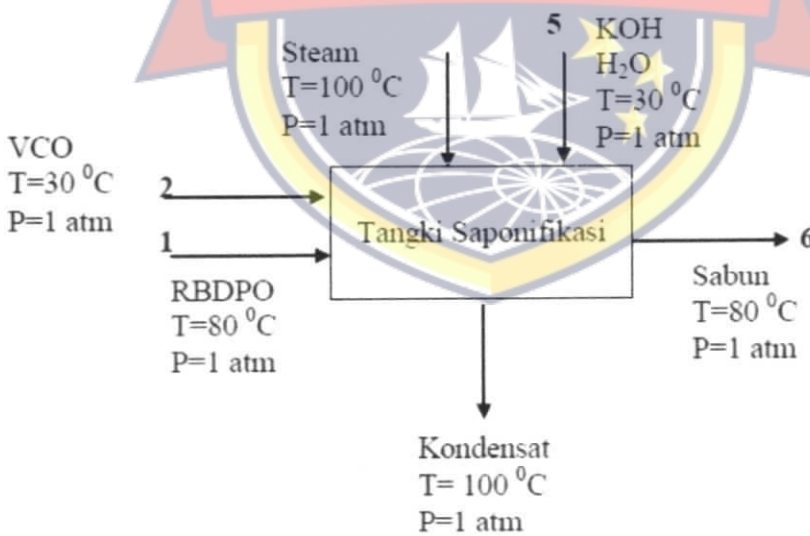
$$195.037,31 \text{ kkal/jam} = m_{\text{steam}} \times 2.256,9 \text{ kJ/kg}$$

$$195.037,31 \text{ kkal/jam} = m_{\text{steam}} \times 539,928 \text{ kkal/kg}$$

$$m_{\text{steam}} = \frac{195.037,31 \text{ kkal/jam}}{539,928 \text{ kkal/kg}}$$

$$= 361,228 \text{ kg/jam}$$

LB.2. Tangki Saponifikasi



Neraca Panas Total :

$$Q_6 = Q_1 + Q_2 + Q_5$$

$$Q = m \cdot C_p \cdot dT$$

Neraca panas masuk pada alur 1

$$\begin{aligned} \text{RBDPO } Q_1 &= 5.712,868 \text{ kg/jam} \times 0,6828 \text{ Kkal/kg K} \times (80-25) \\ &= 214.541,04 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Neraca panas masuk pada alur 2

$$\begin{aligned} \text{VCO } Q_2 &= 1.428,217 \text{ kg/jam} \times 0,813 \text{ kkal/kg K} \times (30-25) \\ &= 5.805,7021 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Neraca panas masuk pada alur 5

$$\begin{aligned} \text{KOH } Q_5 &= 142,192 \text{ kg/jam} \times 0,212 \text{ kkal/kg}^0 \text{K} \times (30-25) \\ &= 150,723 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O } Q_5 &= 331,781 \text{ kg/jam} \times 1 \times (30-25) \\ &= 1.658,905 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Total panas masuk} = 222.156,37 \text{ kkal/jam}$$

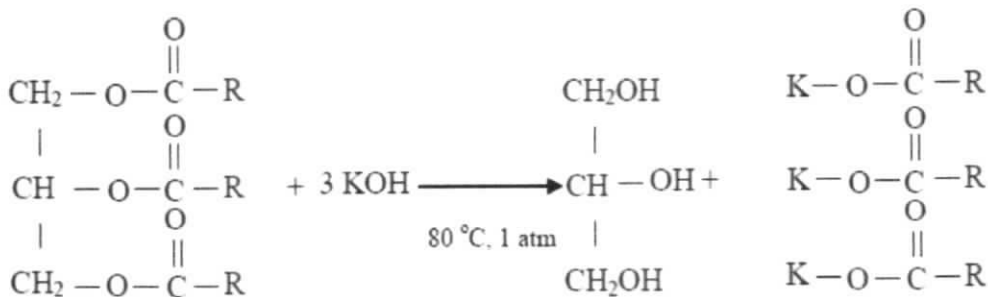
Neraca panas keluar pada alur 6 :

$$\begin{aligned} \text{Sabun } Q_6 &= 7.615,058 \text{ kg/jam} \times 0,572 \text{ kkal/kg K} \times (80-25) \\ &= 239.569,72 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Total panas keluar} = 239.569,72 \text{ kkal/jam}$$

Panas Reaksi

Reaksi



Trigliserida

Kalium Hidroksida

Gliserol

Sabun



LAMPIRAN C

PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN

1. Bucket Elevator (BE-01) KOH

Fungsi : Mengangkut Katalis Kalium Hidroksida (KOH) dari gudang ke tangki saponifikasi

Jenis : *Spaced-Bucket Centrifugal-Discharge Elevator*

Bahan : *Malleable-iron*

Jumlah: 1 unit



Gambar LB.1 Bucket Elevator (BE -01)

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) : 30 °C
- Tekanan (P) : 1 atm (14,699 psi)

Laju bahan yang diangkut = 142,192 kg/jam

Faktor kelonggaran, f_k = 12 % (Tabel 28-8, Perry, 1999)

Perhitungan :

- Kapasitas = $1,12 \times 142,192 \text{ kg/jam}$
 = 159,2550 kg/jam
 = 0,1592 ton/jam
- Untuk bucket elevator < 14 ton/jam berdasarkan Perry's Chemical Engineer Handbook, 7th Ed., hal. 21-8, diperoleh spesifikasi bucket elevator sebagai berikut :

Kondisi operasi :

$$\text{Temperatur (T)} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Tekanan (P)} = 1 \text{ atm}$$

Data desain :

$$\text{Laju alir massa Gliserin} = 2.261,364 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas Gliserin} = 1260 \text{ kg/m}^3$$

Perhitungan :

A. Volume tangki

Volume Larutan, V_l

$$= \frac{2.261,364 \text{ kg/jam} \times 30 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari}}{1260 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 1.292,208 \text{ m}^3$$

$$\text{Faktor kelonggaran (fk)} = 20\%$$

$$\text{Volume tangki, } V_T = (1 + 0,2) \times 1.292,208 \text{ m}^3 = 1.550,6496 \text{ m}^3$$

B. Diameter dan tinggi Shell

Volume silinder

$$V = \frac{1}{4} \pi D_t^2 \cdot H_s$$

$$(H_s : D_t = 3 : 2)$$

$$V_s = \frac{3}{8} \pi D_t^3$$

$$1.550,6496 = \frac{3}{8} \pi D_t^3$$

$$D_t = 10,9610 \text{ m}$$

$$r = \frac{1}{2} D_t = \frac{1}{2} \times 10,9610 \text{ m} = 5,4805 \text{ m} = 215,7677 \text{ in}$$

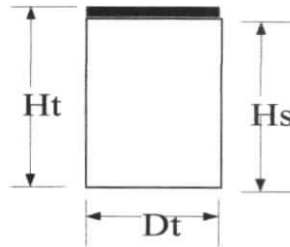
Tinggi Silinder (H_s) :

$$H_s = \frac{3}{2} D_t = \frac{3}{2} \times 10,9610 \text{ m} = 16,4415 \text{ m} = 647,3031 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi total tangki (H}_t) = H_s = 16,4415 \text{ m}$$

Bahan : Carbon steel, SA – 285, Gr.C

Jumlah : 1 unit



Keterangan gambar :

Ht = Tinggi tangki

Dt = Diameter tangki

Hs = Tinggi silinder

Gambar LB.9 Tangki Gliserin (T-06)

Lama penyimpanan : 30 hari

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) = 30 °C
- Tekanan (P) = 1 atm

Data desain :

- Laju alir massa Gliserin = 1.055,303 kg/jam
- Densitas Gliserin = 912,28 kg/m³

Perhitungan :

A. Volume tangki

$$\text{Volume Larutan, } V_l = \frac{1.055,303 \text{ kg/jam} \times 30 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari}}{912,28 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 832,878 \text{ m}^3$$

Faktor kelonggaran (fk) = 20%

$$\text{Volume tangki, } V_T = (1 + 0,2) \times 832,878 \text{ m}^3 = 999,453 \text{ m}^3$$

B. Diameter dan tinggi Shell

Volume silinder

$$V = \frac{1}{4} \pi D_t^2 \cdot H_s \quad (H_s : D_t = 3 : 2)$$

$$V_s = \frac{3}{8} \pi D_t^3$$

$$999,453 = \frac{3}{8} \pi D_t^3$$

$$D_t = 9,446 \text{ m} = 371,889 \text{ in}$$

$$r = \frac{1}{2} D_t = \frac{1}{2} \times 9,446 \text{ m} = 4,723 \text{ m} = 185,944 \text{ in}$$

Tinggi Silinder (H_s) :

$$H_s = \frac{3}{2} D_t = \frac{3}{2} \times 9,446 \text{ m} = 14,169 \text{ m} = 557,834 \text{ in}$$

Tinggi total tangki (H_t) = $H_s = 14,169 \text{ m}$

Tinggi cairan dalam tangki (H_c)

$$- \text{Volume tangki } (V_t) = 999,453 \text{ m}^3$$

$$- \text{Volume cairan } (V_c) = 832,878 \text{ m}^3$$

$$- \text{Tinggi silinder } (H_s) = 14,169 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bahan dalam tangki } (H_c) &= \frac{\text{Volume cairan} \times \text{tinggi silinder}}{\text{volume silinder}} \\ &= \frac{832,878 \times 14,169}{999,453} \\ &= 11,807 \text{ m} = 464,842 \text{ in} \end{aligned}$$

Tebal *shell* dan *head*

Tekanan desain (P_{desain}) : $P_o = 14,696 \text{ psia}$

$$\text{Phidrostatis} = \rho g H_c = (912,28 \text{ kg/m}^3)(9,8 \text{ m/s}^2)(11,807 \text{ m})$$

$$= 105.558,640 \text{ N/m}^2 = 15,357 \text{ psia}$$

$$\text{Poperasi} = P_o + P = 14,696 \text{ psia} + 15,357 \text{ psia} = 30,053 \text{ psia}$$

$$P_{\text{desain}} = (1+f_k)P_{\text{operasi}} = (1+0,2) 30,053 \text{ psia} = 36,063 \text{ psia}$$

Tebal *shell* tangki

Direncanakan menggunakan bahan konstruksi *Carbon Steel SA-285*

Grade C (Timmerhaus,2004)

- Allowable stress (S) = 13.700 psia
- Joint efficiency (E) = 0,8
- Corrosion allowance (C) = 0,125 in/tahun
- Umur tangki (n) = 10 tahun

Tebal *shell* tangki: (Walas dkk, 2005)

$$t = \frac{PR}{2SE - 0,6P} + nC$$

$$= \left(\frac{(36,063 \text{ psi})(185,944 \text{ in})}{2(13.700 \text{ psi})(0,8) - 0,6(36,063 \text{ psi})} \right) + 10 \times (0,125 \text{ in})$$

$$= 1,556 \text{ in}$$

Tebal *shell* standar yang digunakan = 2 in (Brownell, 1959)

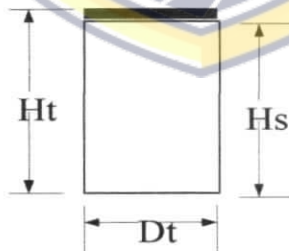
d. Tebal tutup tangki

Tutup atas tangki terbuat dari bahan yang sama dengan *shell*

Tebal tutup atas yang digunakan = 2 in

10. Tangki Produk Gliserol

- Fungsi : Tangki penyimpan produk gliserol.
- Bentuk : Tangki silinder vertikal dengan alas datar dan tutup datar.
- Bahan : Carbon steel, SA - 285, Gr.C
- Jumlah : 1 unit



Keterangan gambar :

H_t = Tinggi tangki

H_s = Tinggi silinder

D_t = Diameter tangki

Gambar LB.10 Tangki Gliserol (T-03)

Lama penyimpanan : 30 hari

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) = 30 °C
- Tekanan (P) = 1 atm

Data desain :

- Laju alir massa Gliserol = 536,990 kg/jam
- Densitas Gliserol = 1261 kg/m³

Perhitungan :

A. Volume tangki

Volume Larutan, V_l

$$\text{Volume Larutan, } V_l = \frac{536,990 \text{ kg/jam} \times 30 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari}}{1261 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 306,608 \text{ m}^3$$

Faktor kelonggaran (fk) = 20%

$$\text{Volume tangki, } V_T = (1 + 0,2) \times 306,608 \text{ m}^3 = 367,929 \text{ m}^3$$

B. Diameter dan tinggi Shell

Volume silinder

$$V = \frac{1}{4} \pi D_t^2 \cdot H_s$$

$$V_s = \frac{3}{8} \pi D_t^3$$

$$367,929 = \frac{3}{8} \pi D_t^3$$

$$D_t = 6,772 \text{ m} = 266,645 \text{ in}$$

$$r = \frac{1}{2} D_t = \frac{1}{2} \times 6,772 \text{ m} = 3,386 \text{ m} = 133,322 \text{ in}$$

Tinggi Silinder (H_s) :

$$H_s = \frac{3}{2} D_t = \frac{3}{2} \times 6,772 \text{ m} = 10,159 \text{ m} = 399,968 \text{ in}$$

Tinggi total tangki (H_t) = H_s = 10,159 m

Tinggi cairan dalam tangki (H_c)

$$\text{Volume tangki (Vt)} = 367,929 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume cairan (Vc)} = 306,608 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi silinder (Hs)} = 10,159 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bahan dalam tangki (Hc)} = \frac{\text{Volume cairan x tinggi silinder}}{\text{volume silinder}}$$

$$= \frac{306,608 \times 10,159}{367,929}$$

$$= 8,466 \text{ m} = 333,307 \text{ in}$$

Tebal *shell* dan *head*

Tekanan desain (P_{desain}):

$$P_0 = 14,696 \text{ psia}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \rho g H_c = (1261 \text{ kg/m}^3)(9,8 \text{ m/s}^2)(8,466 \text{ m})$$

$$= 104.621,563 \text{ N/m}^2 = 15,17 \text{ psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_0 + P = 14,696 \text{ psia} + 15,17 \text{ psia} = 29,866 \text{ psia}$$

$$P_{\text{desain}} = (1+f_k)P_{\text{operasi}} = (1+0,2) 29,866 \text{ psia} = 35,839 \text{ psia}$$

Tebal *shell* tangki

Direncanakan menggunakan bahan konstruksi *Carbon Steel SA-285 Grade C*

(Timmerhaus,2004)

$$\text{- Allowable stress (S)} = 13.700 \text{ psia}$$

$$\text{- Joint efficiency (E)} = 0,8$$

$$\text{- Corrosion allowance (C)} = 0,125 \text{ in/tahun}$$

$$\text{- Umur tangki (n)} = 10 \text{ tahun}$$

Tebal *shell* tangki:

(Walas dkk, 2005)

$$t = \frac{PR}{2SE - 0,6P} + nC$$

$$= \left(\frac{(35,839 \text{ psi})(133,322 \text{ in})}{2(13.700 \text{ psi})(0,8) - 0,6(35,839 \text{ psi})} \right) + 10 \times (0,125 \text{ in})$$

Tebal *shell* standar yang digunakan = 1,5 in

(Brownell,1959)

d. Tebal tutup tangki

Tutup atas tangki terbuat dari bahan yang sama dengan *shell*

Tebal tutup atas yang digunakan = 1,5 in

11. Gudang produk sabun transparan

Fungsi : Tangki penyimpan produk sabun transparan

Bentuk : Dinding bata, pondasi beton, atap dari rangka plat dan seng

Jumlah : 1 unit

Lama penyimpanan : 30 hari

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) = 30 °C

- Tekanan (P) = 1 atm

Data desain :

- Laju alir massa Sabun = 15.075,757 kg/jam

- Densitas Sabun = 1056 kg/m³

Perhitungan :

A. Volume Gudang

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan ruang} &= \frac{15.075,757 \text{ kg/jam} \times 30 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari}}{1056 \text{ kg/m}^3} \\ &= 10.278,925 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Diasumsikan tinggi maksimum penyimpanan = 8 m

Direncanakan : P= panjang L= lebar

$$\text{Panjang gudang, } P = \sqrt{\frac{10.278,925}{8}} = 35,845$$

Untuk menutupi kebutuhan ruang bagi peralatan, material pembantu dan jalan maka diambil :

- Panjang gudang = 40 m

- Lebar gudang = 40 m

- Tinggi gudang = 16 m

12. Gudang bahan baku gula

Fungsi : Gudang penyimpan gula

Bentuk : Dinding bata,pondasi beton,atap dari rangka plat dan seng

Jumlah : 1 unit

Lama penyimpanan : 30 hari

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) = 30°C

- Tekanan (P) = 1 atm

Data desain :

- Laju alir massa Gula = $753,788 \text{ kg/jam}$

- Densitas gula = 1212 kg/m^3

Perhitungan :

A. Volume Gudang



$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan ruang} &= \frac{753,788 \text{ kg/jam} \times 30 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari}}{1212 \text{ kg/m}^3} \\ &= 447,7948 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Diasumsikan tinggi maksimum penyimpanan = 8 m

Direncanakan : P= panjang ,L= lebar

$$\text{Panjang gudang, P} = \sqrt{\frac{447.7948}{8}} = 7.4816$$

Untuk menutupi kebutuhan ruang bagi peralatan, material pembantu dan jalan maka diambil :

- Panjang gudang = 8 m
- Lebar gudang = 8 m
- Tinggi gudang = 4 m

13. Gudang bahan baku Pewarna

Fungsi : Gudang penyimpanan pewarna

Bentuk : Dinding bata,pondasi beton,atap dari rangka plat dan seng

Jumlah : 1 unit

Lama penyimpanan : 30 hari

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) = 30 °C
- Tekanan (P) = 1 atm

Data desain :

- Laju alir massa Pewarna = 452,273 kg/jam
- Densitas Pewarna = 1532 kg/m³

Perhitungan :

A. Volume Gudang

$$\text{Kebutuhan ruang} = \frac{452,273 \text{ kg/jam} \times 30 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari}}{1532 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 212,5565 \text{ m}^3$$

Diasumsikan tinggi maksimum penyimpanan = 8 m

Direncanakan : P, panjang = L, lebar

$$\text{Panjang gudang, } P = \sqrt{\frac{212,5565}{8}} = 5,1545$$

Untuk menutupi kebutuhan ruang bagi peralatan, material pembantu dan jalan maka diambil :

- Panjang gudang = 7 m
- Lebar gudang = 7 m
- Tinggi gudang = 4 m

14. Gudang bahan baku Asam Sitrat

Fungsi : Gudang penyimpanan Asam Sitrat

Bentuk : Dinding bata, pondasi beton, atap dari rangka plat dan seng

Jumlah : 1 unit

Lama penyimpanan : 30 hari

Kondisi operasi :

- Temperatur (T) = 30 °C
- Tekanan (P) = 1 atm

Data desain :

- Laju alir massa Asam Sitrat = 452,273 kg/jam
- Densitas Asam Sitrat = 1257 kg/m³

Perhitungan :

A. Volume Gudang

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan ruang} &= \frac{452,273 \text{ kg/jam} \times 30 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari}}{1257 \text{ kg/m}^3} \\ &= 259,058 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Diasumsikan tinggi maksimum penyimpanan = 8 m

Direncanakan : P, panjang = L, lebar

$$\text{Panjang gudang, } P = \sqrt{\frac{259,058}{8}} = 5,6905$$

Untuk menutupi kebutuhan ruang bagi peralatan, material pembantu dan jalan maka diambil :

- Panjang gudang = 7 m
- Lebar gudang = 7 m
- Tinggi gudang = 4 m

15. Separator

Fungsi : Untuk memisahkan sabun dengan gliserol dan impuritis berdasarkan gaya gravitasi, lama pemisahan 60 menit

Bentuk : Tangki silinder vertikal dengan alas datar dan tutup datar.

Bahan : *Carbon steel*, SA – 285, Gr.C

Jumlah : 1 unit

Tabel LC-1 Komposisi bahan dalam separator

Komponen	Massa (Kg/jam)	Densitas (Kg/m ³)
Sabun	6.784,091	1029
Gliserol	113,183	1261
Impuritis	423,807	2965
H ₂ O	75,379	1
Total	7.615,058	5.256

Perhitungan :

Waktu pemisahan diperkirakan 60 menit

$$\rho \text{ umpan} = 5.256 \text{ kg/m}^3 = 69,3792 \text{ lb/f} \frac{7.615.058}{5.256} = 1,448 \text{ m}^3$$

$$\rho \text{ impurities} = 2.965 \text{ kg/m}^3 = 39,0060 \text{ lb/f.}$$

$$\text{a. Volume larutan, } V = \frac{7.615,058}{5.256} = 1,448 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume larutan pada saat pemisahaan} = \frac{1,448}{60} = 0,0241 \text{ m}^3$$

Untuk fraksi 0,9 maka H/D = 0,78 (Table 10-64, Perry's, 1999)

$$\text{Volume tangki } V_t = L \times R^2 \left(\frac{\alpha}{57,30} \mp \sin \alpha \times \cos \alpha \right) \quad | \quad (\text{Perry's, 1999})$$

Dimana $\cos \alpha = 1 - 2(H/D)$

$$\cos \alpha = 1 - 2(0,78) = -0,56$$

$$\alpha = 124,05 \text{ derajat}$$

Asumsi panjang $L = 2 \text{ m}$

Maka, volume tangki : $V_t = L \times R^2 \left(\frac{\alpha}{57,30} - \sin \alpha \times \cos \alpha \right)$

$$1,448 = 2 \times R^2 \left(\frac{124,05}{57,30} - \sin 124,05 \times \cos 124,05 \right)$$

$$1,448 = 5,257 R^2$$

$$R = 0,0758 \text{ m}$$

$$R \text{ (radius)} = 0,0758 \text{ m}$$

Volume tangki (V)

$$V = V_s + 2 V_h = \frac{\pi}{3} D^3 + 2 \frac{\pi}{24} D^3 = \frac{8\pi}{24} D^3 + 2 \frac{\pi}{24} D^3$$

$$= \frac{10\pi}{24} D^3 = \frac{5\pi}{12} D^3$$

$$1,448 = \frac{5\pi}{12} D^3$$

$$D = 1,034 \text{ m} = 3,392 \text{ ft}, r = 0,5 \times 1,034 = 0,517 \text{ m} = 20,354 \text{ inch}$$

$$H = 1,378 \text{ m} = 4,520 \text{ ft}$$

Tinggi tutup (Hh) = $D/4$

$$= 1,034/4 = 0,2585 \text{ m}$$

$$\text{Volume tutup tangki (Vh)} = \frac{\pi}{24} D^3 = \frac{\pi}{24} (1,034)^3$$

$$= (1,034)^3 = 0,144$$

Volume cairan dalam shell (Vc Shell) = $V - 2V_h$

$$= 1,448 - 2(0,144) = 1,158$$

$$\text{Tinggi cairan (Hc)} = \frac{Vc \text{ shell}}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{1,158}{\frac{\pi (1,034)^2}{4}} = 1,380 \text{ m} = 4,527 \text{ ft}$$

$$L = H_s + H = 2(0,144) + 1,380 = 1,897$$

Tekanan hidrostatik :

$$P = \rho \times g \times L$$

$$= 5.256 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/det}^2 \times 1,897 \text{ m} = 97.725 \text{ Pa}$$

Factor kelonggaran = 5 %

Maka : P design = (1,05) x 97.725 Pa

$$= 102.611,508 \text{ Pa} = 102,611 \text{ kPa}$$

$$\text{Laju pemisahan, } V_r = \frac{2,492 (\rho \text{ umpan} - \rho \text{ impurities})}{\mu \text{ impurities}} \quad (\text{Wallas, 1988})$$

$$= = \frac{2,492 (69,3792 - 39,006)}{18,52} = 4,0869 \text{ ft/min}$$

$$\text{Waktu pemisahan, } W_r = \frac{(H_c) \times D}{V_r} = \frac{3,392 \times 4,527}{4,0869} = 3,757 \text{ mnt}$$

Tebal shell tangki

Direncanakan menggunakan bahan konstruksi *Carbon Steel SA-285 Grade C* (Timmerhaus,2004)

- Allowable stress (S) = 13.700 psia
- Joint efficiency (E) = 0,8
- Corrosion allowance (C) = 0,125 in/tahun
- Umur tangki (n) = 10 tahun

Tebal shell tangki: (Walas dkk, 2005)

$$t = \frac{PR}{2SE - 0,6P} + nC$$

$$= \left(\frac{(102,611 \text{ psi})(20,354 \text{ in})}{2(13.700 \text{ psi})(0,8) - 0,6(102,611 \text{ psi})} \right) + 10 \times (0,125 \text{ in})$$

$$= 1,345 \text{ in}$$

Tebal shell standar yang digunakan = 1,5 in (Brownell,1959)

Tebal tutup tangki

Tutup atas tangki terbuat dari bahan yang sama dengan shell

Tebal tutup atas yang digunakan = 1,5 in

16. Tangki Mixing (TM-01)

Fungsi : Tempat menghomogenkan larutan KOH dan air

Jenis : Tangki pencampur berpengaduk *marine propeller* 3 daun

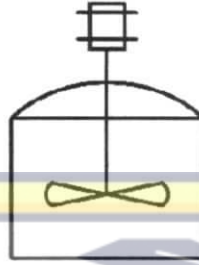
dengan tutup *ellipsoidal*

Bentuk : Tangki silinder vertikal dengan alas datar dan tutup *ellipsoidal*

Bahan : *Stainless steel*, SA – 240 tipe 304,18 Cr – 8 Ni

Jumlah : 1 unit

Waktu tinggal : 1 jam



Kondisi operasi : Gambar LB.11 Tangki Mixing (TM-01)

– Temperatur (T) = 30 °C

– Tekanan (P) = 1 atm

Data desain :

Tabel LC.2 Neraca Massa Masuk Tangki *Mixing*.

Komponen	Laju massa	% Berat	Densitas	Viskositas
KOH	142,192	0,3	1514,3	0,0123
Air	331,781	0,7	1	0,5060
Total	473,973	1	-	-

– Laju alir massa = 473,973 kg/jam

– Densitas campuran = 1515,3 kg/m³ = 8,9514 lb_m/ft³

Perhitungan :

A. Volume tangki

$$\begin{aligned} \text{Volume Larutan, } V_l &= \frac{473,973 \text{ kg/jam} \times 30 \text{ hari} \times 5 \text{ jam/hari}}{1515,3 \text{ kg/m}^3} \\ &= 1,5639 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Faktor kelonggaran (fk) = 20%

Volume tangki, $V_T = (1 + 0,2) \times 1,5639 \text{ m}^3$

$$= 1,876 \text{ m}^3$$

B. Diameter dan tinggi *Shell*

Volume silinder

$$V = \frac{1}{4} \pi D_t^2 H_s \quad (H : D_t = 3 : 2)$$

$$V_s = \frac{3}{8} \pi D_t^3$$

Volume tutup tangki (V_e)

$$V_e = \frac{1}{24} \pi D_t^3$$

Volume tangki (V)

$$V = V_s + V_e$$

$$1,876 \text{ m}^3 = \frac{10}{24} \pi D_t^3$$

$$D_t = 1,127 \text{ m} = 44,380 \text{ in}$$

$$r = \frac{1}{2} D_t = \frac{1}{2} \times 1,127 \text{ m} = 0,563 \text{ m} = 22,190 \text{ in}$$

Tinggi Silinder (H_s) :

$$H_s = \frac{3}{2} D_t = \frac{3}{2} \times 1,127 \text{ m} = 1,690 \text{ m} = 66,571 \text{ in}$$

Tinggi *Head* (H_e) : ($H_e : D_t = 1 : 4$)

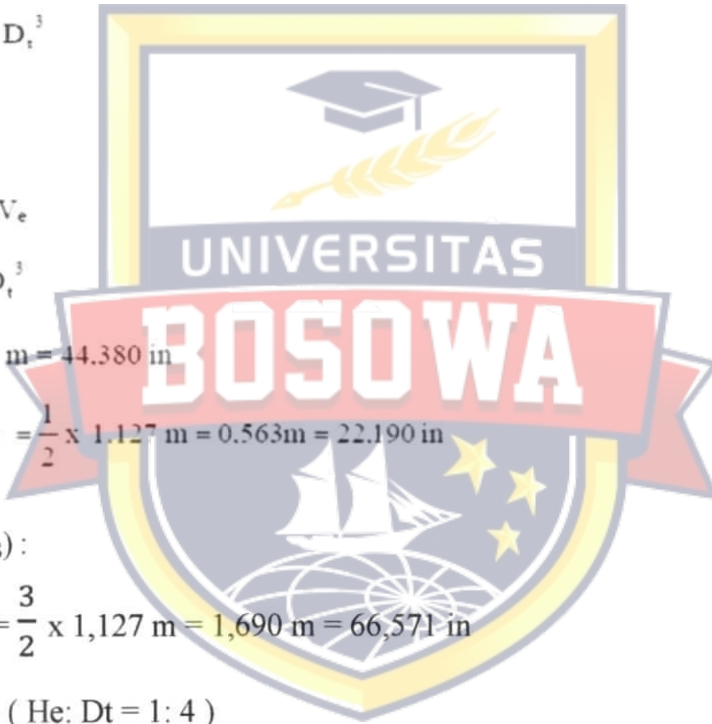
$$H_e = \frac{1}{4} D_t = \frac{1}{4} \times 1,127 \text{ m} = 0,281 \text{ m} = 11,095 \text{ in}$$

Tinggi total tangki (H_t)

$$\begin{aligned} H_t &= H_s + H_e = 1,690 \text{ m} + 0,281 \text{ m} \\ &= 1,972 \text{ m} = 77,666 \text{ in} \end{aligned}$$

Tinggi cairan dalam silinder (H_{cs})

$$V_l = V_s$$



$$V1 = \frac{1}{4} \pi D_t^2 \cdot H_{cs}$$

$$1,876 = \frac{1}{4} \pi (1,127)^2 \times H_{cs}$$

$$H_{cs} = 1,881 \text{ m} = 74,076 \text{ in}$$

Tinggi total cairan (Hc)

$$H_c = H_{cs} = 1,881 \text{ m} = 74,076 \text{ in}$$

C. Tebal *shell* dan *head*

Tekanan desain (P_{desain}) :

$$P_0 = 14,696 \text{ psia}$$

$$\begin{aligned} P_{hidrostatik} &= \rho g H_c = (1515,3 \text{ kg/m}^3)(9,8 \text{ m/s}^2)(1,881 \text{ m}) \\ &= 27.940,88 \text{ N/m}^2 = 4,062 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$P_{operasi} = P_0 + P = 14,696 \text{ psia} + 4,062 \text{ psia} = 18,758 \text{ psia}$$

$$P_{desain} = (1+f_k)P_{operasi} = (1+0,2) 18,758 \text{ psia} = 22,510 \text{ psia}$$

Tebal *shell* tangki

Direncanakan menggunakan bahan konstruksi *Carbon Steel SA-285 Grade C* (Timmerhaus,2004)

$$\text{- Allowable stress (S)} = 13.700 \text{ psia}$$

$$\text{- Joint efficiency (E)} = 0,8$$

$$\text{- Corrosion allowance (C)} = 0,125 \text{ in/tahun}$$

$$\text{- Umur tangki (n)} = 10 \text{ tahun}$$

Tebal *shell* tangki:

(Walas dkk, 2005)

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.6P} + nC$$

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{(22.510 \text{ psi})(22.190 \text{ in})}{2(13.700 \text{ psi})(0.8) - 0.6(22.510 \text{ psi})} \right) + 10 \times (0.125 \text{ in}) \\ &= 1.272 \text{ in} \end{aligned}$$

Tebal *shell* standar yang digunakan = 1,5 in

(Brownell,1959)

Tebal tutup tangki

Tutup atas tangki terbuat dari bahan yang sama dengan *shell*.

Tebal tutup atas yang digunakan = 1,5 in

D. Pengaduk

Jenis : Marine Propeller tiga daun

Kecepatan putaran (N) = 60 rpm = 1 rps (US Patent)

Effisiensi motor = 80 %

Pengaduk didesain dengan standar sebagai berikut : (McCabe, 1994)

$$D_a : D_t = 1 : 3 \quad J : D_t = 1 : 12$$

$$W : D_a = 1 : 5 \quad L : D_a = 1 : 4 \quad E : D_a = 1 : 1$$

Jadi :

- Diameter impeler (D_a) = $1/3 \times D_t = 1/3 \times 1,127 \text{ m} = 0,375 \text{ m} = 1,231 \text{ ft}$
- Lebar baffel (J) = $1/12 \times D_t = 1/12 \times 1,127 \text{ m} = 0,0939 \text{ m} = 0,308 \text{ ft}$
- Lebar daun impeler (W) = $1/5 \times D_a = 1/5 \times 0,375 \text{ m} = 0,075 \text{ m} = 0,246 \text{ ft}$
- Panjang daun impeller (L) = $1/4 \times D_a = 1/4 \times 0,375 \text{ m} = 0,093 \text{ m} = 0,3078 \text{ ft}$
- Tinggi pengaduk dari dasar (E) = $D_a = 0,375 \text{ m} = 1,231 \text{ ft}$
- Viskositas campuran (μ campuran) = 0,5183 cP

Daya untuk pengaduk :

Bilangan Reynolds (N_{re})

$$N_{Re} = \frac{N \times D_a^2 \times \rho}{\mu} = \frac{(1 \text{ s}) (0,375^2 \text{ m}^2) (1515,3 \text{ kg/m}^3)}{0,5183 \text{ cP} \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}} = 411.130,74$$

$N_{Re} > 10.000$ daya tidak bergantung pada bilangan reynolds.

Dari tabel 9-2 (McCabe, 1994), untuk impeller jenis marine propeler, diperoleh

$k_T = 0,32$

$$P = \frac{k_T \times N^3 \times D_a^5 \times \rho}{g_c} \quad (\text{McCabe, 1994})$$

$$P = \frac{(0,32)(1 \text{ s})^3 (0,375 \text{ ft})^5 (8,9514 \text{ lb}_m/\text{ft}^3)}{32,174 \text{ lb}_m \cdot \text{ft}/\text{lb}_f \cdot \text{s}^2} = 0,000664 \text{ ft.lbf/s} = 0,00103 \text{ hp}$$

Karena effisiensi motor, = 80 %

$$\text{Jadi, daya motor adalah} = \frac{0,00103}{0,8} = 0,001288 \text{ hp}$$

17. TANGKI SAPONIFIKASI (TS)

Fungsi : untuk mereaksikan trigliserida dengan KOH membentuk sabun dan gliserol.

Jenis : Silinder tegak, alas dan tutup elipsoidal.

Bentuk : Tangki silinder vertikal dengan alas datar dan tutup *ellipsoidal*.

Bahan : *Carbon Steel, SA-283 grade C*.

Jumlah : 1 unit

Waktu tinggal : 1 jam

Tabel LC.3 Neraca Massa Tangki Saponifikasi.

KOMPONEN	Massa Masuk (kg/jam)			Massa Keluar (kg/jam)	Densitas (kg/m ³)
	Alur 9	Alur 10	Alur 11	Alur 20	
VCO	1.428,217	-	-	-	883
RBDPO	-	5.712,868	-	-	823,6
KOH	-	-	142,192	-	1514,3
Air	-	-	331,781	-	1
Sabun	-	-	-	7.615,058	1056
SUBTOTAL	1.428,217	5.712,868	473,973	7.615,058	
TOTAL	7.615,058			7.615,058	4.277,9

- Laju alir massa = 7.615,058 kg/jam

- Densitas campuran = 4.277,9 kg/m³ = 100,1798 lb_m/ft³

Perhitungan :

A. Volume tangki

$$\begin{aligned} \text{Volume Larutan, } V_1 &= \frac{7.615,058 \text{ kg/jam}}{4.277,9 \text{ kg/m}^3} \\ &= 1,780 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam} \\ &= 3,560 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Faktor kelonggaran (fk) = 20%

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki, } V_T &= (1 + 0,2) \times 3,560 \text{ m}^3 \\ &= 4,272 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

B. Diameter dan tinggi *Shell*

Volume silinder

$$V = \frac{1}{4} \pi D_t^2 H_s \quad (H D_t = 3 : 2)$$

$$V_s = \frac{3}{8} \pi D_t^3$$

Volume tutup tangki (V_e)

$$V_e = \frac{1}{24} \pi D_t^3$$

Volume tangki (V)

$$V = V_s + V_e$$

$$4,272 \text{ m}^3 = \frac{10}{24} \pi D_t^3$$

$$D_t = 1,482 \text{ m} = 58,385 \text{ in}$$

$$r = \frac{1}{2} D_t = \frac{1}{2} \times 1,482 \text{ m} = 0,741 \text{ m} = 29,192 \text{ in}$$

Tinggi Silinder (H_s):

$$H_s = \frac{3}{2} D_t = \frac{3}{2} \times 1,482 \text{ m} = 2,224 \text{ m} = 87,578 \text{ in}$$

Tinggi *Head* (H_e): ($H_e : D_t = 1 : 4$)

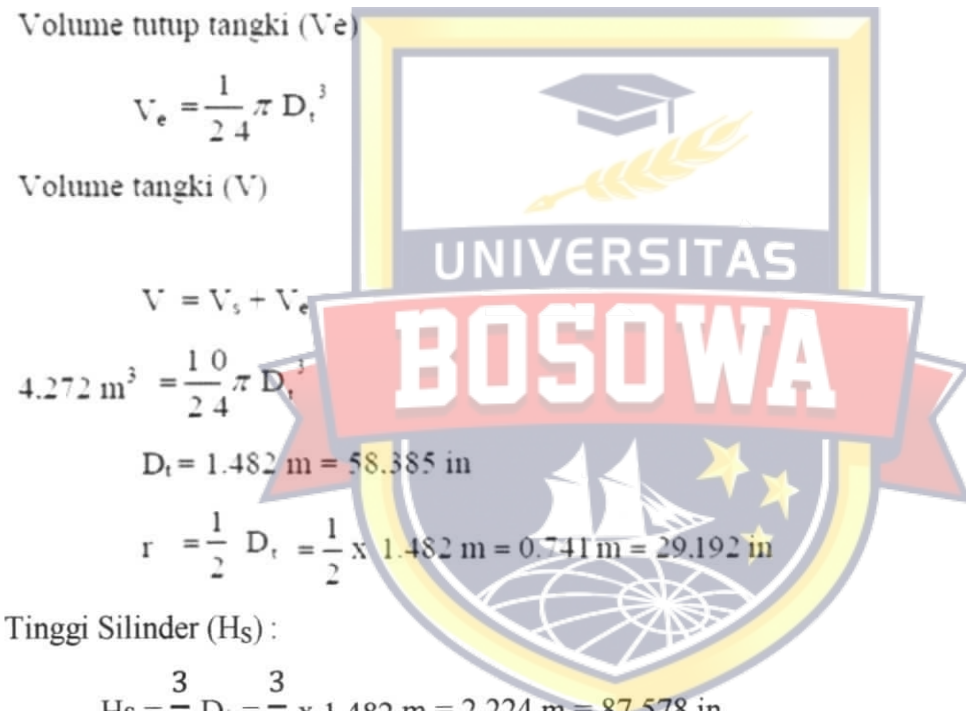
$$H_e = \frac{1}{4} D_t = \frac{1}{4} \times 1,482 \text{ m} = 0,370 \text{ m} = 14,596 \text{ in}$$

Tinggi total tangki (H_t)

$$\begin{aligned} H_t &= H_s + H_e = 2,224 \text{ m} + 0,370 \text{ m} \\ &= 2,595 \text{ m} = 102,174 \text{ in} \end{aligned}$$

Tinggi cairan dalam silinder (H_{cs})

$$V_l = V_s$$



$$V1 = \frac{1}{4} \pi D_t^2 \cdot H_{cs}$$

$$4,272 = \frac{1}{4} \pi (1,482)^2 \times H_{cs}$$

$$H_{cs} = 2,474 \text{ m} = 97,424 \text{ in}$$

Tinggi total cairan (H_c)

$$H_c = H_{cs} = 2,474 \text{ m} = 97,424 \text{ in}$$

C. Tebal *shell* dan *head*

Tekanan desain (P_{desain}):

$$P_o = 14,696 \text{ psia}$$

$$\begin{aligned} P_{hidrostatik} &= \rho g H_c = (4.277,9 \text{ kg/m}^3)(9,8 \text{ m/s}^2)(2,474 \text{ m}) \\ &= 103.743,258 \text{ N/m}^2 = 15,0427 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$P_{operasi} = P_o + P = 14,696 \text{ psia} + 15,0427 \text{ psia} = 29,738 \text{ psia}$$

$$P_{desain} = (1+f_k)P_{operasi} = (1+0,2) 29,738 \text{ psia} = 35,686 \text{ psia}$$

Tebal *shell* tangki

Direncanakan menggunakan bahan konstruksi *Carbon Steel SA-285 Grade C* (Timmerhaus, 2004)

- Allowable stress (S) = 13.700 psia
- Joint efficiency (E) = 0,8
- Corrosion allowance (C) = 0,125 in/tahun
- Umur tangki (n) = 10 tahun

Tebal *shell* tangki:

(Walas dkk, 2005)

$$\begin{aligned} t &= \frac{PR}{2SE - 0.6P} + nC \\ &= \left(\frac{(35.686 \text{ psi})(29.1928 \text{ in})}{2(13.700 \text{ psi})(0.8) - 0.6(35.686 \text{ psi})} \right) + 10 \times (0.125 \text{ in}) \\ &= 1.297 \text{ in} \end{aligned}$$

Tebal *shell* standar yang digunakan = 1,5 in

(Brownell, 1959)

Tebal tutup tangki

Tutup atas tangki terbuat dari bahan yang sama dengan *shell*

Tebal tutup atas yang digunakan = 1,5 in

D. Pengaduk

Jenis : Marine Propeller tiga daun

Kecepatan putaran (N) = 60 rpm = 1 rps (US Petent)

Effisiensi motor = 80 %

Pengaduk didesain dengan standar sebagai berikut : (McCabe, 1994)

$$D_a : D_t = 1 : 3$$

$$J : D_t = 1 : 12$$

$$W : D_a = 1 : 5$$

$$L : D_a = 1 : 4$$

$$E : D_a = 1 : 1$$

Jadi :

- Diameter impeler (D_a) = $1/3 \times D_t = 1/3 \times 1.482 \text{ m} = 0,494 \text{ m} = 1,621 \text{ ft}$
- Lebar baffel (J) = $1/12 \times D_t = 1/12 \times 1.482 \text{ m} = 0,123 \text{ m} = 0,405 \text{ ft}$
- Lebar daun impeler (W) = $1/5 \times D_a = 1/5 \times 0,494 \text{ m} = 0,098 \text{ m} = 0,324 \text{ ft}$
- Panjang daun impeller (L) = $1/4 \times D_a = 1/4 \times 0,494 \text{ m} = 0,123 \text{ m} = 0,405 \text{ ft}$
- Tinggi pengaduk dari dasar (E) = $D_a = 0,494 \text{ m} = 1,621 \text{ ft}$
- Viskositas campuran (μ campuran) = 0,5183 cP

Daya untuk pengaduk :

Bilangan Reynolds (N_{Re})

$$N_{Re} = \frac{N \times D_a^2 \times \rho}{\mu} = \frac{(1 \text{ s}) (0,494^2 \text{ m}^2) (4.277,9 \text{ kg m}^{-3})}{0,5183 \text{ cP} \times 10^{-3} \text{ kg m.s}} = 2.016.916.419$$

$N_{Re} > 10.000$ daya tidak bergantung pada bilangan reynolds.

Dari fig.3.3-4, curva 1, geankoplis: $N_p=5$

$$P = \frac{N_p \times D_a^5 \times \rho}{g_c} \quad (\text{McCabe, 1994})$$

$$P = \frac{(5) (1,621 \text{ ft})^5 (100,179 \text{ lb}_m/\text{ft}^3)}{32,174 \text{ lb}_m \cdot \text{ft}/\text{lb}_f \cdot \text{s}^2} = 174,465 \text{ ft.lbf/s} = 0,317 \text{ hp}$$

Karena effisiensi motor, = 80 %

$$\text{Jadi, daya motor adalah} = \frac{0,317 \text{ hp}}{0,8} = 0,396 \text{ hp}$$

18. TANGKI MIXER -02 (TM-02)

Fungsi : untuk menghomogenkan sabun, etanol, gliserol, gula, asam sitrat, asam stearat, pewangi dan pewarna

Jenis : Silinder tegak, alas dan tutup ellipsoidal

Bahan : *Carbon Steel, SA-283 grade C*

Jumlah : 1 unit

Waktu tinggal : 5 jam



Gambar LB.13 Tangki Mixing (TM-02)

Tabel LC.4 Neraca Massa Tangki Mixer -02

KOMPONEN	Massa Keluar (kg/jam)	Densitas (kg/m ³)
	Alur 20	
Sabun	6784,091	1056
Air	376,894	1
Etanol	2864,394	1514
Gliserin	2261,364	126
Gula	753,788	218
Asam Sitrat	452,273	1665
Pewarna	452,273	982,43
Pewangi	1.055,303	912,28
Impurities	75,379	113,45
TOTAL	15.075,74	6.588,16

- Laju alir massa = 15.075,74 kg/jam

- Densitas campuran = 6588,16 kg/m³ = 123,591 lb_m/ft³

Perhitungan :

A. Volume tangki

$$\begin{aligned}\text{Volume Larutan, } V_1 &= \frac{15.075,74 \text{ kg/jam}}{6.588,16 \text{ kg/m}^3} \\ &= 2,288 \text{ m}^3/\text{jam} \times 5 \text{ jam} \\ &= 11,441 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Faktor kelonggaran (fk) = 20%

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki, } V_T &= (1 + 0,2) \times 11,441 \text{ m}^3 \\ &= 13,729 \text{ m}^3\end{aligned}$$



B. Diameter dan tinggi *Shell*

Volume silinder

$$V = \frac{1}{4} \pi D_t^2 H_s \quad (H : D_t = 3 : 2)$$

$$V_s = \frac{3}{8} \pi D_t^3$$

Volume tutup tangki (V_e)

$$V_e = \frac{1}{24} \pi D_t^3$$

Volume tangki (V)

$$V = V_s + V_e$$

$$13,729 \text{ m}^3 = \frac{10}{24} \pi D_t^3$$

$$D_t = 2,187 \text{ m} = 86,127 \text{ in}$$

$$r = \frac{1}{2} D_t = \frac{1}{2} \times 2,187 \text{ m} = 1,093 \text{ m} = 43,063 \text{ in}$$

Tinggi Silinder (H_s) :

$$H_s = \frac{3}{2} D_t = \frac{3}{2} \times 2,187 \text{ m} = 3,281 \text{ m} = 129,191 \text{ in}$$

Tinggi Head (H_e) : ($H_e : D_t = 1 : 4$)

$$H_e = \frac{1}{4} D_t = \frac{1}{4} \times 2,187 \text{ m} = 0,546 \text{ m} = 21,531 \text{ in}$$

Tinggi total tangki (H_t)

$$\begin{aligned} H_t &= H_s + H_e = 3,281 \text{ m} + 0,546 \text{ m} \\ &= 3,828 \text{ m} = 150,7228 \text{ in} \end{aligned}$$

Tinggi cairan dalam silinder (H_{cs})

$$V_l = V_s$$

$$V_l = \frac{1}{4} \pi D_t^2 \cdot H_{cs}$$

$$13,729 = \frac{1}{4} \pi (2,187)^2 \times H_{cs}$$

$$H_{cs} = 3,654 \text{ m} = 143,883 \text{ in}$$

Tinggi total cairan (H_c)

$$H_c = H_{cs} = 3,654 \text{ m} = 143,883 \text{ in}$$

C. Tebal *shell* dan *head*

Tekanan desain (P_{desain}):

$$P_0 = 14,696 \text{ psia}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \rho g H_c = (6.588,16 \text{ kg/m}^3)(9,8 \text{ m/s}^2)(3,654 \text{ m})$$

$$= 235.958,364 \text{ N/m}^2 = 34,21 \text{ psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_0 + P = 14,696 \text{ psia} + 34,21 \text{ psia} = 48,909 \text{ psia}$$

$$P_{\text{desain}} = (1+f_k)P_{\text{operasi}} = (1+0,2) 48,909 \text{ psia} = 58,691 \text{ psia}$$

Tebal *shell* tangki

Direncanakan menggunakan bahan konstruksi *Carbon Steel SA-285 Grade C*

(Timmerhaus,2004)

$$- \text{Allowable stress } (S) = 13.700 \text{ psia}$$

$$- \text{Joint efficiency } (E) = 0,8$$

$$- \text{Corrosion allowance } (C) = 0,125 \text{ in/tahun}$$

$$- \text{Umur tangki } (n) = 10 \text{ tahun}$$

Tebal *shell* tangki :

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.6P} + nC$$

$$= \left(\frac{(58,691 \text{ psi})(43,063 \text{ in})}{2(13,700 \text{ psi})(0,8) - 0,6(58,691 \text{ psi})} \right) + 10 \times (0,125 \text{ in})$$

$$= 1,36 \text{ in}$$

Tebal *shell* standar yang digunakan = 1,5 in (Brownell,1959)

Tebal tutup tangki

Tutup atas tangki terbuat dari bahan yang sama dengan *shell*.

Tebal tutup atas yang digunakan = 1,5 in

D. Pengaduk

Jenis : Marine Propeller tiga daun

Kecepatan putaran(N) = 60 rpm = 1 rps (US Patent)

Effisiensi motor = 80 %

Pengaduk didesain dengan standar sebagai berikut : (McCabe, 1994)

$$D_a : D_t = 1 : 3 \quad J : D_t = 1 : 12$$

$$W : D_a = 1 : 5 \quad L : D_a = 1 : 4 \quad E : D_a = 1 : 1$$

Jadi :

- Diameter impeler (D_a) = $1/3 \times D_t = 1/3 \times 2,187 \text{ m} = 0,729 \text{ m} = 2,391 \text{ ft}$
- Lebar baffel (J) = $1/12 \times D_t = 1/12 \times 2,187 \text{ m} = 0,182 \text{ m} = 0,597 \text{ ft}$
- Lebar daun impeler (W) = $1/5 \times D_a = 1/5 \times 0,729 \text{ m} = 0,145 \text{ m} = 0,478 \text{ ft}$
- Panjang daun impeller (L) = $1/4 \times D_a = 1/4 \times 0,729 \text{ m} = 0,182 \text{ m} = 0,597 \text{ ft}$
- Tinggi pengaduk dari dasar (E) = $D_a = 0,729 \text{ m} = 2,391 \text{ ft}$
- Viskositas campuran (μ_{campuran}) = $0,52512 \text{ cP}$

Daya untuk pengaduk :

Bilangan Reynolds (N_{Re})

$$N_{Re} = \frac{N \times D_a^2 \times \rho}{\mu} = \frac{(1 \text{ s}) (0,729 \text{ m}^2) (6588,16 \text{ kg/m}^3)}{0,52512 \text{ cP} \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}} = 6.759.138,591$$

$N_{Re} > 10.000$ daya tidak bergantung pada bilangan reynolds.

Dari fig.3.3-4, curva 1, geankoplis: $N_p=5$

$$P = \frac{N_p \times D_a^5 \times \rho}{g_c} \quad (\text{McCabe, 1994})$$

$$P = \frac{(5) (0,375 \text{ ft}^5) (123,591 \text{ lb}_m/\text{ft}^3)}{32,174 \text{ lb}_m \cdot \text{ft}/\text{lb}_f \cdot \text{s}^2} = 1.503,460 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f \cdot \text{s} = 2,733 \text{ hp}$$

Karena efisiensi motor, = 80 %

$$\text{Jadi, daya motor adalah} = \frac{2,733 \text{ hp}}{0,8} = 3,416 \text{ hp}$$

E. Jacket Pemanas

$$\text{Ditetapkan jarak jaket (J)} = 5/8 \text{ in} = 0,02 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter dalam jaket (D1)} &= D + (2 \times \text{Tebal bejana}) \\ &= 2,187 + (2 \times 0,02) \\ &= 2,227 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Diameter luar jaket (D2)} = 2j + D1$$

$$= (2 \times 0,02) + 2,227$$

$$= 2,267 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= \pi/4 (D_2^2 - D_1^2) \\ &= \pi/4 (2,267^2 - 2,227^2) \\ &= 0,141 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

19. Pompa Bahan VCO (L-101)

Fungsi : Memompa bahan dari tangki bahan baku ke tangki saponifikasi

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1 atm
- Temperatur = 30 °C
- Laju alir massa (F) = 1.428,217 kg/jam
- Densitas, ρ = 883 kg/m³ = 55,1257 lb/ft³
- Viskositas, μ = 5,1 Cp (0,003431 lb/ft.s)

Laju alir volumetrik,

$$\begin{aligned} mv &= \frac{1.428,217 \text{ kg/jam}}{883 \text{ kg/m}^3} \\ &= 1,6174 \text{ m}^3/\text{s} = 0,01587 \text{ ft}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Desain pipa:

$$\begin{aligned} D_{i,opt} &= 0,363 (mv)^{0,45} (\rho)^{0,13} \quad (\text{Timmerhaus, 2004}) \\ &= 0,363 (0,01587 \text{ m}^3/\text{s})^{0,45} (55,1257 \text{ kg/m}^3)^{0,13} \\ &= 1,0177 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Tabel A.5-1 Geankoplis (2003), dipilih pipa dengan spesifikasi:

- Ukuran nominal : 1 in
- *Schedule number* : 40
- Diameter Dalam (ID) : 1.049 in = 0,0874 ft
- Diameter Luar (OD) : 1,315 in = 0,1095 ft

- Inside sectional area : $0,006 \text{ ft}^2$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan linier, } v &= \frac{Q}{A} = \frac{0,01587 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,006 \text{ ft}^2} \\ &= 2,644 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

Bilangan *Reynold*:

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{\rho \times v \times D}{\mu} \\ &= \frac{(55.1257 \text{ lbm/ft}^3)(0.0874 \text{ ft/s})(2.644 \text{ ft})}{0.00343 \text{ lbm/ft}\cdot\text{s}} \\ &= 3.713.95 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Untuk pipa *Commercial Steel* diperoleh harga $\varepsilon = 0,000046$ (Geankoplis, 2003)

$$\text{Pada } N_{Re} = 3.713.95 \text{ dan } \varepsilon D = \frac{0.000046 \text{ m}}{0.08742 \text{ m}} = 0.00053$$

Dari Gambar 2.10-3 Geankoplis (2003) diperoleh harga $f = 0,00487$



Friction loss:

$$1 \text{ Sharp edge entrance: } h_c = 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55(1-0) \frac{2.644^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.0597 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ elbow } 90^\circ: \quad h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(0.75) \frac{2.644^2}{2(32.174)} = 0.0815 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve:} \quad h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2) \frac{2.644^2}{2(32.174)} = 0.21733 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus 60 ft:} \quad F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0.00487) \frac{(60)(2.644)^2}{(0.0874) 2.(32.174)}$$

$$= 1.452 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit:} \quad h_{ex} = n \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \frac{v^2}{2.\alpha.g_c} = 1(1-0)^2 \frac{2.644^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.1086 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friction loss:} \quad \Sigma F = 1.920 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Dari persamaan Bernoulli:

$$\frac{1}{2\alpha} (v_2^2 - v_1^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_z = 0 \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

dimana: $v_1 = v_2$

$P_1 = 1 \text{ atm}$

$P_2 = 1 \text{ atm}$

$\Delta P = 0 \text{ atm} = 0 \text{ lbf/ft}^2$

Tinggi pemompaan $\Delta Z = 4 \text{ ft}$

$$\text{maka : } 0 + \frac{32.174}{32.174} (4) - 1.920 + W_s = 0$$

$$W_s = - 5.920 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Efisiensi pompa, $\eta = 75 \%$.

$$W_p = - \frac{W_s}{\eta} \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

$$= - \frac{- 5.920}{0.75}$$

$$= 7.893 \text{ ft.lbf/lbm.}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya pompa: } P &= m \cdot W_p \\ &= \frac{1428.22}{(0.45359)(3600)(550 \text{ ft.lbf/s.hp})} \text{ lbm/s} \cdot 7.893 \text{ ft.lbf/lbm} \\ &= 0.0125 \text{ hp} \end{aligned}$$

Maka dipilih pompa dengan daya motor 0,5 hp.

20. Pompa Bahan RBDPO (P-102)

Fungsi : Memompa bahan dari tangki bahan baku ke tangki saponifikasi

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1 atm
- Temperatur = 30 °C
- Laju alir massa (F) = 5.712,868 kg/jam
- Densitas, ρ = 823,6 kg/m³ = 51,4173 lb/ft³
- Viskositas, μ = 6,73 Cp (0,00452 lb/ft.s)

Laju alir volumetrik,

Desain pipa:

$$\begin{aligned} D_{i,opt} &= 3,6 (m_v)^{0,45} (\rho)^{0,13} \quad (\text{Timmerhaus, 2004}) \\ &= 0,363 (0,068 \text{ ft}^3/\text{s})^{0,45} (51,4173 \text{ lb/ft}^3)^{0,13} \\ &= 1,942 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Tabel A.5-1 Geankoplis (2003), dipilih pipa dengan spesifikasi:

- Ukuran nominal : 2 in
- *Schedule number* : 40
- Diameter Dalam (ID) : 2,067 in = 0,1722 ft
- Diameter Luar (OD) : 2,375 in = 0,1979 ft
- Inside sectional area : 0,0233 ft²

$$\text{Kecepatan linier, } v = \frac{Q}{A} = \frac{0,068 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,0233 \text{ ft}^2}$$

$$= 2,9202 \text{ ft/s}$$

Bilangan Reynold :

$$N_{Re} = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

$$= \frac{(51.4173 \text{ lbm/ft}^3)(2.9202 \text{ ft/s})(0.1711 \text{ ft})}{0.00452 \text{ lbm} \cdot \text{ft} \cdot \text{s}}$$

$$= 5.720.43 \text{ (Turbulen)}$$

Untuk pipa *Commercial Steel* diperoleh harga $\epsilon = 0.000046$ (Geankoplis, 2003)

$$\text{Pada } N_{Re} = 5.720.43 \text{ dan } \epsilon/D = \frac{0.000046 \text{ m}}{0.01722 \text{ m}} = 0.00027$$

Dari Gambar 2.10-3 Geankoplis (2003) diperoleh harga $f = 0,00867$

Friction loss:

$$1 \text{ Sharp edge entrance: } h_c = 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55(1 - 0) \frac{2.9202^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.0728 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$2 \text{ elbow } 90^\circ: \quad h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 2(0.00867) \frac{2.9202^2}{2(32.174)} = 0.1907$$

$$\text{ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve: } h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2) \frac{2.9202^2}{2(32.174)} = 0.265 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus 60 ft: } F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0.00867) \frac{(60)(2.9202)^2}{(0.1722).2.(32.174)}$$

$$= 0.899 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit: } h_{ex} = n \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \frac{v^2}{2 \alpha \cdot g_c} = 1 (1 - 0)^2 \frac{2.9202^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.1325 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friction loss: } \Sigma F = 1.568 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Dari persamaan Bernoulli:

$$\frac{1}{2\alpha} (v_2^2 - v_1^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0 \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

dimana: $v_1 = v_2$

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm}$$

$$\Delta P = 0 \text{ atm} = 0 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\text{Tinggi pemompaan } \Delta Z = 15 \text{ ft}$$

$$\text{maka: } 0 + \frac{32.174}{32.174} (15) + 1.568 + W_s = 0$$

$$W_s = -21.568 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Efisiensi pompa. $\eta = 75\%$.

$$W_p = -\frac{W_s}{\eta} \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

$$= -\frac{-21.568}{0.75}$$

$$= 28.758 \text{ ft.lbf/lbm.}$$

Daya pompa: $P = m \times W_p$

$$= \frac{5.712.87}{(0.45359)(3600)(550 \text{ ft.lbf/s.hp})} \text{ lbm/s} \times 28.758 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$= 0.0125 \text{ hp}$$

Maka dipilih pompa dengan daya motor 0,5 hp.

21. Pompa Bahan Etanol (P-106)

Fungsi : Memompa bahan dari tangki bahan baku ke tangki mixer-02

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1 atm
- Temperatur = 30 °C
- Laju alir massa (F) = 2.864,394 kg/jam
- Densitas, ρ = 1514 kg/m³ = 94,519 lb/ft³
- Viskositas, μ = 1,891 Cp (0,01856 lb/ft.s)

Laju alir volumetrik,

$$m_v = \frac{2.864.394 \text{ kg/jam}}{1514 \text{ kg m}^{-3}} = 1.891 \text{ m}^3/\text{s} = 0.0185 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Desain pipa:

$$\begin{aligned} Di_{opt} &= 3.6 (m_v)^{0.45} (\rho)^{0.13} \quad (\text{Timmerhaus. 2004}) \\ &= 0.363 (0.0185 \text{ ft}^3/\text{s})^{0.45} (94.519 \text{ lb/ft}^3)^{0.13} \\ &= 1.171 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Tabel A.5-1 Geankoplis (2003), dipilih pipa dengan spesifikasi:

- Ukuran nominal : 1,25 in
- Schedule number : 40
- Diameter Dalam (ID) : 1,38 in = 0,1149 ft
- Diameter Luar (OD) : 1,66 in = 0,1979 ft
- Inside sectional area : 0,0104 ft²

$$\text{Kecepatan linier. } v = \frac{Q}{A} = \frac{0.0185 \text{ ft}^3/\text{s}}{0.0104 \text{ ft}^2} = 1.784 \text{ ft/s}$$

Bilangan Reynold:

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{\rho \times v \times D}{\mu} \\ &= \frac{(94.519 \text{ lbm/ft}^3)(1.784 \text{ ft/s})(0.1722 \text{ ft})}{0.00013 \text{ lbm/ft.s}} \\ &= 147.308.461 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Untuk pipa *Commercial Steel* diperoleh harga $\varepsilon = 0.000046$ (Geankoplis. 2003)

$$\text{Pada } N_{Re} = 147.308.461 \text{ dan } \varepsilon/D = \frac{0.000046 \text{ m}}{0.01149 \text{ m}} = 0.0004$$

Dari Gambar 2.10-3 Geankoplis (2003) diperoleh harga $f = 0,00487$

Friction loss:

$$1 \text{ Sharp edge entrance: } h_c = 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55(1-0) \frac{1.784^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.0272 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ elbow } 90^\circ: h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(0.75) \frac{1.784^2}{2(32.174)} = 0.0371 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve: } h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2) \frac{1.784^2}{2(32.174)} = 0.0989 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus } 60 \text{ ft: } F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0.00487) \frac{(60)(1.784)^2}{(0.1722).2.(32.174)}$$

$$= 0.670 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit: } h_{ex} = n \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \frac{v^2}{2.\alpha.g_c} = 1(1-0)^2 \frac{1.784^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.0494 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friction loss: } \sum F = 0.8833 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Dari persamaan Bernoulli:

$$\frac{1}{2\alpha} (v_2^2 - v_1^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0 \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

dimana: $v_1 = v_2$

$P_1 = 1 \text{ atm}$

$P_2 = 1 \text{ atm}$

$\Delta P = 0 \text{ atm} = 0 \text{ lbf/ft}^2$

Tinggi pemompaan $\Delta Z = 20 \text{ ft}$

$$\text{maka : } 0 + \frac{32.174}{32.174} (20) + 0.8833 + W_s = 0$$

$$W_s = - 20.8833 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Efisiensi pompa, $\eta = 75\%$.

$$\begin{aligned}
 W_p &= \frac{W_i}{\eta} && \text{(Geankoplis, 2003)} \\
 &= \frac{20.8833}{0.75} \\
 &= 27.844 \text{ ft.lbf/lbm.}
 \end{aligned}$$

Daya pompa: $P = m \times W_p$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2.864.394}{(0.45359)(3600)(550 \text{ ft.lbf/s.hp})} \text{ lbm/s} \times 27.844 \text{ ft.lbf/lbm} \\
 &= 0.0888 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Maka dipilih pompa dengan daya motor 0,5 hp.

22. Pompa Bahan Gliserin (P-107)

Fungsi : Memompa bahan dari tangki bahan baku ke tangki mixer-02

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1 atm
- Temperatur = 30 °C
- Laju alir massa (F) = 2.261,364 kg/jam
- Densitas, ρ = 1260 kg/m³ = 78,6618 lb/ft³
- Viskositas, μ = 0,837 Cp (0,000562 lb/ft.s)

Laju alir volumetrik,

$$\begin{aligned}
 m_v &= \frac{2.261.364 \text{ kg/jam}}{1260 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 1.794 \text{ m}^3/\text{s} = 0.0176 \text{ ft}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Desain pipa:

$$\begin{aligned}
 Di_{opt} &= 3.6 (m_v)^{0.45} (\rho)^{0.13} && \text{(Timmerhaus, 2004)} \\
 &= 0.36 (0.0176 \text{ ft}^3/\text{s})^{0.45} (78.6618 \text{ lb/ft}^3)^{0.13} \\
 &= 1.116 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari Tabel A.5-1 Geankoplis (2003), dipilih pipa dengan spesifikasi:

- Ukuran nominal : 1,25 in
- *Schedule number* : 40
- Diameter Dalam (ID) : 1,38 in = 0,1149 ft
- Diameter Luar (OD) : 1,66 in = 0,1979 ft
- Inside sectional area : 0,0104ft²

$$\text{Kecepatan linier. } v = \frac{Q}{A} = \frac{0.0176 \text{ ft}^3/\text{s}}{0.0104 \text{ ft}^2} = 1.692 \text{ ft/s}$$

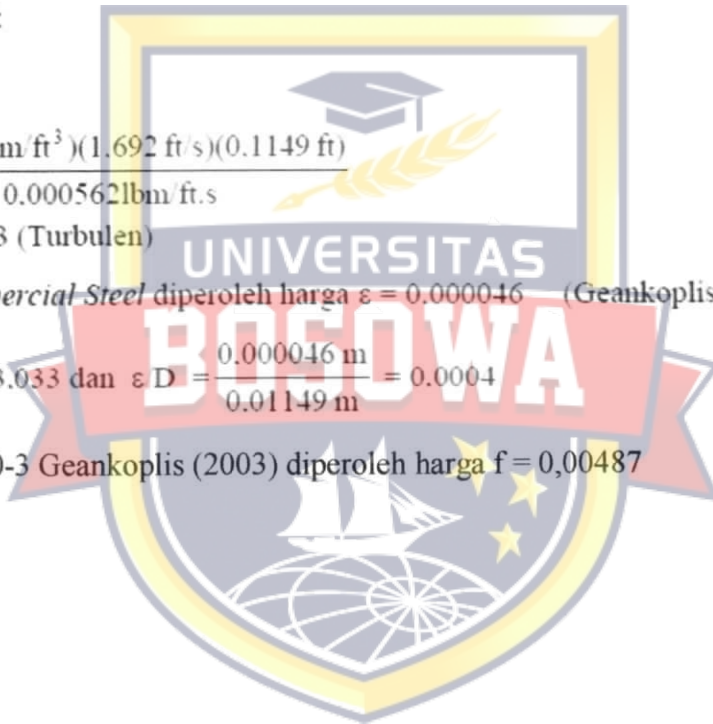
Bilangan *Reynold*:

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{\rho \times v \times D}{\mu} \\ &= \frac{(78.661 \text{ lbm/ft}^3)(1.692 \text{ ft/s})(0.1149 \text{ ft})}{0.000562 \text{ lbm/ft.s}} \\ &= 27.233.033 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Untuk pipa *Commercial-Steel* diperoleh harga $\varepsilon = 0.000046$ (Geankoplis, 2003)

$$\text{Pada } N_{Re} = 27.233.033 \text{ dan } \varepsilon D = \frac{0.000046 \text{ m}}{0.01149 \text{ m}} = 0.0004$$

Dari Gambar 2.10-3 Geankoplis (2003) diperoleh harga $f = 0,00487$



Friction loss:

$$1 \text{ Sharp edge entrance: } h_c = 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55(1-0) \frac{1.692^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.0244 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ elbow } 90^\circ: \quad h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(0.75) \frac{1.692^2}{2(32.174)} = 0.0333 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve: } \quad h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2) \frac{1.692^2}{2(32.174)} = 0.0890 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus 60 ft: } \quad F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0.00487) \frac{(60)(1.692)^2}{(0.1722).2.(32.174)}$$

$$= 0.6034 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit: } \quad h_{ex} = n \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \frac{v^2}{2.\alpha.g_c} = 1(1-0)^2 \frac{1.692^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.044 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit: } \quad h_{ex} = n \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \frac{v^2}{2.\alpha.g_c} = 1(1-0)^2 \frac{1.692^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.044 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friction loss: } \quad \Sigma F = 0.7949 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Dari persamaan Bernoulli:

$$\frac{1}{2\alpha} (v_2^2 - v_1^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0 \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

dimana: $v_1 = v_2$

$P_1 = 1 \text{ atm}$

$P_2 = 1 \text{ atm}$

$\Delta P = 0 \text{ atm} = 0 \text{ lbf/ft}^2$

Tinggi pemompaan $\Delta Z = 20 \text{ ft}$

$$\text{maka : } 0 + \frac{32.174}{32.174} (20) + 0.7949 + W_s = 0$$

$$W_s = - 20.794 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Efisiensi pompa. $\eta = 75 \%$.

$$\begin{aligned} W_p &= - \frac{W_s}{\eta} && \text{(Geankoplis, 2003)} \\ &= - \frac{- 20.794}{0.75} \\ &= 27.726 \text{ ft.lbf/lbm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya pompa: } P &= m \cdot W_p \\ &= \frac{2.261.364}{(0.45359 \times 3600) \times 550 \text{ ft.lbf/s.hp}} \text{ lbm/s} \cdot 27.726 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

Maka dipilih pompa dengan daya motor 0,5 hp.

23. Pompa Bahan Pewangi (P-108)

Fungsi : Memompa bahan dari tangki bahan baku ke tangki mixer-02

Jenis : Pompa sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1 atm
- Temperatur = 30 °C
- Laju alir massa (F) = 1.055,303 kg/jam
- Densitas, ρ = 912,28 kg/m³ = 56,9515 lb/ft³
- Viskositas, μ = 1,395 Cp (0,0009 lb/ft.s)

Laju alir volumetrik,

$$\begin{aligned} m_v &= \frac{1.055.303 \text{ kg/jam}}{912.28 \text{ kg/m}^3} \\ &= 1.156 \text{ m}^3/\text{s} = 0.0113 \text{ ft}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Desain pipa:

$$D_{i,opt} = 3,6 (m_v)^{0,45} (\rho)^{0,13} \quad \text{(Timmerhaus, 2004)}$$

$$= 0,36 (0,0113 \text{ ft}^3/\text{s})^{0,45} (56,9515 \text{ lb}/\text{ft}^3)^{0,13}$$

$$= 0,8790 \text{ in}$$

Dari Tabel A.5-1 Geankoplis (2003), dipilih pipa dengan spesifikasi:

- Ukuran nominal : 1 in
- *Schedule number* : 40
- Diameter Dalam (ID) : 1,0490 in = 0,0874 ft
- Diameter Luar (OD) : 1,3150 in = 0,1096 ft
- Inside sectional area : 0,006 ft²

$$\text{Kecepatan linier. } v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0113 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,006 \text{ ft}^2} = 1,8907 \text{ ft/s}$$

Bilangan *Reynold*:

$$N_{Re} = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

$$= \frac{(56,9515 \text{ lbm}/\text{ft}^3)(1,8907 \text{ ft/s})(0,0874 \text{ ft})}{0,0009 \text{ lbm}/\text{ft}\cdot\text{s}}$$

$$= 10.054,8895 \text{ (Turbulen)}$$

Untuk pipa *Commercial Steel* diperoleh harga $\epsilon = 0,000046$ (Geankoplis, 2003)

$$\text{Pada } N_{Re} = 10.054,8895 \text{ dan } \epsilon/D = \frac{0,000046 \text{ m}}{0,0874 \text{ m}} = 0,0005$$

Dari Gambar 2.10-3 Geankoplis (2003) diperoleh harga $f = 0,008$

Friction loss:

$$1 \text{ Sharp edge entrance: } h_c = 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0,55(1-0) \frac{1,8907^2}{2(1)(32,174)}$$

$$= 0,0244 \text{ ft}\cdot\text{lbf}/\text{lbm}$$

$$1 \text{ elbow } 90^\circ: \quad h_f = n \cdot K_f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g_c} = 1(0,75) \frac{1,8907^2}{2(32,174)} = 0,0333 \text{ ft}\cdot\text{lbf}/\text{lbm}$$

$$1 \text{ check valve:} \quad h_f = n \cdot K_f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g_c} = 1(2) \frac{1,8907^2}{2(32,174)} = 0,0890 \text{ ft}\cdot\text{lbf}/\text{lbm}$$

$$\text{Pipa lurus 60 ft:} \quad F_f = 4f \frac{\Delta L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g_c} = 4(0,00487) \frac{(60)(1,8907)^2}{(0,1722) \cdot 2 \cdot (32,174)}$$

$$= 0,6034 \text{ ft}\cdot\text{lbf}/\text{lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit: } h_{ex} = n \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \frac{v^2}{2 \alpha \cdot g_c} = 1 (1 - 0)^2 \frac{1.8907^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.044 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friction loss: } \sum F = 0.7949 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Dari persamaan Bernoulli:

$$\frac{1}{2\alpha} (v_2^2 - v_1^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0 \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

dimana: $v_1 = v_2$

$P_1 = 1 \text{ atm}$

$P_2 = 1 \text{ atm}$

$\Delta P = 0 \text{ atm} = 0 \text{ lbf/ft}^2$

Tinggi pemompaan $\Delta Z = 20 \text{ ft}$

$$\text{maka: } 0 + \frac{32.174}{32.174} (20) + 0.7949 + W_s = 0$$

$$W_s = -20.794 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Efisiensi pompa, $\eta = 75 \%$.

$$W_p = -\frac{W_s}{\eta} \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

$$= -\frac{-20.794}{0.75}$$

$$= 27.726 \text{ ft.lbf/lbm.}$$

Daya pompa: $P = m \times W_p$

$$= \frac{1.055.303}{(0.45359)(3600)(550 \text{ ft.lbf/s.hp})} \text{ lbm/s} \times 27.726 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$= 0.0325 \text{ hp}$$

Maka dipilih pompa dengan daya motor 0,5 hp.

24. Cooler 01 (E-101)

Fungsi : Menurunkan temperatur bahan yang keluar dari separator sebelum dimasukkan kedalam tangki mixer 02.

Jenis : Double Pipe Heat *Exchanger*

Jumlah : 1 unit

Fluida Panas : senyawa campuran

Flowrate, W = 7.002,689 Kg/jam (Lampiran B)
 = 7.002,689 Kg/jam x 2,2046 lb/kg
 = 15.438,1281 lb/jam

$T_1 = 80^{\circ}\text{C}$
 = $(132,5^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32 = 176^{\circ}\text{F}$

$T_2 = 40^{\circ}\text{C}$
 = $(83,5^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32 = 104^{\circ}\text{F}$

Fluida dingin : air pendingin

Flowrate, W = 7.040,737 kg/jam (Lampiran A)
 = 7.040,737 kg/jam x 2,2046 lb/kg
 = 15.522,0087 lb/jam

$T_1 = 30^{\circ}\text{C}$
 = $(15^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32 = 86^{\circ}\text{F}$

$T_2 = 40^{\circ}\text{C}$
 = $(25^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32 = 104^{\circ}\text{F}$

Perhitungan *design* sesuai dengan literatur *Kern*

Panas yang diserap (Q) = 139.293,956 kJ/jam = 132.024,6773 Btu/jam

(1) Δt = beda suhu sebenarnya

Fluida Panas		Fluida Dingin	Selisih
$T_1 = 176^{\circ}\text{F}$	Temperatur yang lebih tinggi	$t_2 = 104^{\circ}\text{F}$	$\Delta t_2 = 72^{\circ}\text{F}$
$T_2 = 104^{\circ}\text{F}$	Temperatur yang rendah	$t_1 = 86^{\circ}\text{F}$	$\Delta t_1 = 18^{\circ}\text{F}$
$T_1 - T_2 = 72^{\circ}\text{F}$	<u>Selisih</u>	$t_2 - t_1 = 18^{\circ}\text{F}$	$\Delta t_2 - \Delta t_1 = 54^{\circ}\text{F}$

$$\text{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2.31 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} = \frac{54}{2.31 \log \left(\frac{72}{18} \right)} = 38.9965 \text{ } ^\circ\text{F}$$

(2) T_c dan t_c

$$T_c = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{176 + 104}{2} = 140 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_c = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{104 + 86}{2} = 95 \text{ } ^\circ\text{F}$$

(3) Dari Tabel 8, hal. 840, Kern, 1965, kondensor untuk fluida panas *cairan* dan fluida dingin *air*, diperoleh $U_D = 250-500$, dan faktor pengotor (R_d) = 0,003.

Diambil $U_D = 400 \text{ Btu/jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

Luas permukaan untuk perpindahan panas,

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta t} = \frac{132.024.6773 \text{ Btu jam}}{400 \frac{\text{Btu}}{\text{jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} \cdot 38.9965 \text{ } ^\circ\text{F}} = 8.4639 \text{ ft}^2$$

Fluida dingin : air pendingin, annulus

(1) Flow Area (a_a)

Dari tabel 11 hal. 844 (Kern, 1965) diperoleh :

$D_1 = 1,66 \text{ in} = 0,138 \text{ ft}$; pipa bagian luar (OD)

$D_2 = 2,067 \text{ in} = 0,172 \text{ ft}$; pipa bagian dalam (ID)

$$a_a = \frac{\pi \cdot (D_2^2 - D_1^2)}{4}$$

$$a_a = \frac{\pi \cdot (0.172^2 - 0.138^2)}{4} = 0.00834$$

Diameter Ekuivalen (D_e)

$$D_e = \frac{(D_2^2 - D_1^2)}{D_1} = 0.077$$

(2) Massa Velocity (G_a)

$$G_a = \frac{w}{a_a} = \frac{15.522.0087}{0.00834} = 1.861.152.1331 \text{ lbm} / \text{jam} \cdot \text{ft}^2$$

(3) Bilangan Reynold:

Pada $t_c = 95^\circ\text{F}$

$$\mu = 1.28 \text{ cP} = 3.0976 \text{ lb}_m \text{ ft}^2 \cdot \text{jam} \quad (\text{Gambar 14. Kern. 1965})$$

$$R_{ea} = \frac{D_e \times G_a}{\mu}$$

$$R_{ea} = \frac{0.077 \times 1.861.152.1331}{3.0976} = 46.264.4351$$

(4) Taksir jH dari Gambar 24 Kern (1965). diperoleh $jH = 121$ pada $Re_a 46.264.4351$

(5) Pada $t_c = 95^\circ\text{F}$

$$c = 0.98 \text{ Btu lb}_m \cdot ^\circ\text{F} \quad (\text{Gambar 2. Kern. 1965})$$

$$k = 0.345 \text{ Btu jam lb}_m \text{ ft} \cdot ^\circ\text{F} \quad (\text{tabel 5. Kern. 1965})$$

$$\left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} = \left(\frac{0.98 \times 3.0976}{0.345}\right)^{1/3} = 2.0630$$

$$D_e = \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14} = 1$$

$$ho = jH \times \frac{k}{D_e} \times \left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14} = 121 \times \frac{0.345}{0.077} \times 1.9804 \times 1 = 1.118.4323$$

Fluida panas : pipa dalam

(1) Flow area (a_a)

Dari table 11 hal. 844 (kern, 1965) diperoleh :

$$D_1 = 1,38 \text{ in} = 0,115 \text{ ft}$$

$$a_a = \frac{D^2 \times \pi}{4} = \frac{0.115^2 \times 3.14}{4} = 0.0104$$

(2) Kecepatan massa

$$G_p = \frac{w}{a_a}$$

$$G_p = \frac{15.438.1281 \text{ lb jam}}{0.0104} = 1.484.435.4009 \text{ lb}_m \text{ jam} \cdot \text{ft}^2$$

(3) Bilangan Reynold

Pada $T_c = 140^\circ\text{F}$

$$\mu = 1,657 \text{ cP} = 4,0099 \text{ lb}_m/\text{ft}^2 \cdot \text{jam}$$

$$\text{Re}_p = \frac{D \times G_p}{\mu}$$

$$\text{Re}_p = \frac{0.115 \times 4.433.167.433}{4.0099} = 42.571.7270$$

(4) Taksir J_H dari Gambar 24. Kern. diperoleh $J_H = 121$ pada $\text{Re}_s = 42.571.7270$

(5) Pada $T_c = 140^\circ\text{F}$

$$c = 0.768 \text{ Btu lb}_m \cdot ^\circ\text{F}$$

$$k = 0.0633 \text{ Btu jam lb}_m \text{ ft} \cdot ^\circ\text{F}$$

$$\left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} = \left(\frac{0.768 \times 0.4138}{0.0633}\right)^{1/3} = 3.6459$$

$$h_i = jH \times \frac{k}{D_e} \times \left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14} = 121 \times \frac{0.0633}{0.115} \times 3.6459 \times 1 = 242.8253 \text{ Btu jam} \cdot \text{ft}^2$$

$$\text{Koreksi } h_{i_o} = h_i \times \left(\frac{ID}{OD}\right) = 242.8253 \times \frac{1.38}{1.66} = 20.2274 \text{ Btu jam} \cdot \text{ft}^2$$

(6) Clean Overall Coefficient, U_c

$$U_c = \frac{h_{i_o} \cdot h_o}{h_{i_o} + h_o} = \frac{20.2274 \cdot 242.8253}{20.2274 + 242.8253} = 18.6720 \text{ Btu jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

(7) Design overall coefficient, U_d

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{U_c} + R_d$$

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{18.6720} + 0.002$$

$$U_d = 17.9998 \text{ Btu jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

(8) Luas yang diperlukan, A :

$$A = \frac{Q}{U_d \cdot \Delta t} = \frac{132.024.6773}{17.9998 \times 38.9965} = 188.0882 \text{ ft}^2$$

Dari tabel 11 (Kern,1965) diperoleh :



LAMPIRAN D

PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT UTILITAS

LD.1 Screening (SC)

Fungsi : menyaring partikel-partikel padat yang besar

Jenis : *bar screen*

Jumlah : 1

Bahan konstruksi : *stainless steel*

Kondisi operasi :

Temperatur = 28 °C

Densitas air (ρ) = 995,68 kg/m³ (Geankoplis, 1997)

Laju alir massa (F) = 1.489,5498 kg/jam

Laju alir volume (Q) = $\frac{1.489,5498 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ jam}/3600\text{s}}{995,68 \text{ kg/m}^3}$

$$= 0,00041555 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dari tabel 5.1 *Physical Chemical Treatment of Water and Wastewater*

Ukuran bar :

Lebar bar = 5 mm; Tebal bar = 20 mm;

Bar clear spacing = 20 mm; Slope = 30°

Direncanakan ukuran *screening*:

Panjang screen = 2 m

Lebar screen = 2 m

Misalkan, jumlah bar = x

Maka, $20x + 20(x + 1) = 2000$

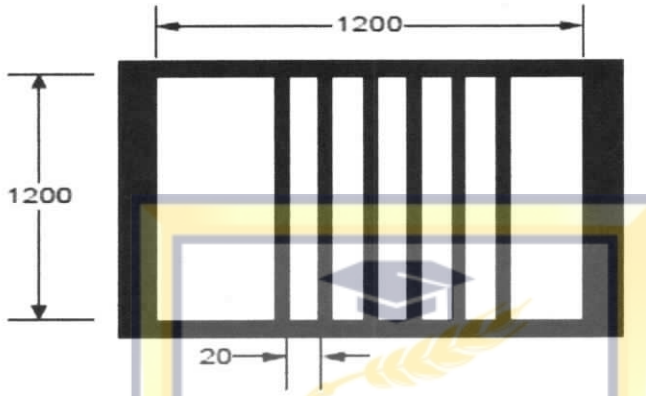
$$40x = 1980$$

$$x = 49,5 \approx 50 \text{ buah}$$

Luas bukaan (A_2) = $20(50 + 1)(2000) = 2.040.000 \text{ mm}^2 = 2,04 \text{ m}^2$

Untuk pemurnian air sungai menggunakan *bar screen*, diperkirakan $C_d = 0,6$ dan 30% *screen* tersumbat.

$$\begin{aligned} \text{Head loss } (\Delta h) &= \frac{Q^2}{2g C_d^2} = \frac{(0,00041555)^2}{2 (9,8)(0,6)^2 (2,04)^2} \\ &= 5,8809 \cdot 10^{-9} \text{ m dari air} \\ &= 5,8809 \cdot 10^{-6} \text{ mm dari air} \end{aligned}$$



Gambar LD.1 Sketsa sebagian bar screen, satuan mm (dilihat dari atas)

LD.2 Bak Sedimentasi (BS)

Fungsi : untuk mengendapkan lumpur yang terikuk dengan air.

Jumlah : 1

Jenis : beton kedap air

Kondisi operasi :

- Temperatur = 30 °C

- Tekanan = 1 atm

Densitas air (ρ) = 995,68 kg/m³ = 62,1585 lbm/ft³ (Geankoplis, 1997)

Laju alir massa (F) = 1.489,5498 kg/jam = 0,9121 lbm/s

$$\begin{aligned} \text{Laju air volumetrik. } Q &= \frac{F}{\rho} = \frac{0,9121 \text{ lbm/s}}{62,1585 \text{ lbm/ft}^3} = 0,01467 \text{ ft}^3/\text{s} \\ &= 0,8804 \text{ ft}^3/\text{min} \end{aligned}$$

Desain Perancangan :

Bak dibuat dua persegi panjang untuk desain efektif (Kawamura, 1991).

Perhitungan ukuran tiap bak :

Kecepatan pengendapan 0,1 mm pasir adalah (Kawamura, 1991) :

$$v_0 = 1,57 \text{ ft/min atau } 8 \text{ mm/s}$$

Desain diperkirakan menggunakan spesifikasi :

Kedalaman tangki 10 ft

Lebar tangki 2 ft

$$\text{Kecepatan aliran } v = \frac{Q}{A_t} = \frac{0,8804 \text{ ft}^3/\text{min}}{10 \text{ ft} \times 2 \text{ ft}} = 0,04402 \text{ ft/min}$$

$$\text{Desain panjang ideal bak : } L = K \left(\frac{h}{v_0} \right) v \quad (\text{Kawamura, 1991})$$

dengan : K = faktor keamanan = 1,5

h = kedalaman air efektif (10 – 16 ft): diambil 10 ft.

$$\text{Maka : } L = 1,5 (10/1,57) \cdot 0,04402 = 0,4206 \text{ ft}$$

$$\text{Diambil panjang bak} = 0,5 \text{ ft} = 0,1524 \text{ m}$$

Uji desain :

$$\begin{aligned} \text{Waktu retensi (t) : } t &= \frac{V_a}{Q} \\ &= \frac{\text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}}{\text{laju alir volumetrik}} \\ &= \frac{(10 \times 2 \times 1) \text{ ft}^3}{0,8804 \text{ ft}^3/\text{min}} = 22,7148 \text{ menit} \end{aligned}$$

Desain diterima dimana t diizinkan 6 – 16 menit (Kawamura, 1991).

$$\begin{aligned} \text{Surface loading : } \frac{Q}{A} &= \frac{\text{laju alir volumetrik}}{\text{luas permukaan masukan air}} \\ &= \frac{0,8804 \text{ ft}^3/\text{min} (7,481 \text{ gal ft}^3)}{2 \text{ ft} \times 1 \text{ ft}} \\ &= 3,2934 \text{ gpm/ft}^2 \end{aligned}$$

Desain diterima, dimana *surface loading* diizinkan diantara 4 – 10 gpm/ft² (Kawamura, 1991).

Headloss (Δh); bak menggunakan *gate valve, full open* (16 in) :

$$\Delta h = K \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,12 \left[\frac{0,04402 \text{ ft/min} \cdot (1 \text{ min}/60 \text{ s}) \cdot (1 \text{ m}/3,2808 \text{ ft}) \right]^2$$

$$2 (9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$= 3,0622 \times 10^{-10} \text{ m dari air}$$

LD.3 Tangki Pelarutan Alum [Al₂(SO₄)₃] (TP-01)

Fungsi : Membuat larutan alum [Al₂(SO₄)₃]

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-283 grade C

Jumlah : 1

Kondisi operasi :

- Temperatur = 30 °C

- Tekanan = 1 atm

Al₂(SO₄)₃ yang digunakan = 50 ppm

Al₂(SO₄)₃ yang digunakan berupa larutan 30 % (% berat)

Laju massa Al₂(SO₄)₃ = 0,0744 kg/jam

Densitas Al₂(SO₄)₃ 30 % = 1363 kg/m³ = 85,0889 lb_m/ft³ (Perry, 1999)

Kebutuhan perancangan = 30 hari

Faktor keamanan = 20 %

Perhitungan:

Ukuran Tangki

$$\text{Volume larutan, } V_1 = \frac{0,0744 \text{ kg/jam} \cdot 24 \text{ jam/hari} \cdot 30 \text{ hari}}{0,3 \times 1363 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 0,1311 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, } V_t = 1,2 \times 0,1311 \text{ m}^3 = 0,1573 \text{ m}^3$$

Direncanakan perbandingan diameter dengan tinggi silinder tangki, D : H = 3 : 2

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$0.1573 \text{ m}^3 = \frac{1}{4} \pi D^2 \left(\frac{3}{2} D \right)$$

$$0.1573 \text{ m}^3 = \frac{3}{8} \pi D^3$$

Maka: $D = 0.4895 \text{ m}$; $H = 0.7343 \text{ m}$

$$\text{Tinggi cairan dalam tangki} = \frac{\text{volume cairan} \times \text{tinggi silinder}}{\text{volume silinder}}$$

$$= \frac{(0.1311)(0.7343)}{(0.1573)} = 0.6119 \text{ m} = 2.0078 \text{ ft}$$

Tebal Dinding Tangki

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } P_{\text{hid}} &= \rho \times g \times l \\ &= 1363 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/det}^2 \times 0.6119 \text{ m} \\ &= 8.174.6495 \text{ kg.m.det}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 8.174.6495 \frac{\text{kg}}{\text{m.det}^2} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \\ &= 81.746.4957 \text{ g/cm.det}^2 = 1.1856 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan udara luar, } P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$$

$$\text{Poperasi} = 14,696 \text{ psia} + 1,1856 \text{ psia} = 15,881 \text{ psia}$$

$$\text{Faktor kelonggaran} = 5 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } P_{\text{design}} &= (1,05) (15,881 \text{ psia}) \\ &= 16,6757 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\text{Joint efficiency} = 0,8 \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$\text{Allowable stress} = 12,650 \text{ psia} \quad (\text{Brownell, 1959})$$

Tebal shell tangki:

$$\begin{aligned} t &= \frac{PD}{2SE - 1.2P} \\ &= \frac{(16.6757 \text{ psia})(0.4895 \text{ m})}{2(12650 \text{ psia})(0.8) - 1.2(16.6757 \text{ psia})} \\ &= 0.000403 \text{ m} = 0.01589 \text{ in} \end{aligned}$$

Faktor korosi = 0,125 in

Maka tebal shell yang dibutuhkan = 0,01589 in + 0,125 in = 0,14089 in

Daya Pengaduk

Jenis pengaduk : flat 6 blade turbin impeller

Jumlah baffle : 4 buah

Untuk turbin standar (McCabe, 1999), diperoleh:

$$Da/Dt = 1/3 \quad ; \quad Da = 1/3 \times 0,4895 \text{ m} = 0,1631 \text{ m}$$

$$E/Da = 1 \quad ; \quad E = 0,1631 \text{ m}$$

$$L/Da = 1/4 \quad ; \quad L = 1/4 \times 0,1631 \text{ m} = 0,0407 \text{ m}$$

$$W/Da = 1/5 \quad ; \quad W = 1/5 \times 0,1631 \text{ m} = 0,0326 \text{ m}$$

$$J/Dt = 1/12 \quad ; \quad J = 1/12 \times 0,4895 \text{ m} = 0,0407 \text{ m}$$

dengan :

Dt = diameter tangki

Da = diameter impeller

E = tinggi turbin dari dasar tangki

L = panjang blade pada turbin

W = lebar blade pada turbin

J = lebar baffle

Kecepatan pengadukan, N = 1 putaran/detik

Viskositas $Al_2(SO_4)_3$ 30 % = $6,72 \cdot 10^{-4}$ lb_m/ft·detik (Othmer, 1967)

Bilangan Reynold,

$$N_{Re} = \frac{\rho N (D_a)^2}{\mu} \quad (\text{Geankoplis, 1997})$$

$$N_{Re} = \frac{(85.0889)(1)(0.1631 \times 3.2808)^2}{6.72 \cdot 10^{-4}} = 36.299.0316$$

$N_{Re} > 10.000$, maka perhitungan dengan pengadukan menggunakan rumus:

$$P = \frac{K_T \cdot n^3 \cdot D_a^5 \rho}{g_c} \quad (\text{McCabe, 1999})$$

$$K_T = 6.3 \quad (\text{McCabe, 1999})$$

$$P = \frac{6.3 (1 \text{ put/det})^3 \cdot (0.1631 \cdot 3.2808 \text{ ft})^5 (85.0889 \text{ lbm/ft}^3)}{32.174 \text{ lbm.ft/lbf.det}^2}$$

$$= 0.7331 \text{ ft.lbf/det} \times \frac{1 \text{ Hp}}{550 \text{ ft.lbf/det}}$$

$$= 0.00133 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor penggerak = 80 %

$$\text{Daya motor penggerak} = \frac{0.00133}{0.8} = 0.0016 \text{ hp}$$

Maka daya motor yang dipilih 0,05 hp

LD.4 Tangki Pelarutan Soda Abu [Na₂CO₃] (TP-02)

Fungsi : Membuat larutan soda abu (Na₂CO₃)

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-283 grade C

Jumlah : 1

Kondisi operasi :

Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm

Na₂CO₃ yang digunakan = 27 ppm

Na₂CO₃ yang digunakan berupa larutan 30 % (% berat)

Laju massa Na₂CO₃ = 0,04021 kg/jam

Densitas Na₂CO₃ 30 % = 1327 kg/m³ = 82,845 lb_m/ft³ (Perry, 1999)

Kebutuhan perancangan = 30 hari

Faktor keamanan = 20 %

Perhitungan Ukuran Tangki

$$\begin{aligned} \text{Volume larutan, } V_1 &= \frac{0.04021 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 30 \text{ hari}}{0.3 \times 1327 \text{ kg/m}^3} \\ &= 0.0727 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki, } V_t &= 1.2 \times 0.0727 \text{ m}^3 \\ &= 0.0872 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Direncanakan perbandingan diameter dengan tinggi silinder tangki. $D : H = 3 : 2$

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{4} \pi D^2 H \\ 0.0872 \text{ m}^3 &= \frac{1}{4} \pi D^2 ((3/2D)) \\ 0.0872 \text{ m}^3 &= \frac{3}{8} \pi D^3 \end{aligned}$$

$$\text{Maka: } D = 0.2715 \text{ m} : H = 0.4073 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan dalam tangki} &= \frac{\text{volume cairan} \times \text{tinggi silinder}}{\text{volume silinder}} \\ &= \frac{(0.0727)(0.4073)}{(0.0872)} = 0.3394 \text{ m} = 1.1136 \text{ ft} \end{aligned}$$

Tebal Dinding Tangki

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } P_{\text{hid}} &= \rho \times g \times l \\ &= 1327 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/det}^2 \times 0.3394 \text{ m} \\ &= 4.414.3107 \text{ kg/m.det}^2 \\ &= 4.414.3107 \frac{\text{kg}}{\text{m.det}^2} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} \\ &= 44.143.1076 \text{ g/cm.det}^2 = 0.6402 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan udara luar, } P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$$

$$\text{Poperasi} = 14,696 \text{ psia} + 0,6402 \text{ psia} = 15,3362 \text{ psia}$$

$$\text{Faktor kelonggaran} = 5 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } P_{\text{design}} &= (1,05) (15,3362 \text{ psia}) \\ &= 16,1030 \text{ psia} \end{aligned}$$

Joint efficiency = 0,8 (Brownell,1959)

Allowable stress = 12650 psia (Brownell,1959)

Tebal shell tangki:

$$t = \frac{PD}{2SE - 1.2P}$$

$$= \frac{(16.1030 \text{ psia})(0.2715 \text{ m})}{2(12650 \text{ psia})(0.8) - 1.2(16.1030 \text{ psia})}$$

$$= 0.0002162 \text{ m} = 0.00851 \text{ in}$$

Faktor korosi = 0.125 in

Maka tebal shell yang dibutuhkan = 0.00851 in + 0.125 in = 0.1335 in

Daya Pengaduk

Jenis pengaduk : flat 6 blade turbin impeller

Jumlah baffle : 4 buah

Untuk turbin standar (McCabe, 1999), diperoleh:

$$Da/Dt = 1/3 \quad ; \quad Da = 1/3 \times 0,2715 \text{ m} = 0,0905 \text{ m}$$

$$E/Da = 1 \quad ; \quad E = 0,0905 \text{ m}$$

$$L/Da = 1/4 \quad ; \quad L = 1/4 \times 0,0905 \text{ m} = 0,02262 \text{ m}$$

$$W/Da = 1/5 \quad ; \quad W = 1/5 \times 0,0905 \text{ m} = 0,0181 \text{ m}$$

$$J/Dt = 1/12 \quad ; \quad J = 1/12 \times 0,2715 \text{ m} = 0,0226 \text{ m}$$

dengan :

- Dt = diameter tangki
- Da = diameter impeller
- E = tinggi turbin dari dasar tangki
- L = panjang blade pada turbin
- W = lebar blade pada turbin
- J = lebar baffle

Kecepatan pengadukan, N = 1 putaran/det

Viskositas Na_2CO_3 30 ° = $3,69 \cdot 10^{-4} \text{ lb}_m/\text{ft} \cdot \text{detik}$ (Othmer, 1967)

Bilangan Reynold,

$$N_{Re} = \frac{\rho N (D_a)^2}{\mu} \quad (\text{Geankoplis, 1997})$$

$$N_{Re} = \frac{(82.845)(1)(0.0905 \times 3.2808)^2}{3.69 \cdot 10^{-4}} = 18.450.1501$$

$N_{Re} > 10.000$, maka perhitungan dengan pengadukan menggunakan rumus :

$$P = \frac{K_T \cdot n^3 \cdot D_a^5 \cdot \rho}{g_c} \quad (\text{McCabe, 1999})$$

$$K_T = 6.3 \quad (\text{McCabe, 1999})$$

$$P = \frac{6.3 \cdot (1 \text{ put/det})^3 \cdot (3.2808 \times 0.0905 \text{ ft})^5 \cdot (82.845 \text{ lbf/ft}^3)}{32.174 \text{ lbf} \cdot \text{ft} / \text{lbf} \cdot \text{det}^2}$$

$$= 0.0374 \text{ ft} \cdot \text{lbf/det} \times \frac{1 \text{ hp}}{550 \text{ ft} \cdot \text{lbf/det}}$$

$$= 0.0000851 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor penggerak = 80 %

$$\text{Daya motor penggerak} = \frac{0.0000851}{0.8} = 0.000085 \text{ Hp}$$

Maka daya motor yang dipilih 0,05 hp

LD.5 Tangki Pelarutan Asam Sulfat (H₂SO₄) (TP-03)

Fungsi : Membuat larutan asam sulfat

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : *Low Alloy Steel SA-203 grade A*

Kondisi operasi :

- Temperatur = 30 °C
- Tekanan = 1 atm

H₂SO₄ yang digunakan mempunyai konsentrasi 5 % (% berat)

Laju massa H₂SO₄ = 0,1355 kg/jam

Densitas H₂SO₄ = 1061,7 kg/m³ = 66,2801 lb_m/ft³ (Perry, 1999)

Kebutuhan perancangan = 30 hari

Faktor keamanan = 20 %

Perhitungan :

$$\text{Volume larutan, } V_1 = \frac{0.1355 \text{ kg/jam} \times 30 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}}{0.05 \times 1061.7 \text{ kg/m}^3} = 1.8382 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, } V_t = 1.2 \times 1.8382 \text{ m}^3 = 2.2058 \text{ m}^3$$

Direncanakan perbandingan diameter dengan tinggi silinder tangki. $D : H = 3 : 2$

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$2.2058 \text{ m}^3 = \frac{1}{4} \pi D^2 (3/2D)$$

$$2.2058 \text{ m}^3 = \frac{3}{8} \pi D^3$$

$$\text{Maka, } D = 6.6827 \text{ m} : H = 10.2941 \text{ m}$$

Tinggi larutan H_2SO_4 dalam tangki = $\frac{\text{volume cairan} \times \text{tinggi silinder}}{\text{volume silinder}}$

$$\begin{aligned} &= \frac{1.8382 \times 10.2941}{2.2058} \\ &= 8.5784 \text{ m} = 28.1441 \text{ ft} \end{aligned}$$

Tebal Dinding Tangki

Tekanan hidrostatik, $P_{hid} = \rho \times g \times l$

$$= 1061,7 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/det}^2 \times 8,5784 \text{ m}$$

$$= 89.255,6073 \text{ kg/m.det}^2$$

$$= 89.255,6073 \text{ kg/m det}^2 \times 1000\text{g}/1\text{kg} \times 1\text{m}/100\text{cm}$$

$$= 892.556,0739 \text{ g/cm.det}^2 = 12,9454 \text{ psia}$$

Tekanan udara luar, $P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$

$P_{operasi} = 14,696 \text{ psia} + 12,9454 \text{ psia} = 27,6414 \text{ psia}$

Faktor kelonggaran = 5 %

Maka, $P_{design} = (1,05) (27,6414 \text{ psia})$

$$= 29,0234 \text{ psia}$$

Joint efficiency = 0,8 (Brownell,1959)

Allowable stress = 12,650 psia (Brownell,1959)

Tebal shell tangki:

$$t = \frac{PD}{2SE - 1.2P}$$

$$= \frac{(29.0234 \text{ psia})(6.8627 \text{ m})}{2(12650 \text{ psia})(0.8) - 1.2(29.0234 \text{ psia})}$$

$$= 0.00985 \text{ m} = 0.3881 \text{ in}$$

Faktor korosi = 0,125 in

Maka tebal shell yang dibutuhkan = 0,3881 in + 0,125 in = 0,5131 in

Daya Pengaduk

Jenis pengaduk : flat 6 blade turbin impeller

Jumlah baffle : 4 buah

Untuk turbin standar (McCabe, 1999), diperoleh:

$$Da/Dt = 1/3 \quad ; \quad Da = 1/3 \times 6,6827 \text{ m} = 2,2875 \text{ m}$$

$$E/Da = 1 \quad ; \quad E = 2,2875 \text{ m}$$

$$L/Da = 1/4 \quad ; \quad L = 1/4 \times 2,2875 = 0,5718 \text{ m}$$

$$W/Da = 1/5 \quad ; \quad W = 1/5 \times 2,2875 = 0,4575 \text{ m}$$

$$J/Dt = 1/12 \quad ; \quad J = 1/12 \times 6,6827 = 0,2996 \text{ m}$$

Kecepatan pengadukan, N = 1 putaran/det

Viskositas H₂SO₄ 5 % = 0,012 lb_m/ft·detik (Othmer, 1967)

Bilangan Reynold,

$$N_{Re} = \frac{\rho N (D_a)^2}{\mu} \quad (\text{Geankoplis, 1983})$$

$$N_{Re} = \frac{(66.2801)(1)(6.6827 \times 3.2808)^2}{0.012} = 311.110.1064$$

$N_{Re} > 10.000$, maka perhitungan dengan pengadukan menggunakan rumus:

Bilangan Reynold,

$$N_{Re} = \frac{\rho N (D_a)^2}{\mu} \quad (\text{Geankoplis, 1997})$$

$$N_{Re} = \frac{(94.7689)(1)(2.1237 \times 3.2808)^2}{4.302 \cdot 10^{-4}} = 1188242.529$$

$N_{Re} > 10.000$. maka perhitungan dengan pengadukan menggunakan rumus:

$$P = \frac{K_T \cdot n^3 \cdot D_a^5 \rho}{g_c} \quad (\text{McCabe, 1999})$$

$$K_T = 4.1 \quad (\text{McCabe, 1999})$$

$$P = \frac{4.1 \cdot (1 \text{ put/det})^3 \cdot (2.1237 \text{ ft})^5 \cdot (94.7662 \text{ lbm/ft}^3)}{32.174 \text{ lbm.ft/lbf.det}^2} \times \frac{1 \text{ hp}}{550 \text{ ft.lbf/det}}$$

$$= 0.00390 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor penggerak = 80 %

$$\text{Daya motor penggerak} = \frac{0.00390}{0.8} = 0.00487 \text{ Hp}$$

Maka daya motor yang dipilih 0,05 hp

LD.7 Tangki Pelarutan Kaporit [Ca(ClO)₂] (TP-05)

Fungsi : Membuat larutan kaporit [Ca(ClO)₂]

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-283 grade C

Kondisi operasi:

Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm

Ca(ClO)₂ yang digunakan = 2 ppm

Ca(ClO)₂ yang digunakan berupa larutan 70 % (% berat)

Laju massa Ca(ClO)₂ = 0,002582 kg/jam

Densitas Ca(ClO)₂ 70 % = 1272 kg/m³ = 79,4088 lb_m/ft³ (Perry, 1997)

Kebutuhan perancangan = 90 hari

Faktor keamanan = 20 %

$$\text{Volume larutan, } V_1 = \frac{0.002582 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 90 \text{ hari}}{0.7 \times 1272 \text{ kg/m}^3} = 0.109 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, } V_t = 1.2 \times 0.109 \text{ m}^3 = 0.131 \text{ m}^3$$

Direncanakan perbandingan diameter dengan tinggi tangki, $D : H = 3 : 2$

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$0.131 \text{ m}^3 = \frac{1}{4} \pi D^2 \left(\frac{3}{2} D \right)$$

$$0.131 \text{ m}^3 = \frac{3}{8} \pi D^3$$

$$\text{Maka, } D = 0.407 \text{ m} : H = 0.611 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan dalam tangki} &= \frac{\text{volume cairan} \times \text{tinggi silinder}}{\text{volume silinder}} \\ &= \frac{(0.109)(0.611)}{(0.130)} = 0.511 \text{ m} \end{aligned}$$

Tebal tangki :

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } P_{\text{hid}} &= \rho \times g \times l \\ &= 1272 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/det}^2 \times 0.511 \text{ m} \\ &= 6378.624 \text{ kg/m.det}^2 \\ &= 6378.624 \frac{\text{kg}}{\text{m.det}^2} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} \\ &= 63786.24 \text{ kg/cm.det}^2 = 0.925 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan udara luar, } P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = 14,696 \text{ psia} + 0,925 \text{ psia} = 15,621 \text{ psia}$$

$$\text{Faktor kelonggaran} = 5 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } P_{\text{design}} &= (1,05) (15,621 \text{ psia}) \\ &= 16,402 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\text{Joint efficiency} = 0,8 \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$\text{Allowable stress} = 12650 \text{ psia} \quad (\text{Brownell, 1959})$$

Tebal shell tangki:

$$t = \frac{PD}{2SE - 1.2P}$$

$$= \frac{(16.402 \text{ psia})(0.407 \text{ m})}{2(12650 \text{ psia})(0.8) - 1.2(16.402 \text{ psia})}$$

$$= 0.00033 \text{ m} = 0.013 \text{ in}$$

Faktor korosi = 0,125 in

Maka tebal shell yang dibutuhkan = 0,013 in + 0,125 in = 0,138 in

Daya Pengaduk

Jenis pengaduk : flat 6 blade turbin impeller

Jumlah baffle : 4 buah

Untuk turbin standar (McCabe, 1993), diperoleh:

Da/Dt = 1/3	;	Da = 1/3 x 0,407 m	= 0,135 m
E/Da = 1	;	E = 0,135	
L/Da = 1/4	;	L = 1/4 x 0,135 m	= 0,0339 m
W/Da = 1/5	;	W = 1/5 x 0,135 m	= 0,0271 m
J/Dt = 1/12	;	J = 1/12 x 0,407 m	= 0,0339 m

dengan :

- Dt = diameter tangki
- Da = diameter impeller
- E = tinggi turbin dari dasar tangki
- L = panjang blade pada turbin
- W = lebar blade pada turbin
- J = lebar baffle

Kecepatan pengadukan, N = 1 putaran/det

Viskositas kaporit = 6,7197 · 10⁻⁴ lb_m/ft · detik (Othmer, 1967)

Bilangan Reynold,

$$N_{Re} = \frac{\rho N (D_a)^2}{\mu} \quad \text{(Pers. 3.4-1, Geankoplis, 1983)}$$

$$N_{Re} = \frac{(79.4088)(1)(0.135 \times 3.2808)^2}{6.7194 \cdot 10^{-4}} = 23683.3622$$

N_{Re} < 10.000, maka perhitungan dengan pengadukan menggunakan rumus:

Perhitungan:

Dari Metcalf & Eddy, 1984, diperoleh :

Untuk *clarifier tipe upflow* (radial):

- Kedalaman air = 3-10 m
- *Settling time* = 1-3 jam

Dipilih : kedalaman air (H) = 3 m, waktu pengendapan = 1 jam

Diameter dan Tinggi clarifier

Densitas larutan,

$$\rho = \frac{(1489.6645)}{\frac{1489.5498}{996.2} + \frac{0.0744}{2710} + \frac{0.04021}{2533}}$$

$$\rho = 996.247 \text{ kg/m}^3 = 0.996 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Volume cairan, } V = \frac{1489.6645 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ jam}}{996.247} = 1.4952 \text{ m}^3$$

$$V = 1/4 \pi D^2 H$$

$$D = \left(\frac{4V}{\pi H} \right)^{1/2} = \left(\frac{4 \times 1.4952}{3.14 \times 3} \right)^{1/2} = 0.3174 \text{ m}$$

Maka, diameter *clarifier*

$$= 0,3174 \text{ m}$$

Tinggi *clarifier*

$$= 1,5 D = 0,4762 \text{ m}$$

Tebal Dinding Tangki

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } P_{hid} &= \rho \times g \times l \\ &= 996.247 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/det}^2 \times 0.4762 \text{ m} \\ &= 4649.271508 \text{ kg/m.det}^2 \\ &= 4649.271508 \frac{\text{kg}}{\text{m.det}^2} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} \\ &= 46492.71508 \text{ g/cm.det}^2 = 0.6743 \text{ psia} \end{aligned}$$

Tekanan udara luar, $P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$

Poperasi = 14,696 psia + 0,6743 psia = 15,3703 psia

Faktor kelonggaran = 5 %

$$\text{Maka, } P_{\text{design}} = (1,05) (15,3703 \text{ psia})$$

$$= 16,1388 \text{ psia}$$

$$\text{Joint efficiency} = 0,8 \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$\text{Allowable stress} = 12650 \text{ psia} \quad (\text{Brownell, 1959})$$

Tebal shell tangki:

$$t = \frac{PD}{2SE - 1.2P}$$

$$= \frac{(16.1388 \text{ psia})(0.3174 \text{ m})}{2(12650 \text{ psia})(0.8) - 1.2(16.1388 \text{ psia})}$$

$$= 0.0002533 \text{ m} = 0.009975 \text{ in}$$

$$\text{IFaktor korosi} = 0,125 \text{ in}$$

$$\text{Maka tebal shell yang dibutuhkan} = 0,009975 \text{ in} + 0,125 \text{ in} = 0,1349 \text{ in}$$

Desain torca yang diperlukan untuk operasi kontinu yang diperlukan untuk pemutaran (*turnable drive*): (Azad, 1976)

$$T, \text{ ft-lb} = 0,25 D^2 LF$$

Faktor beban (*Load Factor*): 30 lb/ft arm (untuk reaksi koagulasi sedimentasi)

$$\text{Sehingga: } T = 0,25 [(0,3174 \text{ m}) \cdot (3,2808 \text{ ft/m})]^2 \cdot 30$$

$$T = 8,1361 \text{ ft-lb}$$

Daya Clarifier

$$P = 0,006 D^2$$

(Ulrich, 1984)

dimana: P = daya yang dibutuhkan, kW

Sehingga,

$$P = 0,006 \times (0,3174)^2 = 0,000604 \text{ kW} = 8,1093 \times 10^{-9} \text{ Hp}$$

Maka daya motor yang dipilih 0,05 Hp

LD.9 Sand Filter (SF)

Fungsi : Menyaring partikel – partikel yang masih terbawa dalam air yang keluar dari *clarifier*

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

Jumlah : 1

Kondisi operasi :

- Temperatur = 30 °C
- Tekanan = 1 atm

Laju massa air = 1489,5498 kg/jam

Densitas air = 995,68 kg/m³ = 62,1585 lbm/ft³ (Geankoplis, 1997)

Tangki filter dirancang untuk penampungan ¼ jam operasi.

Direncanakan volume bahan penyaring = 1/3 volume tangki

Ukuran Tangki Filter

$$\text{Volume air, } V_a = \frac{1489,5498 \text{ kg/jam} \cdot 0,25 \text{ jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 0,3740 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total} = 4/3 \times 0,3740 \text{ m}^3 = 0,4986 \text{ m}^3$$

$$\text{Faktor keamanan 20 \%}, \text{ volume tangki} = 1,05 \times 0,4986 = 0,5984 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume silinder tangki (} V_s \text{)} = \frac{\pi \cdot D_i^2 \cdot H_s}{4}$$

Direncanakan perbandingan tinggi tangki dengan diameter tangki $H_s : D_i = 3 : 1$

$$V_s = \frac{3 \cdot \pi \cdot D_i^3}{4}$$

$$0,5984 \text{ m}^3 = \frac{3 \cdot \pi \cdot D_i^3}{4}$$

$$D_i = 0,8331 \text{ m}; H = 1,899 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi penyaring} = \frac{1}{2} \times 1,899 \text{ m} = 0,9497 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi air} = \frac{1}{2} \times 1,899 \text{ m} = 0,9497 \text{ m}$$

Perbandingan tinggi tutup tangki dengan diameter dalam adalah 1 : 4

$$\text{Tinggi tutup tangki} = \frac{1}{4} (1,899) = 0,1582 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan hidrostatik, } P_{\text{hid}} &= \rho \times g \times l \\
 &= 995.68 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/det}^2 \times 1.899 \text{ m} \\
 &= 9267.73414 \text{ kg/m.det}^2 \\
 &= 9267.73414 \frac{\text{kg}}{\text{m.det}^2} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} \\
 &= 92677.3414 \text{ kg/cm.det}^2 = 1.344 \text{ psia}
 \end{aligned}$$

Tekanan udara luar, $P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$

$P_{\text{operasi}} = 14,696 \text{ psia} + 1,344 \text{ psia} = 16,0401 \text{ psia}$

Faktor kelonggaran = 5 %

Maka, $P_{\text{design}} = (1,05) (16,0401 \text{ psia})$
 $= 16,8421 \text{ psia}$

Joint efficiency = 0,8 (Brownell,1959)

Allowable stress = 12650 psia (Brownell,1959)

Tebal shell tangki:

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{PD}{2SE - 1.2P} \\
 &= \frac{(16.8421 \text{ psia})(0.6331 \text{ m})}{2(12650 \text{ psia})(0.8) - 1.2(16.8421 \text{ psia})} \\
 &= 0.000527 \text{ m} = 0.0207 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Faktor korosi = 0,125 in

Maka tebal shell yang dibutuhkan = 0,0207 in + 0,125 in = 0,1457 in

LD.10 Penukar Kation/*Cation Exchanger* (CE)

Fungsi : Mengurangi kesadahan air

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup ellipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel* SA-283 grade C

Kondisi operasi :

- Temperatur = 30 °C
- Tekanan = 1 atm

Data :

Laju massa air = 436,8142 kg/jam

Densitas air = $995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,1985 \text{ lbm/ft}^3$ (Geankoplis,1997)

Kebutuhan perancangan = 1 jam

Faktor keamanan = 20 %

Ukuran Cation Exchanger

Dari Tabel 12.4, *The Nalco Water Handbook*, diperoleh:

- Diameter penukar kation = 2 ft = 0,609 m

- Luas penampang penukar kation = $3,14 \text{ ft}^2$

Tinggi resin dalam *cation exchanger* = 2,5 ft = 0,7620 m

Tinggi silinder = $1,2 \times 2,5 \text{ ft} = 3,0 \text{ ft}$

Diameter tutup = diameter tangki = 2 ft

Rasio axis = 2 : 1

Tinggi tutup = $\frac{1}{2} \times 2 = 1 \text{ ft} = 0,3048$ (Brownell,1959)

Sehingga, tinggi *cation exchanger* = $3,0 \text{ ft} + 2(1) \text{ ft} = 5 \text{ ft} = 1,524 \text{ m}$

Tebal Dinding Tangki

Tekanan hidrostatik. P_{hid}

$$\begin{aligned}
 &= \rho \times g \times l \\
 &= 995,68 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/det}^2 \times 1,524 \text{ m} \\
 &= 14870,860 \text{ kg/m.det}^2 \\
 &= 14870,860 \frac{\text{kg}}{\text{m.det}^2} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \\
 &= 148708,60 \text{ kg/cm.det}^2 = 2.156 \text{ psia}
 \end{aligned}$$

Tekanan udara luar, $P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$

Poperasi = $14,696 \text{ psia} + 2,166 \text{ psia} = 16,852 \text{ psia}$

Faktor kelonggaran = 5 %

Maka, $P_{design} = (1,05) (16,852 \text{ psia})$

= 17,695 psia

Joint efficiency = 0,8 (Brownell,1959)

Allowable stress = 12650 psia (Brownell,1959)

Tebal shell tangki:

$$t = \frac{PD}{2SE - 1.2P}$$

$$= \frac{(17.695 \text{ psia})(0.609 \text{ m})}{2(12650 \text{ psia})(0.8) - 1.2(17.695 \text{ psia})}$$

$$= 0.00053 \text{ m} = 0.0209 \text{ in}$$

Faktor korosi = 0,125 in

Maka tebal shell yang dibutuhkan = 0,0209 in + 0,125 in = 0,1459 in

LD.11 Tangki Penukar Anion (*anion exchanger*) (AE)

Fungsi : Mengikat anion yang terdapat dalam air umpan ketel
 Bentuk : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah elipsoidal
 Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283 grade C*
 Jumlah : 1

Kondisi operasi :

- Temperatur = 30 °C
- Tekanan = 1 atm

Laju massa air = 436,8142 kg/jam

Densitas air = 995,68 kg/m³ (Geankoplis, 1997)

Kebutuhan perancangan = 1 jam

Faktor keamanan = 20 %

Ukuran Anion Exchanger

Dari Tabel 12.3, *The Nalco Water Handbook*, diperoleh:

- Diameter penukar anion = 1 ft = 0,3048 m
- Luas penampang penukar anion = 3,14 ft²

Tinggi resin dalam *anion exchanger* = 2,5 ft

Tinggi silinder = 1,2 x 2,5 ft = 3 ft = 0,9144 m

Diameter tutup = diameter tangki = 0,3048 m

Rasio axis = 2 : 1

Tinggi tutup = ½ x 0,3048 m = 0,1524 m (Brownell, 1959)

Sehingga, tinggi *anion exchanger* = $0,9144 + 2(0,1524) = 3,304$ m

Tebal Dinding Tangki

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } P_{hid} &= \rho \times g \times l \\ &= 996,24 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/det}^2 \times 3,304 \text{ m} \\ &= 32247,127 \text{ kg/m.det}^2 \\ &= 32247,127 \text{ kg m.det}^2 \\ &= 322471,27 \text{ kg/cm.det}^2 = 4,677 \text{ psia} \end{aligned}$$

Tekanan udara luar, $P_o = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$

$P_{operasi} = 14,696 \text{ psia} + 4,677 \text{ psia} = 19,373 \text{ psia}$

Faktor kelonggaran = 5 %

Maka, $P_{design} = (1,05) (19,373 \text{ psia})$
 $= 20,341 \text{ psia}$

Joint efficiency = 0,8 (Brownell,1959)

Allowable stress = 12650 psia (Brownell,1959)

Tebal shell tangki:

Faktor korosi = 0,125 in

Maka tebal shell yang dibutuhkan = $0,0241 \text{ in} + 0,125 \text{ in} = 0,149 \text{ in}$

LD.12 Water Cooling Tower (V-14)

Fungsi : Mendinginkan air dari temperatur 54°C menjadi 28°C

Jenis : *Mechanical draft cooling tower*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Fraksi suhu air masuk menara $60^\circ\text{C} = 0,7$

Fraksi suhu air masuk menara $40^\circ\text{C} = 0,3$

Suhu air masuk menara (T_{L2}) = $0,7 \times 60 + 0,3 \times 40 = 54^\circ\text{C} = 129,2^\circ\text{F}$

Suhu air keluar menara (T_{L1}) = $28^\circ\text{C} = 82,4^\circ\text{F}$

$$\text{Suhu udara } (T_{G1}) = 28^{\circ}\text{C} = 82,4^{\circ}\text{F}$$

Dari Gambar 12-14 Perry dkk, 1999, diperoleh suhu *wet bulb*, $T_W = 70^{\circ}\text{F}$

Dari kurva kelembaban, diperoleh $H = 0,013$ kg uap air/kg udara kering

Dari Gambar 12-14 Perry dkk, 1999, diperoleh konsentrasi air = $1,75$ gal/ft²menit

$$\text{Densitas air } (54^{\circ}\text{C}) = 987,12 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Laju massa air pendingin} = 7040,737 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Laju volumetrik air pendingin} = 7040,737 / 987,12 = 7,132 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas air, } Q &= 7,132 \text{ m}^3/\text{jam} \times 264,17 \text{ gal/m}^3 / (60 \text{ menit/jam}) \\ &= 30999,191 \text{ gal/menit} \end{aligned}$$

Faktor keamanan : 20 %

$$\text{Luas menara, } A = 1,2 \times (\text{kapasitas air/konsentrasi air})$$

$$= 1,2 \times (30999,191 \text{ gal/menit}) / (1,75 \text{ gal/ft}^2 \text{ menit})$$

$$= 21256,588 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Laju alir air tiap satuan luas (L)} &= \frac{(7040,737 \text{ kg/jam}) \cdot (1 \text{ jam}) \cdot (3.2808 \text{ ft})^2}{(21256,588 \text{ ft}^2) \cdot (3600 \text{ s}) \cdot (1 \text{ m}^2)} \\ &= 0,0003 \text{ kg/s m}^2 \end{aligned}$$

Perbandingan L : G direncanakan = 5 : 6

$$\text{Laju alir gas tiap satuan luas (G)} = 0,0003 \text{ kg/s m}^2$$

Tinggi menara :

Dari Persamaan 9.3-8 Geankoplis, 2003 :

$$H_{y1} = (1,005 + 1,88 \times 0,013) \cdot 10^3 (28 - 0) + 2,501 \cdot 10^6 (0,013)$$

$$H_{y1} = 61342,52 \text{ J/kg}$$

Dari Persamaan 10.5-2, Geankoplis, 2003 :

$$0,3576 (H_{y2} - 61342,52) = 0,298 (4,187 \cdot 10^3) \cdot (79,32388 - 34)$$

$$H_{y2} = 152076,9 \text{ J/kg}$$

Luas daerah di bawah kurva dari pada Gambar L.D.3 ;

$$\int_{H_{y1}}^{H_{y2}} \frac{dH_y}{H_{y1} - H_y} = 0,597$$

Estimasi $k_G \cdot a = 1,207 \cdot 10^{-7} \text{ kg.mol /s.m}^3$ (Geankoplis, 2003)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi menara, } Z &= \frac{1.746 (0.597)}{29 (1.207 \cdot 10^{-7})(1.013 \cdot 10^5)} \\ &= 1.716 \text{ m} \end{aligned}$$

Diambil *performance* menara 90 %, maka dari Gambar 12-15 Perry dkk, 1999, diperoleh tenaga kipas $0,03 \text{ Hp/ft}^2$.

$$\text{Daya menara} = 0,03 \text{ Hp/ft}^2 \times 347,84 \text{ ft}^2 = 10,43 \text{ hp}$$

Jadi, digunakan daya standar 11 hp

LD.13 Tangki Utilitas-01 (TU-01)

Fungsi : Menampung air untuk didistribusikan

Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C

Kondisi penyimpanan : Temperatur 30°C dan tekanan 1 atm

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Temperatur = 30°C

Laju massa air = $1.489,549 \text{ kg/jam}$

Densitas air = $995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,1586 \text{ lbm/ft}^3$ (Geankoplis, 1997)

Kebutuhan perancangan = 3 jam

Perhitungan :

$$\text{Volume air, } V_a = \frac{1.489.549 \text{ kg/jam} \times 3 \text{ jam}}{995.68 \text{ kg/m}^3} = 4.4880 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, } V_t = 1,2 \times 4,4880 \text{ m}^3 = 5,3856 \text{ m}^3$$

Direncanakan perbandingan diameter dengan tinggi silinder, $D : H = 5 : 6$

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$5.3856 \text{ m}^3 = \frac{1}{4} \pi D^2 \left(\frac{6}{5} D \right)$$

$$5.3856 \text{ m}^3 = \frac{3}{10} \pi D^3$$

$$D = 1,7875 \text{ m} ; H = 2,1450 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan dalam tangki} &= \frac{\text{volume cairan} \times \text{tinggi silinder}}{\text{volume silinder}} \\ &= \frac{(4.4880)(2.1450)}{(5.3856)} = 1,7875 \text{ m} = 5.8646 \text{ ft} \end{aligned}$$

Tebal Dinding Tangki

$$\text{Tekanan hidrostatik, } P_{hid} = \rho \times g \times l$$

$$\begin{aligned} &= 995,68 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/det}^2 \times 1,7875 \text{ m} \\ &= 17442,54346 \text{ kg/m.det}^2 \\ &= 174.425,4346 \text{ kg/cm.det}^2 = 2,5298 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan udara luar, } P_o = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$$

$$P_{operasi} = 14,696 \text{ psia} + 2,5298 \text{ psia} = 17,2258 \text{ psia}$$

$$\text{Faktor kelonggaran} = 5 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } P_{design} &= (1,05) (17,2258 \text{ psia}) \\ &= 18,0871 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\text{Joint efficiency} = 0,8 \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$\text{Allowable stress} = 12650 \text{ psia} \quad (\text{Brownell, 1959})$$

Tebal shell tangki:

$$\begin{aligned} t &= \frac{PD}{2SE - 1.2P} \\ &= \frac{(18.0871 \text{ psia})(1.7875 \text{ m})}{2(12650 \text{ psia})(0.8) - 1.2(18.0871 \text{ psia})} \\ &= 0.00159 \text{ m} = 0.0629 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor korosi} = 0,125 \text{ in}$$

$$\text{Maka tebal shell yang dibutuhkan} = 0,0629 \text{ in} + 0,125 \text{ in} = 0,1879 \text{ in}$$

LD.14 Tangki Utilitas - 02 (TU-02)

Fungsi : menampung air untuk didistribusikan ke domestik
 Bentuk : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar
 Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

Kondisi operasi :

Temperatur = 30 °C
 Tekanan = 1 atm
 Laju massa air = 904 kg/jam
 Densitas air = 995,68 kg/m³ (Perry, 1997)
 Kebutuhan perancangan = 24 jam
 Faktor keamanan = 20 □

Perhitungan:

$$\text{Volume air. } V_s = \frac{904 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam}}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 21.7901 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki. } V_t = 1,2 \times 21.7901 \text{ m}^3 = 26.1481 \text{ m}^3$$

Direncanakan perbandingan diameter dengan tinggi silinder. $D : H = 2 : 3$

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$26.1481 \text{ m}^3 = \frac{1}{4} \pi D^2 \left(\frac{3}{2} D \right)$$

$$26.1481 \text{ m}^3 = \frac{3}{8} \pi D^3$$

$$\text{Maka. } D = 2.8099 \text{ m}$$

$$H = 4.2148 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi air dalam tangki} = \frac{(21.7901)(4.2099)}{(26.1481)} = 3.5124 \text{ m}$$

Tebal Dinding Tangki

Tekanan hidrostatik, $P_{hid} = \rho \times g \times l$

$$\begin{aligned} &= 995,68 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/det}^2 \times 3,5124 \text{ m} \\ &= 34272,90741 \text{ kg/m} \cdot \text{det}^2 = 4,970 \text{ psia} \end{aligned}$$

Tekanan udara luar, $P_0 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$

$P_{\text{operasi}} = 14,696 \text{ psia} + 4,970 \text{ psia} = 19,666 \text{ psia}$

Faktor kelonggaran = 5 %

Maka, $P_{\text{design}} = (1,05) (19,666 \text{ psia})$
 $= 20,650 \text{ psia}$

Joint efficiency = 0,8 (Brownell,1959)

Allowable stress = 12650 psia (Brownell,1959)

Tebal shell tangki:

$$t = \frac{PD}{2SE - 1.2P}$$

$$= \frac{(20.650 \text{ psia})(2.8099 \text{ m})}{2(12650 \text{ psia})(0.8) - 1.2(20.650 \text{ psia})}$$

$$= 0.00287 \text{ m} = 0.113 \text{ in}$$

Faktor korosi = 0,125 in

Maka tebal shell yang dibutuhkan = 0,113 in + 0,125 in = 0,238 in

LD.15 Deaerator (DE)

Fungsi : Menghilangkan gas-gas yang terlarut dalam air umpan ketel

Bentuk : Silinder horizontal dengan tutup atas dan bawah elipsoidal

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 Grade C*

Jumlah : 1

Kondisi operasi :

Temperatur = 90 °C

Tekanan = 1 atm

Kebutuhan Perancangan = 24 jam

Laju alir massa air = 436,8142 kg/jam

Densitas air (ρ) = 995,28 kg/m³ = 62,1936 lbm/ft³ (Perry, 1999)

Faktor keamanan = 20 %

Perhitungan :

$$\text{Volume air, } V_a = \frac{436.8142 \text{ kg/jam} \cdot 24 \text{ jam}}{995.28 \text{ kg/m}^3} = 10.529 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki, } V_t = 1,2 \times 10,529 \text{ m}^3 = 12,634 \text{ m}^3$$

Direncanakan perbandingan diameter dengan tinggi tangki, $D : H = 2 : 3$

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$12.634 \text{ m}^3 = \frac{1}{4} \pi D^2 \left\{ \frac{3}{2} D \right\}$$

$$12.634 \text{ m}^3 = \frac{3}{8} \pi D^3$$

Maka: $D = 2,2049 \text{ m}$; $H = 3,3074 \text{ m}$

$$\text{Tinggi cairan dalam tangki} = \frac{10.529}{12.634} \times 3.3074 = 2.756 \text{ m}$$

Diameter tutup = diameter tangki = 2,756 m

Direncanakan perbandingan diameter dengan tinggi tutup, $D : H = 4 : 1$

$$\text{Tinggi tutup} = \frac{1}{4} \times 2,756 \text{ m} = 0,5512 \text{ m} \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$\text{Tinggi tangki total} = 3,3074 \times 2(0,5512) = 3,6464 \text{ m}$$

Tebal tangki

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik, } P_{hid} &= \rho \times g \times l \\ &= 996,24 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/det}^2 \times 3,6464 \text{ m} \\ &= 35580,84066 \text{ kg/m.det}^2 = 5,1605 \text{ psia} \end{aligned}$$

Tekanan udara luar, $P_o = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psia}$

$$P_{operasi} = 14,696 \text{ psia} + 5,1605 \text{ psia} = 19,8565 \text{ psia}$$

Faktor kelonggaran = 5 %

$$\begin{aligned} \text{Maka, } P_{design} &= (1,05) (19,8565 \text{ psia}) \\ &= 20,8493 \text{ psia} \end{aligned}$$

Joint efficiency = 0,8 (Brownell, 1959)

Allowable stress = 12650 psia (Brownell, 1959)

Tebal shell tangki:

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{PD}{2SE - 1.2P} \\
 &= \frac{(20.8493 \text{ psia})(2.2049 \text{ m})}{2(12650 \text{ psia})(0.8) - 1.2(20.8493 \text{ psia})} \\
 &= 0.0022 \text{ m} = 0.0895 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Faktor korosi = 0,125 in

Maka tebal shell yang dibutuhkan = 0,0895 in + 0,125 in = 0,2145 in

LD.16 Ketel Uap (KU)

Fungsi : Menyediakan uap untuk keperluan proses
 Jenis : Ketel pipa air
 Jumlah : 1
 Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Data :

Uap jenuh yang digunakan bersuhu 100 °C
 kalor laten *steam* 2676 kJ/kg = 1.150,9677 Btu/lbm
 Panas entalpi *steam* = 2676 kJ/kg = 1.150,9677 Btu/lbm
 Panas entalpi campuran = 419,1 kJ/kg = 180,2580 Btu/lbm
 Total kebutuhan uap = 525,1664 kg/jam = 1.157,7818 lbm/jam

Perhitungan:

Menghitung Daya Ketel Uap

$$W = \frac{34,5 \times P \times 970,3}{H}$$

dimana: P = daya ketel uap, Hp
 W = kebutuhan uap, lb_m/jam
 H = kalor laten *steam*, Btu/lb_m

Maka,

$$P = \frac{1.157.7818 \times (1.150.9677 - 180.2580)}{34.5 \times 970.3} = 33.5730 \text{ Hp}$$

Menghitung Jumlah Tube

Luas permukaan perpindahan panas,

$$\begin{aligned} A &= P \times 10 \text{ ft}^2/\text{Hp} \\ &= 33,5730 \text{ Hp} \times 10 \text{ ft}^2/\text{Hp} \\ &= 335,730 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan *tube* dengan spesifikasi:

- Panjang *tube*, $L = 30 \text{ ft}$
- Diameter *tube* 6 in
- Luas permukaan pipa, $a' = 1,734 \text{ ft}^2/\text{ft}$ (Kern, 1965)

Sehingga jumlah *tube*,

$$N_t = \frac{A}{L \times a'} = \frac{335.730}{30 \cdot 1.734} = 6.45 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah}$$

LD.17 Tangki Bahan Bakar (TB)

Fungsi	: Menyimpan bahan bakar solar
Bentuk	: Silinder tegak dengan alas dan tutup datar
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Jumlah	: 1 unit

Kondisi operasi :

Temperatur	: 30 °C	
Tekanan	: 1 atm	
Laju volume solar	= 124,652 L/jam	
Densitas solar	= 0,89 kg/L	(Perry, 1997)
Kebutuhan perancangan	= 7 hari	

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\epsilon = 0,000046$ (Geankoplis, 1997)

Pada $NRe = 5.566,3901$ dan $\epsilon/D = 0,0020$

Dari Fig.2.10-3 Geankoplis (1997), diperoleh harga $f = 0,008$

Friction loss :

$$1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c = 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55 (1 - 0) \frac{0.0007^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 4.721 \cdot 10^{-9} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$2 \text{ elbow } 90^\circ = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 2(0.75) \frac{0.0007^2}{2(1)(32.174)} = 1.288 \cdot 10^{-8} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2.0) \frac{0.0007^2}{2(1)(32.174)} = 1.717 \cdot 10^{-8} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus } 30 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0.008) \frac{(30)(0.0007^2)}{(0.0224)2(32.174)} = 3.67 \cdot 10^{-7} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit} = h_c = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right) \frac{v^2}{2.\alpha.g_c} = (1 - 0) \frac{0.0007^2}{2(1)(32.174)} = 8.584 \cdot 10^{-9} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friction loss : } \sum F = 4,11 \cdot 10^{-7} \text{ ft.lbf/lbm}$$

Kerja yang diperlukan, $-W_f$;

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2.g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_f = 0 \quad (\text{Geankoplis.1983})$$

Bila :

$$W_f = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 0,0007 \text{ ft/s}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf/in}^2 = 2117,92 \text{ lbf/ft}^2$$

Maka :

$$\frac{0.0007^2 - 0}{2 \times 32.174} + \frac{32.174(3-0)}{32.174} + \frac{2117.92 - P_1}{82.8423} + 4.11 \times 10^{-7} + 0 = 0$$

$$P_1 = 2366.4539 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 2366.4539 \text{ lbf/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 16.4336 \text{ lbf/in}^2$$

Sehingga.

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{2366.453 - 2117.92}{82.8423} + 1.875 \times 10^{-8} + 3 + 8.9788 \times 10^{-7} \\ &= 6.00 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

Daya pompa, W_s ;

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho}{550} \\ &= \frac{6.00 \text{ ft.lbf/lb}_m \times 4.3941 \times 10^{-7} \text{ ft}^3/\text{s} \times 82.8423 \text{ lb}_m/\text{ft}^3}{550 \text{ ft.lbf/s.hp}} = 3.971 \times 10^{-7} \text{ hp} \end{aligned}$$

Untuk efisiensi alat 80%, maka :

$$\text{Tenaga pompa yang dibutuhkan} = \frac{3.971 \times 10^{-7}}{0.8} = 4.964 \times 10^{-7} \text{ hp} \quad (\text{Geankoplis, 1983})$$

Maka dipilih pompa yang berdaya motor 1/20 hp

LD.22 Pompa Klarifier (PU-05)

Fungsi : Memompa air dari klarifier ke tangki filtrasi

Jenis : Pompa *sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

$P = 1 \text{ atm}$

Temperatur = $30 \text{ }^\circ\text{C}$

Laju alir massa (F) = $1489,5498 \text{ kg/jam} = 0,9121 \text{ lb}_m/\text{s}$

Densitas (ρ) = $995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$

Viskositas (μ) = $0,8007 \text{ cP} = 0,0005 \text{ lb}_m/\text{ft.s}$

Laju alir volumetrik, $Q = \frac{F}{\rho} = \frac{0.9121 \text{ lb}_m/\text{sec}}{62.1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} = 0.0146 \text{ ft}^3/\text{s}$

Desain pompa :

$$\begin{aligned} D_{i,opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} && \text{(Walas,1988)} \\ &= 3,9 (0,0146)^{0,45} (62,1258)^{0,13} \\ &= 0,9981 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *commercial steel* :

Ukuran nominal	: 1 in
<i>Schedule number</i>	: 40
Diameter Dalam (ID)	: 1,049 in = 0,0874 ft
Diameter Luar (OD)	: 1,315 in = 0,1095 ft
<i>Inside sectional area</i>	: 0,006 ft ²
Kecepatan linear. $v = Q/A$	$= \frac{0,0146 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,006 \text{ ft}^2} = 1,411 \text{ ft/s}$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold : } N_{Re} &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{(62,1585 \text{ lbm/ft}^3)(1,411 \text{ ft/s})(0,0874 \text{ ft})}{0,0005 \text{ lbm/ft.s}} \\ &= 20.172,958 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\varepsilon = 0,000046$ (Geankoplis, 1997)

Pada $N_{Re} = 20.172,958$ dan $\varepsilon/D = 0,0004$

Dari Fig.2.10-3 Geankoplis (1997), diperoleh harga $f = 0,006$

Friction loss :

$$\begin{aligned} 1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c &= 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0,55(1-0) \frac{1,411^2}{2(1)(32,174)} \\ &= 0,01701 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$2 \text{ elbow } 90^\circ: h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 2(0,75) \frac{1,411^2}{2(32,174)} = 0,0464 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2,0) \frac{1,411^2}{2(1)(32,174)} = 0,0618 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus } 70 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0,006) \frac{(70)(1,411)^2}{(0,1149)2.(32,174)} = 0,4520 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit} = h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{v^2}{2 \alpha \cdot g_c} = (1 - 0) \frac{1.411^2}{2(1)(32.174)} = 0.030 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Total friction loss : $\sum F = 0,6082 \text{ ft.lbf/lbm}$

Kerja yang diperlukan, $-W_f$;

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_f = 0 \quad (\text{Geankoplis.1983})$$

Bila :

$$W_f = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 1,411 \text{ ft/s}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf/in}^2 = 2117,92 \text{ lbf/ft}^2$$

Maka :

$$\frac{1.411^2 - 0}{2 \times 32.174} + \frac{32.174(3 - 0)}{32.174} + \frac{2117.92 - P_1}{62.16} + 0.6082 + 0 = 0$$

$$P_1 = 2344.1338 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 2344.1338 \text{ lbf/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 16.2787 \text{ lbf/in}^2$$

Sehingga.

$$-W_f = \frac{2344.1338 - 2117.92}{62.16} + 0.0308 + 3 + 0.6082$$

$$= 7.2787 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Daya pompa, W_s ;

$$W_s = \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho}{550}$$

$$= \frac{7.2787 \text{ ft.lbf/lbm} \times 0.0146 \text{ ft}^3/\text{s} \times 62.16 \text{ lbm/ft}^3}{550 \text{ ft.lbf/s.hp}} = 0.01207 \text{ hp}$$

Untuk efisiensi alat 80%, maka :

$$\text{Tenaga pompa yang dibutuhkan} = \frac{0,01207}{0,8} = 0,0150 \text{ hp} \quad (\text{Geankoplis, 1983})$$

0,8

Maka dipilih pompa yang berdaya motor 0,05 hp

LD.23 Pompa Sand Filter (PU-06)

Fungsi : Memompa air dari tangki filtrasi ke tangki utilitas TU-01

Jenis : Pompa *sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

$P = 1 \text{ atm}$

Temperatur = $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Laju alir massa (F) = $1489,5498 \text{ kg/jam} = 0,9121 \text{ lbm/s}$

Densitas (ρ) = $995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,1258 \text{ lbm/ft}^3$

Viskositas (μ) = $0,8007 \text{ cP} = 0,0005 \text{ lbm/ft.s}$

Laju alir volumetrik. $Q = \frac{F}{\rho} = \frac{0,9121 \text{ lb}_m/\text{sec}}{62,1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} = 0,0146 \text{ ft}^3/\text{s}$

Desain pompa :

$$D_{i,opt} = 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \quad (\text{Walas, 1988})$$

$$= 3,9 (0,0146)^{0,45} (62,1258)^{0,13}$$

$$= 0,9981 \text{ in}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *commercial steel* :

Ukuran nominal : 1 in

Schedule number : 40

Diameter Dalam (ID) : 1,049 in = 0,0874 ft

Diameter Luar (OD) : 1,315 in = 0,1095 ft

Inside sectional area : $0,006 \text{ ft}^2$

$$\text{Kecepatan linear. } v = Q/A = \frac{0.0146 \text{ ft}^3/\text{s}}{0.006 \text{ ft}^2} = 1.411 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold : } N_{Re} &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{(62.1585 \text{ lbm/ft}^3)(1.411 \text{ ft/s})(0.0874 \text{ ft})}{0.0005 \text{ lbm/ft.s}} \\ &= 20.172.958 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\epsilon = 0,000046$ (Geankoplis, 1997)

Pada $N_{Re} = 20.172,958$ dan $\epsilon/D = 0,0004$

Dari Fig.2.10-3 Geankoplis (1997), diperoleh harga $f = 0,006$

Friction loss :

$$\begin{aligned} 1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c &= 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55(1-0) \frac{1.411^2}{2(1)(32.174)} \\ &= 0.01701 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$2 \text{ elbow } 90^\circ: h_f = n.Kf \frac{v^2}{2.g_c} = 2(0.75) \frac{1.411^2}{2(32.174)} = 0.0464 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = n.Kf \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2.0) \frac{1.411^2}{2(1)(32.174)} = 0.0618 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus } 70 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0.006) \frac{(70 \text{ ft})(1.411^2)}{(0.1149)(2.(32.174))} = 0.4520 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit} = h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \frac{v^2}{2.\alpha.g_c} = (1-0) \frac{1.411^2}{2(1)(32.174)} = 0.030 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Total friction loss : $\sum F = 0,6082 \text{ ft.lbf/lbm}$

Kerja yang diperlukan, $-Wf$;

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2.g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + Wf = 0 \quad (\text{Geankoplis.1983})$$

Bila :

$$Wf = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 1,411 \text{ ft/s}$$

$$\text{Viskositas } (\mu) = 0,8007 \text{ cP} = 0,0005 \text{ lbm/ft.s}$$

$$\text{Laju alir volumetrik. } Q = \frac{F}{\rho} = \frac{0.267 \text{ lb}_m/\text{sec}}{62.1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} = 0.004 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Desain pompa :

$$\begin{aligned} Di_{opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} && (\text{Walas,1988}) \\ &= 3,9 (0,004)^{0,45} (62,1258)^{0,13} \\ &= 0,5746 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *commercial steel* :

Ukuran nominal	: 0,75 in
<i>Schedule number</i>	: 40
Diameter Dalam (ID)	: 0,824 in = 0,0686 ft
Diameter Luar (OD)	: 1,050 in = 0,0874 ft
<i>Inside sectional area</i>	: 0,00371 ft ²

$$\text{Kecepatan linear. } v = Q/A = \frac{0.004 \text{ ft}^3/\text{s}}{0.00371 \text{ ft}^2} = 1.159 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold : } N_{Re} &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{(62.1585 \text{ lbm ft}^3)(1.159 \text{ ft/s})(0.0686 \text{ ft})}{0.0005 \text{ lbm.ft.s}} \\ &= 9.201.7241 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\epsilon = 0,000046$ (Geankoplis, 1997)

Pada $N_{Re} = 9.201,7241$ dan $\epsilon/D = 0,000887$

Dari Fig.2.10-3 Geankoplis (1997), diperoleh harga $f = 0,0085$

Friction loss :

$$1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c = 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55 (1 - 0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.0114 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 3(0.75) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.04704 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2.0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.0418 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus } 50 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L v^2}{D.2.g_c} = 4(0.0085) \frac{(50)(1.159)^2}{(0.2957)2.(32.174)} = 0.517 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit} = h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right) \frac{v^2}{2.\alpha.g_c} = (1 - 0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.021 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friction loss : } \sum F = 0.6389 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Kerja yang diperlukan, $-W_f$;

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2.g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_f = 0 \quad (\text{Geankoplis.1983})$$

Bila :

$$W_f = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 1,0686 \text{ ft/s}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf/in}^2 = 2117,92 \text{ lbf/ft}^2$$

Maka :

$$\frac{1.159^2 - 0}{2 \times 32.174} + \frac{32.174(3 - 0)}{32.174} + \frac{2117.92 - P_1}{62.1258} + 0.6389 + 0 = 0$$

$$P_1 = 2345.4165 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 2345.4165 \text{ lbf/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 16.3061 \text{ lbf/in}^2$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{2345.4165 - 2117.92}{62.1258} + 0.021 + 3 + 0.6389 \\ &= 7.3196 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

Daya pompa, W_s ;

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho}{550} \\ &= \frac{7.3196 \text{ ft.lbf/lb}_m \times 0.0022 \text{ ft}^3/\text{s} \times 62.1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3}{550 \text{ ft.lbf/s.hp}} = 0.00356 \text{ hp} \end{aligned}$$

Untuk efisiensi alat 80%, maka :

$$\text{Tenaga pompa yang dibutuhkan} = \frac{0.00356}{0.8} = 0.00445 \text{ hp}$$

Maka dipilih pompa yang berdaya motor 0,05 hp

LD.25 Pompa Utilitas (PU-08)

Fungsi : Memompa air dari tangki utilitas TU-01 ke *cooling tower*

Jenis : Pompa *sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

$P = 1 \text{ atm}$

Temperatur = $30 \text{ }^\circ\text{C}$

Laju alir massa (F) = $436,8142 \text{ kg/jam}$ = $0,267 \text{ lb}_m/\text{detik}$

Densitas (ρ) = $995,68 \text{ kg/m}^3$ = $62,1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$

Viskositas (μ) = $0,8007 \text{ cP}$ = $0,0005 \text{ lb}_m/\text{ft.s}$

$$\text{Laju alir volumetrik. } Q = \frac{F}{\rho} = \frac{0.267 \text{ lb}_m/\text{sec}}{62.1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} = 0.004 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Desain pompa :

$$\begin{aligned} D_{i,opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} && \text{(Walas,1988)} \\ &= 3,9 (0,004)^{0,45} (62,1258)^{0,13} \\ &= 0,5746 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *commercial steel* :

Ukuran nominal	: 0,75 in
<i>Schedule number</i>	: 40
Diameter Dalam (ID)	: 0,824 in = 0,0686 ft
Diameter Luar (OD)	: 1,050 in = 0,0874 ft
<i>Inside sectional area</i>	: 0,00371 ft ²

$$\text{Kecepatan linear. } v = Q/A = \frac{0,004 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,00371 \text{ ft}^2} = 1,159 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold : } N_{Re} &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{(62,1585 \text{ lbm/ft}^3)(1,159 \text{ ft/s})(0,0686 \text{ ft})}{0,0005 \text{ lbm/ft}\cdot\text{s}} \\ &= 9.201,7241 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\epsilon = 0,000046$ (Geankoplis, 1997)

Pada $N_{Re} = 9.201,7241$ dan $\epsilon/D = 0,000887$

Dari Fig.2.10-3 Geankoplis (1997), diperoleh harga $f = 0,0085$

Friction loss :

$$1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c = 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55(1-0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.0114 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 3(0.75) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.04704 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2.0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.0418 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus } 50 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0.0085) \frac{(50)(1.159)^2}{(0.2957)2.(32.174)} = 0.517 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit} = h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \frac{v^2}{2.\alpha.g_c} = (1-0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.021 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friction loss : } \sum F = 0.6389 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Kerja yang diperlukan, -Wf ;

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2.g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + Wf = 0 \quad (\text{Geankoplis.1983})$$

Bila :

$$Wf = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 1,0686 \text{ ft/s}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf/in}^2 = 2117,92 \text{ lbf/ft}^2$$

Maka :

$$\frac{1.159^2 - 0}{2 \times 32.174} + \frac{32.174(3-0)}{32.174} + \frac{2117.92 - P_1}{62.1258} + 0.6389 + 0 = 0$$

$$P_1 = 2345.4165 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 2345.4165 \text{ lbf/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 16.3061 \text{ lbf/in}^2$$

Sehingga.

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{2345.4165 - 2117.92}{62.1258} + 0.021 + 3 + 0.6389 \\ &= 7.3196 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

Daya pompa, W_s ;

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho}{550} \\ &= \frac{7.3196 \text{ ft.lbf/lb}_m \times 0.0022 \text{ ft}^3/\text{s} \times 62.1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3}{550 \text{ ft.lbf/s.hp}} = 0.00356 \text{ hp} \end{aligned}$$

Untuk efisiensi alat 80%, maka :

$$\text{Tenaga pompa yang dibutuhkan} = \frac{0.00356}{0.8} = 0.00445 \text{ hp}$$

Maka dipilih pompa yang berdaya motor 0,05 hp

LD.26 Pompa Utilitas (PU-09)

Fungsi : Memompa air dari tangki utilitas TU-01 ke tangki utilitas TU-02

Jenis : Pompa *sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

$$\bar{P} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Temperatur} = 30^\circ\text{C}$$

$$\text{Laju alir massa (F)} = 904 \text{ kg/jam} = 0.55359 \text{ lbm/s}$$

$$\text{Densitas } (\rho) = 995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,1258 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\text{Viskositas } (\mu) = 0,8007 \text{ cP} = 0,0005 \text{ lbm/ft.s}$$

$$\text{Laju alir volumetrik. } Q = \frac{F}{\rho} = \frac{0.55359 \text{ lb}_m/\text{sec}}{62.1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} = 0.0089 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Desain pompa :

$$\begin{aligned} D_{i,\text{opt}} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} && (\text{Walas,1988}) \\ &= 3,9 (0,0089)^{0,45} (62,1258)^{0,13} \\ &= 0,7956 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *commercial steel* :

Ukuran nominal	: 1 in
Schedule number	: 40
Diameter Dalam (ID)	: 1,049 in = 0,0874 ft
Diameter Luar (OD)	: 1,315 in = 0,1096ft
Inside sectional area	: 0,006 ft ²

$$\text{Kecepatan linear. } v = Q/A = \frac{0.0089 \text{ ft}^3/\text{s}}{0.006 \text{ ft}^2} = 1.4843 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold : } N_{Re} &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{(62.1585 \text{ lbm}/\text{ft}^3)(1.4843 \text{ ft/s})(0.0874 \text{ ft})}{0.0005 \text{ lbm}/\text{ft}\cdot\text{s}} \\ &= 14990,3492 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\epsilon = 0,000046$ (Geankoplis, 1997)

Pada $N_{Re} = 14990,3492$ dan $\epsilon/D = 0,00046$

Dari Fig.2.10-3 Geankoplis (1997), diperoleh harga $f = 0,0055$

Friction loss :

$$\begin{aligned} 1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c &= 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55 (1 - 0) \frac{1.4843^2}{2(1)(32.174)} \\ &= 0.01883 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$1 \text{ elbow } 90^\circ = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(0.75) \frac{1.4843^2}{2(1)(32.174)} = 0.0256 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2.0) \frac{1.4843^2}{2(1)(32.174)} = 0.0684 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus } 60 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g_c} = 4(0.0055) \frac{(60)(1.4843)^2}{(0.0874)2(32.174)} = 0.1292$$

ft.lbf/lbm

Total *friction loss* : $\sum F = 0,2764 \text{ ft.lbf/lbm}$

Kerja yang diperlukan, $-W_f$;

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_f = 0 \quad (\text{Geankoplis.1983})$$

Bila :

$$W_f = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 1,4778 \text{ ft/s}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf/in}^2 = 2117,92 \text{ lbf/ft}^2$$

Maka :

$$\frac{1.4778^2 - 0}{2 \times 32.174} + \frac{32.174(3-0)}{32.174} - \frac{2117.92 - P_2}{62.1258} + 0.2764 + 0 = 0$$

$$P_2 = 2323.7154 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 2323.7154 \text{ lbf/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 16.1369 \text{ lbf/in}^2$$

Sehingga.

$$-W_f = \frac{2323.7154 - 2117.92}{62.1258} + 0.0342 + 3 + 0.2764$$

$$= 6.6214 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Daya pompa, W_s ;

$$W_s = \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho}{550}$$

$$= \frac{2323.7154 \text{ ft.lbf/lbm} \times 0.0089 \text{ ft}^3/\text{s} \times 62.1258 \text{ lbm/ft}^3}{550 \text{ ft.lbf/s.hp}} = 0.00664 \text{ hp}$$

Untuk efisiensi alat 80%, maka :

$$\text{Tenaga pompa yang dibutuhkan} = \frac{0.00664}{0.8} = 0.00833 \text{ hp} \quad (\text{Geankoplis. 1983})$$

Maka dipilih pompa yang berdaya motor 0,05 hp

LD.27 Pompa H₂SO₄ (PU-10)

Fungsi : Memompa H₂SO₄ dari tangki H₂SO₄ ke tangki kation

Jenis : Pompa *sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

P = 1 atm

Temperatur = 30 °C

Laju alir massa (F) = 0,1355 kg/jam = $8,299 \cdot 10^{-5}$ lbm/s

Densitas H₂SO₄ (ρ) = 1061,7 kg/m³ = 66,2801 lbm/ft³ (Othmer, 1967)

Viskositas H₂SO₄ (μ) = 5,2 cP = 0,012 lbm/ft.s (Othmer, 1967)

Laju alir volumetrik. $Q = \frac{F}{\rho} = \frac{8,299 \cdot 10^{-5} \text{ lb}_m/\text{sec}}{66,2801 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} = 1,2521 \cdot 10^{-6} \text{ ft}^3/\text{s}$

Desain pompa :

Asumsi aliran laminar

$$D_{i,opt} = 3,9 (Q)^{0,36} (\rho)^{0,18} \quad (\text{Walas, 1988})$$

$$= 3,9 (1,2521 \cdot 10^{-6})^{0,36} (66,2801)^{0,18}$$

$$= 0,0111 \text{ in}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *commercial steel* :

Ukuran nominal : 0,125 in

Schedule number : 40

Diameter Dalam (ID) : 0,269 in = 0,0224 ft

Diameter Luar (OD) : 0,405 in = 0,0338 ft

Inside sectional area : 0,0004 ft²

Kecepatan linear. $v = Q/A = \frac{1,2521 \cdot 10^{-6} \text{ ft}^3/\text{s}}{0,0004 \text{ ft}^2} = 0,0031 \text{ ft/s}$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold : } N_{Re} &= \frac{\rho \times v \times D}{\mu} \\ &= \frac{(66.2801 \text{ lbm/ft}^3)(0.0031 \text{ ft/s})(0.0224 \text{ ft})}{0.0035 \text{ lbm/ft.s}} \\ &= 576.819 \text{ (Laminar)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk laminar, } f &= \frac{16}{N_{Re}} && \text{(Geankoplis, 1997)} \\ &= \frac{16}{576.819} = 0.0277 \end{aligned}$$

Friction loss :

$$\begin{aligned} 1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c &= 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55(1-0) \frac{0.0031^2}{2(1)(32.174)} \\ &= 8.376 \cdot 10^{-8} \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = h_f = n \cdot K_f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g_c} = 3(0.75) \frac{0.0031^2}{2(1)(32.174)} = 3.426 \cdot 10^{-7} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = n \cdot K_f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g_c} = 1(2.0) \frac{0.0031^2}{2(1)(32.174)} = 3.045 \cdot 10^{-7} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\begin{aligned} \text{Pipa lurus } 20 \text{ ft} = F_f &= 4f \frac{\Delta L v^2}{D \cdot 2 \cdot g_c} = 4(0.0277) \frac{(20)(0.0031)^2}{(0.0224) \cdot 2 \cdot (32.174)} = 1.505 \cdot 10^{-5} \\ &\text{ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$1 \text{ Sharpedge exit} = h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \frac{v^2}{2 \cdot \alpha \cdot g_c} = (1-0) \frac{0.0031^2}{2(1)(32.174)} = 1.522 \cdot 10^{-7} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friction loss : } \sum F = 1,593 \cdot 10^{-5} \text{ ft.lbf/lbm}$$

Kerja yang diperlukan, -Wf ;

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + Wf = 0 \quad \text{(Geankoplis, 1983)}$$

Bila :

$$Wf = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 0,0031 \text{ ft/s}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf/in}^2 = 2117,92 \text{ lbf/ft}^2$$

Maka :

$$\frac{0,0031-0}{2 \times 32,174} + \frac{32,174(3-0)}{32,174} + \frac{2117,92-P_1}{66,2801} + 1,593 \cdot 10^{-5} + 0 = 0$$

$$P_1 = 2316,766 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 2316,766 \text{ lbf/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 16,088 \text{ lbf/in}^2$$

Sehingga,

$$-W_f = \frac{2316,766 - 2117,92}{66,2801} + 1,5229 \cdot 10^{-5} + 3 + 1,593 \cdot 10^{-6}$$

$$= 6,000 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

Daya pompa, W_s ;

$$W_s = \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho}{550}$$

$$= \frac{6,000 \text{ ft.lbf/lb}_m \times 6,5612 \cdot 10^{-7} \text{ ft}^3/\text{s} \times 66,2801 \text{ lb}_m/\text{ft}^3}{550 \text{ ft.lbf/s.hp}} = 9,054 \cdot 10^{-7} \text{ hp}$$

Untuk efisiensi alat 80%, maka :

$$\text{Tenaga pompa yang dibutuhkan} = \frac{9,054 \cdot 10^{-7}}{0,8} = 1,1317 \cdot 10^{-7} \text{ hp (Geankoplis, 1983)}$$

Maka dipilih pompa yang berdaya motor 0,05 hp

LD.28 Pompa Kation (PU-11)

Fungsi : Memompa air dari tangki kation ke tangki anion

Jenis : Pompa *sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Tekanan = 1 atm

Temperatur = 30 °C

Laju alir massa (F) = 436,8142 kg/jam = 0,267 lb_m/detik

Densitas (ρ) = 995,68 kg/m³ = 62,1258 lb_m/ft³

Viskositas (μ) = 0,8007 cP = 0,0005 lb_m/ft.s

Laju alir volumetrik,

$$Q = \frac{F}{\rho} = \frac{0.267 \text{ lb}_m/\text{sec}}{62.1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} = 0.004 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Desain pompa :

$$\begin{aligned} D_{i,opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} && \text{(Walas,1988)} \\ &= 3,9 (0,004)^{0,45} (62,1258)^{0,13} \\ &= 0,5746 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *commercial steel* :

Ukuran nominal : 0,75 in
Schedule number : 40
 Diameter Dalam (ID) : 0,824 in = 0,0686 ft
 Diameter Luar (OD) : 1,050 in = 0,0874 ft
Inside sectional area : 0,00371 ft²

$$\text{Kecepatan linear. } v = Q/A = \frac{0.004 \text{ ft}^3/\text{s}}{0.00371 \text{ ft}^2} = 1.159 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold : } N_{Re} &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{(62.1585 \text{ lb}_m/\text{ft}^3)(1.159 \text{ ft/s})(0.0686 \text{ ft})}{0.0005 \text{ lb}_m/\text{ft.s}} \\ &= 9.201.7241 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga ε = 0,000046 (Geankoplis, 1997)

Pada N_{Re} = 9.201,7241 dan ε/D = 0,000887

Dari Fig.2.10-3 Geankoplis (1997), diperoleh harga f = 0,0085

Friction loss :

$$1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c = 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55 (1 - 0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.0114 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 3(0.75) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.04704 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2.0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.0418 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus } 50 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0.0085) \frac{(50)(1.159)^2}{(0.295712)(32.174)} = 0.517 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit} = h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \frac{v^2}{2.\alpha.g_c} = (1 - 0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.021 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friction loss : } \sum F = 0,6389 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Kerja yang diperlukan, -Wf ;

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2.g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} - \sum F + Wf = 0 \quad (\text{Geankoplis.1983})$$

Bila :

$$Wf = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 1,0686 \text{ ft/s}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf/in}^2 = 2117,92 \text{ lbf/ft}^2$$

Maka :

$$\frac{1.159^2 - 0}{2 \times 32.174} + \frac{32.174(3 - 0)}{32.174} + \frac{2117.92 - P_1}{62.1258} + 0.6389 + 0 = 0$$

$$P_1 = 2345.4165 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 2345.4165 \text{ lbf/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 16.3061 \text{ lbf/in}^2$$

Sehingga,

$$-W_f = \frac{2345.4165 - 2117.92}{62.1258} + 0.021 + 3 + 0.6389$$

$$= 7.3196 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

Daya pompa, W_s ;

$$W_s = \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho}{550}$$

$$= \frac{7.3196 \text{ ft.lbf/lb}_m \times 0.0022 \text{ ft}^3/\text{s} \times 62.1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3}{550 \text{ ft.lbf/s.hp}} = 0.00356 \text{ hp}$$

Untuk efisiensi alat 80%, maka :

$$\text{Tenaga pompa yang dibutuhkan} = \frac{0.00356}{0.8} = 0.00445 \text{ hp} \quad (\text{Geankoplis, 1983})$$

Maka dipilih pompa yang berdaya motor 0,05 hp

LD.29 Pompa NaOH (PU-12)

Fungsi : Memompa NaOH dari tangki NaOH ke tangki anion

Jenis : Pompa *sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

$P = 1 \text{ atm}$

Temperatur = $30 \text{ }^\circ\text{C}$

Laju alir massa (F) = $0,0479 \text{ kg/jam} = 2,9378 \cdot 10^{-5} \text{ lb}_m/\text{s}$

Densitas NaOH (ρ) = $1518 \text{ kg/m}^3 = 94,7662 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$ (Othmer, 1967)

Viskositas NaOH (μ) = $0,00043 \text{ cP} = 2,8909 \cdot 10^{-7} \text{ lb}_m/\text{ft.s}$ (Othmer, 1967)

$$\text{Laju alir volumetrik. } Q = \frac{F}{\rho} = \frac{2.9378 \cdot 10^{-5} \text{ lb}_m/\text{sec}}{94.7662 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} = 3.0999 \times 10^{-7} \text{ ft}^3/\text{s}$$

Desain pompa :

$$\begin{aligned} D_{i,\text{opt}} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} && \text{(Walas,1988)} \\ &= 3,9 (3,0999 \times 10^{-7})^{0,45} (94,7662)^{0,13} \\ &= 0,0083 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *commercial steel* :

Ukuran nominal	: 0,125 in
Schedule number	: 40
Diameter Dalam (ID)	: 0,269 in = 0,0224 ft
Diameter Luar (OD)	: 0,405 in = 0,0338 ft
Inside sectional area	: 0,0004 ft ²

$$\text{Kecepatan linear. } v = Q/A = \frac{3.0999 \times 10^{-7} \text{ ft}^3/\text{s}}{0.0004 \text{ ft}^2} = 0.0007 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold : } N_{Re} &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{(94.7662 \text{ lb}_m/\text{ft}^3)(0.0007 \text{ ft/s})(0.0224 \text{ ft})}{2.8909 \cdot 10^{-7} \text{ lb}_m/\text{ft}\cdot\text{s}} \\ &= 5.695.20838 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\varepsilon = 0,000046$ (Geankoplis, 1997)

Pada $N_{Re} = 2.984,1922$ dan $\varepsilon/D = 0,00205$

Dari Fig.2.10-3 Geankoplis (1997), diperoleh harga $f = 0,011$

Friction loss :

$$1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c = 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55(1-0) \frac{0.0004^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 1.409 \times 10^{-9} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 3(0.75) \frac{0.0004^2}{2(1)(32.174)} = 5.7660 \times 10^{-9} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2.0) \frac{0.0004^2}{2(1)(32.174)} = 5.1253 \times 10^{-9} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus } 20 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0.015) \frac{(20)(0.0004)^2}{(0.0224).2.(32.174)} = 1.37.10^{-7}$$

$$\text{ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit } h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \frac{v^2}{2.\alpha.g_c} = (1-0) \frac{0.0004^2}{2(1)(32.174)} = 2.562 \times 10^{-8}$$

$$\text{ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friction loss : } \sum F = 1,5205.10^{-7} \text{ ft.lbf/lbm}$$

Kerja yang diperlukan, -Wf ;

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2.g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + Wf = 0 \quad (\text{Geankoplis, 1983})$$

Bila :

$$Wf = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 0,0004 \text{ ft/s}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf/in}^2 = 2117,92 \text{ lbf/ft}^2$$

Maka :

$$\frac{0.0004^2 - 0}{2 \times 32.174} + \frac{32.174(3-0)}{32.174} + \frac{2117.92 - P_1}{94.7662} + 1.5205.10^{-7} + 0 = 0$$

$$P_1 = 2402.226 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 2402.226 \text{ lbf/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 16.682 \text{ lbf/in}^2$$

Sehingga.

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{2402.226 - 2117.92}{94.7662} + 2.562 \times 10^{-9} + 3 + 1.5205 \cdot 10^{-7} \\ &= 6.000 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

Daya pompa, W_s ;

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho}{550} \\ &= \frac{6.000 \text{ ft.lbf/lb}_m \times 1.6243 \times 10^{-7} \text{ ft}^3/\text{s} \times 94.7662 \text{ lb}_m/\text{ft}^3}{550 \text{ ft.lbf/s.hp}} = 1.6793 \cdot 10^{-7} \text{ hp} \end{aligned}$$

Untuk efisiensi alat 80%, maka :

$$\text{Tenaga pompa yang dibutuhkan} = \frac{1.6793 \cdot 10^{-7}}{0.8} = 2.0991 \cdot 10^{-7} \text{ hp} \quad (\text{Geankoplis, 1983})$$

Maka dipilih pompa yang berdaya motor 0,05 hp

LD.30 Pompa Kaporit (PU-13)

Fungsi : Memompa kaporit dari tangki kaporit ke tangki utilitas TU-02

Jenis : Pompa *sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

$P = 1 \text{ atm}$

Temperatur = $30 \text{ }^\circ\text{C}$

Laju alir massa (F) = $0,00258 \text{ kg/jam} = 1,5817 \cdot 10^{-6} \text{ lb}_m/\text{s}$

Densitas kaporit (ρ) = $1272 \text{ kg/m}^3 = 79,4088 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$ (Othmer, 1967)

Viskositas kaporit (μ) = $6,7197 \cdot 10^{-4} \text{ cP} = 4,5156 \cdot 10^{-7} \text{ lb}_m/\text{ft.s}$ (Othmer, 1967)

$$\text{Laju alir volumetrik. } Q = \frac{F}{\rho} = \frac{1.5817 \cdot 10^{-6} \text{ lb}_m/\text{sec}}{79.4088 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} = 1.991 \cdot 10^{-8} \text{ ft}^3/\text{s}$$

Desain pompa :

$$D_{i,opt} = 3,9 (Q)^{0,36} (\rho)^{0,18} \quad (\text{Walas, 1988})$$

$$= 3,9 (1,991 \cdot 10^{-8})^{0,36} (6,7197 \cdot 10^{-4})^{0,18}$$

$$= 0,0023 \text{ in}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *commercial steel* :

Ukuran nominal	: 0,125 in	
<i>Schedule number</i>	: 40	
Diameter Dalam (ID)	: 0,269 in	= 0,0224 ft
Diameter Luar (OD)	: 0,405 in	= 0,0338 ft
<i>Inside sectional area</i>	: 0,0004 ft ²	

$$\text{Kecepatan linear. } v = Q/A = \frac{1,991 \cdot 10^{-8} \text{ ft}^3/\text{s}}{0,0004 \text{ ft}^2} = 4,9794 \cdot 10^{-5} \text{ ft/s}$$

$$\text{Bilangan Reynold : } N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$= \frac{(79,4088 \text{ lbm/ft}^3)(4,9794 \cdot 10^{-5} \text{ ft/s})(0,0224 \text{ ft})}{4,5156 \cdot 10^{-7} \text{ lbm/ft}\cdot\text{s}}$$

$$= 196,3051 \text{ (Laminar)}$$

$$\text{Untuk laminar. } f = \frac{16}{N_{Re}} \quad (\text{Geankoplis, 1997})$$

$$= \frac{16}{196,3051}$$

$$= 0,0815$$

Friction loss :

$$1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c = 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0,55 (1 - 0) \frac{(4,9794 \cdot 10^{-5})^2}{2(1)(32,174)}$$

$$= 2.1193.10^{-11} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ elbow } 90^\circ = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(0.75) \frac{(4.9794.10^{-5})^2}{2(1)(32.174)} = 2.8899.10^{-11} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2.0) \frac{(4.9794.10^{-5})^2}{2(1)(32.174)} = 7.7066.10^{-11} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipalurus } 20\text{ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0.0819) \frac{(20)(4.9794.10^{-5})^2}{(0.0224)2.(32.174)} = 1.120.10^{-8} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit} = h_{ex} = \left| 1 - \frac{A_1}{A_2} \right|^2 \frac{v^2}{2.g_c} = (1-0) \frac{(4.9794.10^{-5})^2}{2(1)(32.174)} = 3.853.10^{-11} \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friction loss : } \sum F = 1.1373.10^{-8} \text{ ft.lbf/lbm}$$

Kerja yang diperlukan, $-W_f$;

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2.g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_f = 0 \quad (\text{Geankoplis.1983})$$

Bila :

$$W_f = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 4.9794.10^{-5} \text{ ft/s}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf/in}^2 = 2117,92 \text{ lbf/ft}^2$$

Maka :

$$\frac{(4.9794 \times 10^{-5})^2 - 0}{2 \times 32.174} + \frac{32.174(3-0)}{32.174} + \frac{2117.92 - P_1}{79.4088} + 1.1373 \times 10^{-8} + 0 = 0$$

$$P_1 = 2356.1464 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 2356.1464 \text{ lbf/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 16.3621 \text{ lbf/in}^2$$

Sehingga,

$$-W_f = \frac{2356.1464 - 2117.92}{79.4088} + 3.8533 \times 10^{-11} + 3 + 1.1373 \times 10^{-8}$$

$$= 6.00 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

Daya pompa, W_s ;

$$W_s = \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho}{550}$$

$$= \frac{6.00 \text{ ft.lbf/lb}_m \times 1.991.10^{-8} \text{ ft}^3/\text{s} \times 79.4088 \text{ lb}_m/\text{ft}^3}{550 \text{ ft.lbf/s.hp}} = 1.7254 \times 10^{-8} \text{ hp}$$

Untuk efisiensi alat 80%, maka :

$$\text{Tenaga pompa yang dibutuhkan} = \frac{1.7254 \times 10^{-8}}{0.8} = 2.1568 \times 10^{-8} \text{ hp (Geankoplis, 1983)}$$

Maka dipilih pompa yang berdaya motor 0,05 hp

LD.31 Pompa Utilitas (PU-14)

Fungsi : Memompa air dari tangki utilitas TU-01 ke distribusi domestik

Jenis : Pompa *sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

$P = 1 \text{ atm}$

Temperatur = $30 \text{ }^\circ\text{C}$

Laju alir massa (F) = $904 \text{ kg/jam} = 0,55359 \text{ lb}_m/\text{s}$

Densitas (ρ) = $995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$

Viskositas (μ) = $0,8007 \text{ cP} = 0,0005 \text{ lb}_m/\text{ft.s}$

$$\text{Laju alir volumetrik. } Q = \frac{F}{\rho} = \frac{0.55359 \text{ lb}_m/\text{sec}}{62.1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} = 0.0089 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Desain pompa :

$$D_{i,opt} = 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \quad (\text{Walas, 1988})$$

$$= 3,9 (0,0089)^{0,45} (62,1258)^{0,13}$$

$$= 0,7956 \text{ in}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *commercial steel* :

Ukuran nominal	: 1 in	
<i>Schedule number</i>	: 40	
Diameter Dalam (ID)	: 1,049 in	= 0,0874 ft
Diameter Luar (OD)	: 1,315 in	= 0,1096ft
<i>Inside sectional area</i>	: 0,006 ft ²	

$$\text{Kecepatan linear. } v = Q/A = \frac{0.0089 \text{ ft}^3/\text{s}}{0.006 \text{ ft}^2} = 1.4843 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold : } N_{Re} &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{(62.1585 \text{ lbm/ft}^3)(1.4843 \text{ ft/s})(0.0874 \text{ ft})}{0.0005 \text{ lbm/ft.s}} \\ &= 14990.3492 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\varepsilon = 0,000046$ (Geankoplis, 1997)

Pada $N_{Re} = 14990,3492$ dan $\varepsilon/D = 0,0005$

Dari Fig.2.10-3 Geankoplis (1997), diperoleh harga $f = 0,0055$

Friction loss :

$$\begin{aligned} \text{1 Sharp edge entrance} = h_c &= 0.55 \left[1 - \frac{A_2}{A_1} \left(\frac{v^2}{2\alpha} \right) \right] = 0.55 (1 - 0) \frac{1.4843^2}{2(1)(32.174)} \\ &= 0.0188 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\text{1 check valve} = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2.0) \frac{1.4843^2}{2(1)(32.174)} = 0.0684 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus 120 ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0.0055) \frac{(120)(1.4843)^2}{(0.0874).2.(32.174)} = 13.1604$$

ft.lbf/lbm

Total friction loss : $\sum F = 13,2820 \text{ ft.lbf/lbm}$

Kerja yang diperlukan, -Wf ;

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_f = 0 \quad (\text{Geankoplis.1983})$$

Bila :

$$W_f = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 1,4843 \text{ ft/s}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf/in}^2 = 2117,92 \text{ lbf/ft}^2$$

Maka :

$$\frac{1.4843^2 - 0}{2 \times 32.174} + \frac{32.174(3 - 0)}{32.174} + \frac{2117.92 - P_1}{62.1258} + 13.2820 + 0 = 0$$

$$P_1 = 3132.143 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 3132.143 \text{ lbf/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 21.7509 \text{ lbf/in}^2$$

Sehingga.

$$-W_f = \frac{3132.143 - 2117.92}{62.1258} + 0.03423 + 3 + 13.2820$$

$$= 32.6325 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

Daya pompa, W_s ;

$$W_s = \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho}{550}$$

$$= \frac{32.6325 \text{ ft.lbf/lb}_m \times 0.0089 \text{ ft}^3/\text{s} \times 62.1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3}{550 \text{ ft.lbf/s.hp}} = 0.032 \text{ hp}$$

Untuk efisiensi alat 80%, maka :

$$\text{Tenaga pompa yang dibutuhkan} = \frac{0.032}{0.8} = 0.04105 \text{ hp} \quad (\text{Geankoplis. 1983})$$

Maka dipilih pompa yang berdaya motor 0,05 hp

LD.32 Pompa Anion (PU-15)

Fungsi : Memompa air dari tangki anion ke deaerator

Jenis : Pompa *sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Temperatur} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Laju alir massa (F)} = 436,8142 \text{ kg/jam} = 0,267 \text{ lb}_m/\text{detik}$$

$$\text{Densitas } (\rho) = 995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$$

$$\text{Viskositas } (\mu) = 0,8007 \text{ cP} = 0,0005 \text{ lb}_m/\text{ft}\cdot\text{s}$$

$$\text{Laju alir volumetrik. } Q = \frac{F}{\rho} = \frac{0,267 \text{ lb}_m/\text{sec}}{62,1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} = 0,004 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Desain pompa :

$$\begin{aligned} D_{i,\text{opt}} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \quad (\text{Walas, 1988}) \\ &= 3,9 (0,004)^{0,45} (62,1258)^{0,13} \\ &= 0,5746 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *commercial steel* :

$$\text{Ukuran nominal} : 0,75 \text{ in}$$

$$\text{Schedule number} : 40$$

$$\text{Diameter Dalam (ID)} : 0,824 \text{ in} = 0,0686 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter Luar (OD)} : 1,050 \text{ in} = 0,0874 \text{ ft}$$

$$\text{Inside sectional area} : 0,00371 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan linear. } v = Q/A = \frac{0,004 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,00371 \text{ ft}^2} = 1,159 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold : } N_{Re} &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{(62,1585 \text{ lb}_m/\text{ft}^3)(1,159 \text{ ft/s})(0,0686 \text{ ft})}{0,0005 \text{ lb}_m/\text{ft}\cdot\text{s}} \\ &= 9.201.7241 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

$$\text{Untuk pipa } \textit{commercial steel}, \text{ harga } \varepsilon = 0,000046 \quad (\text{Geankoplis, 1997})$$

$$\text{Pada } N_{Re} = 9.201,7241 \text{ dan } \varepsilon/D = 0,000887$$

$$\text{Dari Fig.2.10-3 Geankoplis (1997), diperoleh harga } f = 0,0085$$

Friction loss :

$$1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c = 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55(1-0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.0114 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 3(0.75) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.04704 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2.0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.0418 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus } 50 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0.0085) \frac{(50)(1.159)^2}{(0.2957)2.(32.174)} = 0.517 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit} = h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right) \frac{v^2}{2.\alpha.g_c} = (1-0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.021 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friction loss : } \sum F = 0,6389 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Kerja yang diperlukan, $-W_f$;

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2.g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_f = 0 \quad (\text{Geankoplis, 1983})$$

Bila :

$$W_f = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 1,0686 \text{ ft/s}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf/in}^2 = 2117,92 \text{ lbf/ft}^2$$

Maka :

$$\frac{1.159^2 - 0}{2 \times 32.174} + \frac{32.174(3-0)}{32.174} + \frac{2117.92 - P_1}{62.1258} + 0.6389 + 0 = 0$$

$$P_1 = 2345.4165 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 2345.4165 \text{ lbf/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 16.3061 \text{ lbf/in}^2$$

Sehingga.

$$-W_f = \frac{2345.4165 - 2117.92}{62.1258} + 0.021 + 3 + 0.6389$$

$$= 7.3196 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Daya pompa, W_s ;

$$W_s = \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho}{550}$$

$$= \frac{7.3196 \text{ ft.lbf/lbm} \times 0.0022 \text{ ft}^3/\text{s} \times 62.1258 \text{ lbm/ft}^3}{550 \text{ ft.lbf/s.hp}} = 0.00356 \text{ hp}$$

Untuk efisiensi alat 80%, maka :

$$\text{Tenaga pompa yang dibutuhkan} = \frac{0,00356}{0,8} = 0,00445 \text{ hp}$$

Maka dipilih pompa yang berdaya motor 0,05 hp

LD.33 Pompa *Cooling Tower* (PU-16)

Fungsi : Memompa air dari *cooling tower* ke air pendingin

Jenis : Pompa *sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Tekanan = 1 atm

Temperatur = 25 °C

Laju alir massa (F) = 7.040,737 kg/jam = 4,311 lbm/s

Densitas (ρ) = 995,68 kg/m³ = 62,1258 lbm/ft³

Viskositas (μ) = 0,8007 cP = 0,0005 lbm/ft.s

Laju alir volumetrik. $Q = \frac{F}{\rho} = \frac{4.311 \text{ lb}_m/\text{sec}}{62.1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} = 0.0693 \text{ ft}^3/\text{s}$

Desain pompa :

$$D_{i,opt} = 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \quad (\text{Walas, 1988})$$

$$= 3,9 (0,0693)^{0,45} (62,1258)^{0,13}$$

$$= 2,00 \text{ in}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *commercial steel* :

Ukuran nominal : 2 in

Schedule number : 40

Diameter Dalam (ID) : 5,047 in = 0,4205 ft

Diameter Luar (OD) : 5,563 in = 0,4635 ft

Inside sectional area : 0,1390 ft²

$$\text{Kecepatan linear, } v = Q/A = \frac{0.4984 \text{ ft}^3/\text{s}}{0.1390 \text{ ft}^2} = 3.5858 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold : } N_{Re} &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{(62.1585 \text{ lbm/ft}^3)(3.5858 \text{ ft/s})(0.4205 \text{ ft})}{0.0005 \text{ lbm/ft.s}} \\ &= 174.236.0822 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\epsilon = 0,000046$ (Geankoplis, 1997)

Pada $N_{Re} = 174.236,0822$ dan $\epsilon/D = 0,0001$

Dari Fig.2.10-3 Geankoplis (1997), diperoleh harga $f = 0,0035$

Friction loss :

$$1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c = 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55(1-0) \frac{3.5858^2}{2(1)(32.174)} = 0.1099 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$2 \text{ elbow } 90^\circ = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 2(0.75) \frac{3.5858^2}{2(1)(32.174)} = 0.2997 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2.0) \frac{3.5858^2}{2(1)(32.174)} = 0.3996 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus } 150 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0.003) \frac{(150)(3.5858)^2}{(0.2058)2.(32.174)} = 0.8552$$

ft.lbf/lbm

$$1 \text{ Sharp edge exit} = h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \frac{v^2}{2.\alpha.g_c} = (1-0) \frac{3.5858^2}{2(1)(32.174)} = 0.1998$$

ft.lbf/lbm

Total friction loss : $\sum F = 1,8643 \text{ ft.lbf/lbm}$

Kerja yang diperlukan, -Wf ;

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2.g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + Wf = 0 \quad (\text{Geankoplis.1983})$$

Bila :

$$W_f = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 3,5858 \text{ ft/s}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf/in}^2 = 2117,92 \text{ lbf/ft}^2$$

Maka :

$$\frac{3,5858^2 - 0}{2 \times 32,174} + \frac{32,174(3 - 0)}{32,174} + \frac{2117,92 - P_1}{62,1258} + 1,8643 + 0 = 0$$

$$P_1 = 2432,7121 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 2432,7121 \text{ lbf/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 16,8938 \text{ lbf/in}^2$$

Sehingga,

$$-W_f = \frac{2432,7121 - 2117,92}{62,1258} + 0,1998 + 3 + 1,8643$$

$$= 10,1283 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Daya pompa, W_s ;

$$W_s = \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho}{550}$$

$$= \frac{10,1283 \text{ ft.lbf/lbm} \times 0,4984 \text{ ft}^3/\text{s} \times 62,1258 \text{ lbm/ft}^3}{550 \text{ ft.lbf/s.hp}} = 0,570 \text{ hp}$$

Untuk efisiensi alat 80%, maka :

$$\text{Tenaga pompa yang dibutuhkan} = \frac{0,570}{0,8} = 0,7132 \text{ hp}$$

Maka dipilih pompa yang berdaya motor 1 hp

LD.34 Pompa Deaerator (PU-17)

Fungsi : Memompa air dari deaerator ke ketel uap

Jenis : Pompa *sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

$P = 1 \text{ atm}$

Temperatur = $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Laju alir massa (F) = $436,8142 \text{ kg/jam} = 0,267 \text{ lb}_m/\text{detik}$

Densitas (ρ) = $995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$

Viskositas (μ) = $0,8007 \text{ cP} = 0,0005 \text{ lb}_m/\text{ft}\cdot\text{s}$

Laju alir volumetrik. $Q = \frac{F}{\rho} = \frac{0,267 \text{ lb}_m/\text{sec}}{62,1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} = 0,004 \text{ ft}^3/\text{s}$

Desain pompa :

$$D_{i,\text{opt}} = 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \quad (\text{Walas, 1988})$$

$$= 3,9 (0,004)^{0,45} (62,1258)^{0,13}$$

$$= 0,5746 \text{ in}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *commercial steel* :

Ukuran nominal : $0,75 \text{ in}$

Schedule number : 40

Diameter Dalam (ID) : $0,824 \text{ in} = 0,0686 \text{ ft}$

Diameter Luar (OD) : $1,050 \text{ in} = 0,0874 \text{ ft}$

Inside sectional area : $0,00371 \text{ ft}^2$

Kecepatan linear. $v = Q/A = \frac{0,004 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,00371 \text{ ft}^2} = 1,159 \text{ ft/s}$

$$\text{Bilangan Reynold : } N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$= \frac{(62,1585 \text{ lb}_m/\text{ft}^3)(1,159 \text{ ft/s})(0,0686 \text{ ft})}{0,0005 \text{ lb}_m/\text{ft}\cdot\text{s}}$$

$$= 9.201.7241 \text{ (Turbulen)}$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\epsilon = 0,000046$ (Geankoplis, 1997)

Pada $N_{Re} = 9.201,7241$ dan $\epsilon/D = 0,000887$

Dari Fig.2.10-3 Geankoplis (1997), diperoleh harga $f = 0,0085$

Friction loss :

$$1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c = 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55(1-0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)}$$

$$= 0.0114 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$3 \text{ elbow } 90^\circ = h_f = n.K_f \frac{v^2}{2.g_c} = 3(0.75) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.04704 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ check valve} = h_f = n.K_f \frac{v^2}{2.g_c} = 1(2.0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.0418 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus } 50 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L.v^2}{D.2.g_c} = 4(0.0085) \frac{(50)(1.159)^2}{(0.2957)(2)(32.174)} = 0.517 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$1 \text{ Sharp edge exit} = h_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \frac{v^2}{2.\alpha.g_c} = (1-0) \frac{1.159^2}{2(1)(32.174)} = 0.021 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friction loss : } \sum F = 0,6389 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Kerja yang diperlukan, -Wf,

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2.g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + Wf = 0 \quad (\text{Geankoplis.1983})$$

Bila :

$$Wf = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 1,0686 \text{ ft/s}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf/in}^2 = 2117,92 \text{ lbf/ft}^2$$

Maka :

$$\frac{1.159^2 - 0}{2 \times 32.174} + \frac{32.174(3-0)}{32.174} + \frac{2117.92 - P_1}{62.1258} + 0.6389 + 0 = 0$$

$$P_1 = 2345.4165 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 2345.4165 \text{ lbf/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 16.3061 \text{ lbf/in}^2$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{2345.4165 - 2117.92}{62.1258} + 0.021 + 3 + 0.6389 \\ &= 7.3196 \text{ ft.lbf/lb}_m \end{aligned}$$

Daya pompa, W_s ;

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho}{550} \\ &= \frac{7.3196 \text{ ft.lbf/lb}_m \times 0.0022 \text{ ft}^3/\text{s} \times 62.1258 \text{ lb}_m/\text{ft}^3}{550 \text{ ft.lbf/s.hp}} = 0.00356 \text{ hp} \end{aligned}$$

Untuk efisiensi alat 80%, maka :

$$\text{Tenaga pompa yang dibutuhkan} = \frac{0.00356}{0.8} = 0.00445 \text{ hp}$$

Maka dipilih pompa yang berdaya motor 0,05 hp

LD.35 Pompa Bahan Bakar 1 (PU-18)

Fungsi : Memompa bahan bakar solar dari TB-01 ke ketel uap KU-01

Jenis : Pompa *sentrifugal*

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi :

Tekanan = 1 atm

Temperatur = 30 °C

Laju alir massa (F) = 44,5052 kg/jam = 0,0272 lbm/s

Densitas (ρ) = 890,0712 kg/m³ = 55,5656 lbm/ft³

Viskositas (μ) = 1,2 cP = 0,0007 lbm/ft.s

$$\text{Laju alir volumetrik. } Q = \frac{F}{\rho} = \frac{0.0272 \text{ lb}_m/\text{sec}}{55.5656 \text{ lb}_m/\text{ft}^3} = 0.00049 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Desain pompa :

$$\begin{aligned} D_{i,\text{opt}} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} && (\text{Walas,1988}) \\ &= 3,9 (0,00049)^{0,45} (55,5656)^{0,13} \\ &= 0,213 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5 Geankoplis (1997), dipilih pipa *commercial steel* :

Ukuran nominal	: 1/2 in
Schedule number	: 40
Diameter Dalam (ID)	: 0,622 in = 0,0518 ft
Diameter Luar (OD)	: 0,84 in = 0,0699 ft
Inside sectional area	: 0,00211 ft ²

$$\text{Kecepatan linear. } v = Q/A = \frac{0.00139 \text{ ft}^3/\text{s}}{0.00211 \text{ ft}^2} = 0.6592 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold : } N_{Re} &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\ &= \frac{(55.5656 \text{ lb}_m/\text{ft}^3)(0.6592 \text{ ft/s})(0.0518 \text{ ft})}{0.0007 \text{ lb}_m \cdot \text{ft} \cdot \text{s}} \\ &= 2.354.7083 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Untuk pipa *commercial steel*, harga $\varepsilon = 0,000046$ (Geankoplis, 1997)

Pada $N_{Re} = 2.354,7083$ dan $\varepsilon/D = 0,00088$

Dari Fig.2.10-3 Geankoplis (1997), diperoleh harga $f = 0,013$

Friction loss :

$$\begin{aligned} 1 \text{ Sharp edge entrance} = h_c &= 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2\alpha} = 0.55 (1 - 0) \frac{0.6592^2}{2(1)(32.174)} \\ &= 0.00371 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$1 \text{ elbow } 90^\circ = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 1(0.75) \frac{1.06866^2}{2(1)(32.174)} = 0.00506 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$2 \text{ check valve} = h_f = n.Kf. \frac{v^2}{2.g_c} = 2(2.0) \frac{0.6592^2}{2(1)(32.174)} = 0.0270 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Pipa lurus } 20 \text{ ft} = F_f = 4f \frac{\Delta L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g_c} = 4(0.013) \frac{(20)(0.6592)^2}{(0.0874)2 \cdot (32.174)} = 0.1355$$

ft.lbf/lbm

Total friction loss : $\sum F = 0,17806 \text{ ft.lbf/lbm}$

Kerja yang diperlukan, -Wf ;

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + Wf = 0 \quad (\text{Geankoplis.1983})$$

Bila :

$$Wf = 0$$

$$Z_1 = 0 ; Z_2 = 3 \text{ ft}$$

$$v_1 = 0 ; v_2 = 0,6592 \text{ ft/s}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf/in}^2 = 2117,92 \text{ lbf/ft}^2$$

Maka :

$$\frac{0.6592^2 - 0}{2 \times 32.174} + \frac{32.174(3 - 0)}{32.174} + \frac{2117.92 - P_1}{55.5656} + 0.17806 - 0 = 0$$

$$P_1 = 2294.8912 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 2294.8912 \text{ lbf/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 15.9367 \text{ lbf/in}^2$$

Sehingga.

$$-Wf = \frac{2294.8912 - 2117.92}{55.5656} + 0.00675 + 3 + 0.17806$$

$$= 6.369 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Daya pompa, W_s ;

$$W_s = \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho}{550}$$

$$= \frac{6.369 \text{ ft.lbf/lbm} \times 0.001222 \text{ ft}^3/\text{s} \times 55.5656 \text{ lbm/ft}^3}{550 \text{ ft.lbf/s.hp}} = 0.0007764 \text{ hp}$$

Untuk efisiensi alat 80%, maka :

Tenaga pompa yang dibutuhkan = $\frac{0.0007764}{0.8} = 0.000970 \text{ hp}$ (Geankoplis, 1983)

Maka dipilih pompa yang berdaya motor 0,05 hp



LE.1.1.2 Harga Bangunan

Tabel LE.1 Perincian Harga Bangunan dan Sarana Lainnya

No	Nama Bangunan	Luas (m ²)	Harga (Rp m ²)	Jumlah (Rp)
1	Pos Keamanan	30	1.000.000	Rp. 30.000.000
2	Tempat Parkir	250	800.000	Rp. 200.000.000
3	Taman	200	1.000.000	Rp. 200.000.000
4	Areal Bahan Baku	200	1.500.000	Rp. 300.000.000
5	Ruang Kontrol	150	1.500.000	Rp. 225.000.000
6	Areal Proses	4.000	3.000.000	Rp. 12.000.000.000
7	Areal Produk	500	1.500.000	Rp. 750.000.000
8	Perkantoran	250	1.500.000	Rp. 375.000.000
9	Laboratorium	150	1.500.000	Rp. 225.000.000
10	Poliklinik	50	1.500.000	Rp. 75.000.000
11	Kantin	80	1.000.000	Rp. 80.000.000
12	Ruang Bedah	80	1.500.000	Rp. 120.000.000
13	Gudang Peralatan	100	750.000	Rp. 75.000.000
14	Bengkel	100	750.000	Rp. 80.000.000
15	Perpustakaan	80	1.000.000	Rp. 100.000.000
16	Unit Pemadam Kebakaran	100	1.000.000	Rp. 1.500.000.000
17	Unit Pengolahan Air	1.000	1.500.000	Rp. 450.000.000
18	Pembangkit Listrik	300	1.500.000	Rp. 600.000.000
19	Pengolahan Limbah	400	1.500.000	Rp. 1.500.000.000
20	Area Perluasan	2000	750.000	Rp. 2.250.000.000
21	Perumahan Karyawan	1500	1.500.000	Rp. 140.000.000
22	Sarana Olahraga	400	350.000	Rp. 75.000.000
23	Jalan	400	350.000	Rp. 140.000.000
Jumlah		12320		Rp. 21.490.000.000

Total harga bangunan saja (B) = Rp. 21.490.000.000,-

LE.1.1.3 Perincian Harga Peralatan

Harga peralatan yang diimpor dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Timmerhaus et al, 2004):

$$C_x = C_y \frac{X_2^{-m} I_x}{X_1 I_y}$$

dimana: C_x = harga alat pada tahun 2010

C_y = harga alat pada tahun dan kapasitas yang tersedia

X_1 = kapasitas alat yang tersedia

X_2 = kapasitas alat yang diinginkan

I_x = indeks harga pada tahun 2010

I_y = indeks harga pada tahun yang tersedia

m = faktor eksponensial untuk kapasitas (tergantung jenis alat)

Untuk menentukan indeks harga pada tahun 2010 digunakan metode regresi koefisien korelasi:

$$r = \frac{[n \cdot \sum X_i \cdot Y_i - \sum X_i \cdot \sum Y_i]}{\sqrt{(n \cdot \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2) \cdot (n \cdot \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2)}} \quad (\text{Montgomery, 1992})$$

Tabel LE.2 Harga Indeks Marshall dan Swift

No.	Tahun (X_i)	Indeks (Y_i)	$X_i \cdot Y_i$	X_i^2	Y_i^2
1	1989	895	1780155	3956121	801025
2	1990	915	1820850	3960100	837225
3	1991	931	1853621	3964081	866761
4	1992	943	1878456	3968064	889249
5	1993	967	1927231	3972049	935089
6	1994	993	1980042	3976036	986049
7	1995	1028	2050860	3980025	1056784
8	1996	1039	2073844	3984016	1079521
9	1997	1057	2110829	3988009	1117249
10	1998	1062	2121876	3992004	1127844
11	1999	1068	2134932	3996001	1140624

12	2000	1089	2178000	4000000	1185921
13	2001	1094	2189094	4004001	1196836
14	2002	1103	2208206	4008004	1216609
Total	27937	14184	28307996	55748511	14436786

(Sumber: Tabel 6-2 Timmerhaus et al, 2004)

$$\begin{aligned} \text{Data : } n &= 14 & \sum X_i &= 27937 & \sum Y_i &= 14184 \\ \sum X_i Y_i &= 28307996 & \sum X_i^2 &= 55748511 & \sum Y_i^2 &= 14436786 \end{aligned}$$

Dengan memasukkan harga-harga pada Tabel LE.2, maka diperoleh harga koefisien korelasi:

$$\begin{aligned} r &= \frac{(14)(28307996) - (27937)(14184)}{\sqrt{[(14)(55748511) - (27937)^2] \cdot [(14)(14436786) - (14184)^2]}} \\ &= 0.98 \approx 1 \end{aligned}$$

Harga koefisien yang mendekati 1 menyatakan bahwa terdapat hubungan linier antara variabel X dan Y, sehingga persamaan regresi yang mendekati adalah persamaan regresi linier.

Persamaan umum regresi linier: $Y = a + b \cdot X$

dengan: Y = indeks harga pada tahun yang dicari (2010)

X = variabel tahun ke $n - 1$

a, b = tetapan persamaan regresi

Tetapan regresi ditentukan oleh :

$$b = \frac{(n \cdot \sum X_i Y_i) - (\sum X_i \cdot \sum Y_i)}{(n \cdot \sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}$$

$$a = \frac{\sum Y_i \cdot \sum X_i^2 - \sum X_i \cdot \sum X_i Y_i}{n \cdot \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

Maka :

$$a = \frac{(14184)(55748511) - (27937)(28307996)}{(14)(55748511) - (27937)^2} = \frac{-103604228}{3185} = -32528.8$$

$$b = \frac{(14)(28307996) - (27937)(14184)}{(14)(55748511) - (27937)^2} = \frac{53536}{3185} = 16.809$$

Sehingga persamaan regresi liniernya adalah:

$$Y = a + b \cdot X$$

$$Y = 16,8088X - 32528,8$$

Dengan demikian harga indeks pada tahun 2010 adalah:

$$Y = 16,8088(2010) - 32528,8$$

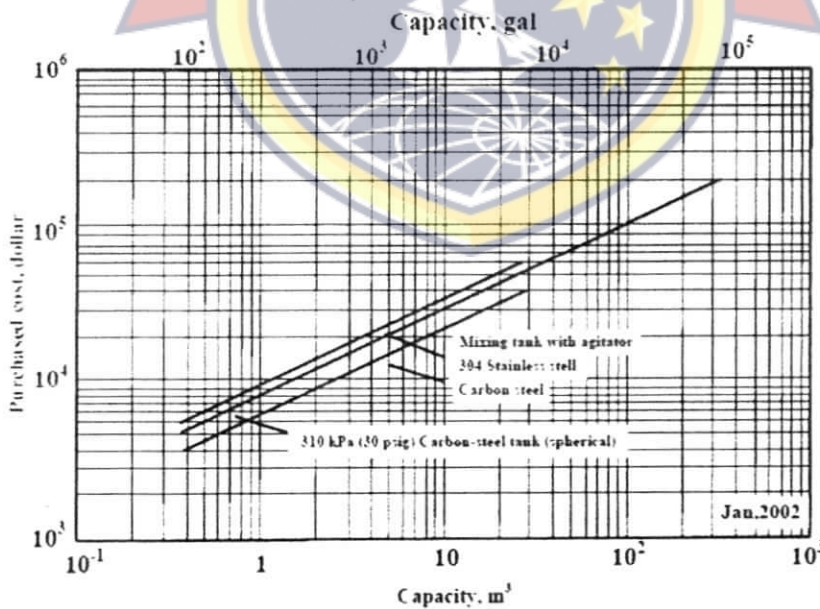
$$Y = 1256,8703$$

Perhitungan harga peralatan menggunakan harga faktor eksponensial (m) *Marshall & Swift*. Harga faktor eksponen ini beracuan pada Tabel 6-4 Timmerhaus et al, 2004. Untuk alat yang tidak tersedia, faktor eksponensialnya dianggap 0,6 (Timmerhaus et al, 2004).

Contoh perhitungan harga peralatan:

a. Tangki RBDPO

Kapasitas tangki $X_2 = 5.712,87 \text{ m}^3$ Dari Gambar LE.1. diperoleh untuk harga kapasitas tangki (X_1) 1 m^3 pada tahun 2002 adalah (C_y) US\$ 5700. Dari tabel 6-4. Peters et.al., 2004. faktor eksponen untuk tangki adalah (m) 0,57. Indeks harga pada tahun 2002 (I_y) 1103.



Gambar LE.1 Harga Peralatan untuk Tangki Penyimpanan (*Storage*)

(Peters et.al., 2004)

Indeks harga tahun 2010 (I_x) adalah 1256,8703 Maka estimasi harga tangki untuk (X_2) 2.442,7465 m³ adalah:

$$C_x = \text{US\$ } 5700 \times \left| \frac{5.712.87}{1} \right|^{0.57} \cdot \left| \frac{1256.8703}{1103} \right|$$

$$C_x = \text{US\$ } 1.662.653.53 \cdot (\text{Rp } 9025.-) (\text{US\$ } 1)$$

$$C_x = \text{Rp } . 24.623.559.498 \text{ .- unit}$$

Dengan cara yang sama diperoleh perkiraan harga alat lainnya yang dapat dilihat pada Tabel LE.2 untuk perkiraan peralatan proses dan Tabel LE.3 untuk perkiraan peralatan utilitas.

Untuk harga alat impor sampai di lokasi pabrik ditambahkan biaya sebagai berikut:

- Biaya transportasi = 5 %
 - Biaya asuransi = 1 %
 - Bea masuk = 15 % (Rusjdi, 2004)
 - PPn = 10 % (Rusjdi, 2004)
 - PPh = 10 % (Rusjdi, 2004)
 - Biaya gudang di pelabuhan = 0,5 %
 - Biaya administrasi pelabuhan = 0,5 %
 - Transportasi lokal = 0,5 %
 - Biaya tak terduga = 0,5 %
-
- Total = 43 %

Untuk harga alat non impor sampai di lokasi pabrik ditambahkan biaya sebagai berikut:

- Tabel LE.3 Estimasi Harga Peralatan Proses (Rusjdi, 2004)

No	Nama Alat	Jumlah	Ket*)	Harga/unit (US\$)	Total Harga (Rp)
1	Transportasi Lokal	= 0,5 %	NI	816.305,09	7.448.783.972
2	Biaya tak terduga	= 0,5 %	NI	2.698.472,27	24.623.559.498

- Total = 21 %

3	Tangki ethanol	1	NI	606.873,94	5.537.724.693
4	Tangki gliserin	1	NI	530.372,49	4.839.648.951
5	Tangki pewangi	1	NI	343.490,56	3.134.351.359
6	Tangki gliserol	1	NI	233.706,37	2.132.570.629
8	Reaktor-01	1	NI	5.599,61	140.786,495
9	Pompa 01	1	NI	2.008,20	18.324.871
10	Pompa 02	1	NI	3.411,02	31.125.529
11	Pompa 03	1	NI	1.253,45	11.437.748
12	Pompa 04	1	NI	990,28	9.036.293
13	Pompa 05	1	NI	990,28	9.036.293
14	Pompa 06	1	NI	990,28	9.036.293
15	Pompa 07	1	NI	990,28	9.036.293
16	Pompa 08	1	NI	990,28	9.036.293
17	Pompa 09	1	NI	990,28	9.036.293
18	Pompa 10	1	NI	990,28	9.036.293
22	gudang sabun	1	NI	1.563.899,79	14.270.585.564
23	gudang gula	1	NI	198.978,89	1.815.682.389
24	gula asam sitrat	1	NI	148.714,51	1.357.019.859
25	gudang pewarna	1	NI	148.713,94	1.357.014.729
26	Pencetakan	1	NI	1.097.473,54	10.014.446.010
27	Cooler 01 (E-101)	1	NI	155.761,45	1.421.323.230
28	Tangki mixer -01	1	NI	15.599,61	142.346.456
29	Tangki mixer – 02	1	NI	15.599,61	42.346.456
30	Saponifikasi	1	NI	15.599,61	142.346.456
31	Separator	1	NI	15.599,61	142.346.456
Harga total					88.471.673.594

Tabel LE.4 Estimasi Harga Peralatan Utilitas

No	Nama Alat	Jumlah	Ket*)	Harga/unit	Total Harga
1	PU-01	1	NI	39.392,77	359.459.018

2	PU -02	1	NI	452,64	4.130.383
3	PU -03	1	NI	452,64	4.130.383
4	PU -04	1	NI	452,64	4.130.383
5	PU -05	1	NI	452,64	4.130.383
6	PU -06	1	NI	452,64	4.130.383
7	PU -07	1	NI	452,64	4.130.383
8	PU -08	1	NI	452,64	4.130.383
9	PU -09	1	NI	452,64	4.130.383
10	PU -10	1	NI	572,94	5.228.059
11	PU -11	1	NI	6.886,18	62.836.437
12	PU -12	1	NI	452,64	4.130.383
13	PU -13	1	NI	452,64	4.130.383
14	PU -14	1	NI	452,64	4.130.383
15	PU -15	1	NI	452,64	4.130.383
16	PU -16	1	NI	452,64	4.130.383
17	PU -17	1	NI	452,64	4.130.383
18	PU -18	1	NI	452,64	4.130.383
19	PU -19	1	NI	452,64	4.130.383
20	SC	1	NI	39,392.77	355,519,741
21	Tangki Utilitas 1	1	NI	24.961,51	227.773.812
22	Tangki Utilitas 2	1	NI	41.632,63	379.897.767
23	Tangki Pelarut 1	1	NI	3.331,70	3.331,70
24	Tangki Pelarut 2	1	NI	2.380,66	2.380,66
25	Tangki Pelarut 3	1	NI	8.670,65	8.670,65
26	Tangki Pelarut 4	1	NI	9.792,48	89.356.352
27	Tangki Pelarut 5	1	NI	2.030,19	18.525.520
28	Clarifier	1	I	37.057,66	338.151.139
29	Tangki Filtrasi	1	I	37,057.6590	334,445,373
30	Cation Exchanger	1	I	51,009.9487	460,364,787
31	Refrigerator	1	I	13,349.8421	120,482,325

32	Deaerator	1	I	72,975.8887	658,607,396
33	Anion Exchanger	1	I	51,009.9487	460,364,787
34	Ketel Uap	1	I	43,938.1215	396,541,547
35	Bak Sedementasi	2	NI	5,540.1662	50,000,000
36	Generator	1	I	4,986.1495	45,000,000
Harga total					5.314.707.336
Impor					2.655.552.821
Non impor					2.636.952.746

*) Keterangan : I: untuk peralatan impor. NI: untuk peralatan non impor.

Total harga peralatan tiba di lokasi pabrik (*purchased-equipment delivered*):

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 1,43 \times (\text{Rp. } 76.655.529.853 + \text{Rp. } 2.655.552.821,-) \\ &\quad + 1,21 (\text{Rp. } 102,529,427,319,- + \text{Rp. } 2.636.952.746) \\ &= \mathbf{\text{Rp. } 116.638.430.027} \end{aligned}$$

Biaya pemasangan diperkirakan 15% dari total harga peralatan (Peters dkk, 2004).

$$\begin{aligned} &= 0,15 \times \text{Rp. } 116.638.430.027 \\ &= \text{Rp. } 17.495.764.504 \end{aligned}$$

Sehingga total harga peralatan ditambah biaya pemasangan adalah:

$$\text{Total Harga Peralatan (C)} = \mathbf{\text{Rp. } 134.134.194.531}$$

LE.1.1.4 Instrumentasi dan Alat Kontrol

Diperkirakan biaya instrumentasi dan alat kontrol 40% dari total harga peralatan
(Peters dkk, 2004).

$$\begin{aligned} \text{Biaya instrumentasi dan alat kontrol (D)} &= 0,4 \times \text{Rp. } 134.134.194.531 \\ &= \mathbf{\text{Rp. } 53.653.677.812,68} \end{aligned}$$

LE.1.1.5 Biaya Perpipaan

Diperkirakan biaya perpipaan 50% dari total harga peralatan

(Peters dkk, 2004).

$$\text{Biaya perpipaan (E)} = 0,5 \times \text{Rp. } 134.134.194.531$$

$$= \text{Rp. } 67.067.097.265,85$$

LE.1.1.6 Biaya Instalasi Listrik

Diperkirakan biaya instalasi listrik 35% dari total harga peralatan.

(Peters dkk, 2004).

$$\text{Biaya instalasi listrik (F)} = 0,35 \times \text{Rp. } 134.134.194.531$$

$$= \text{Rp. } 46.946.968.086,10$$

LE.1.1.7 Biaya Insulasi

Diperkirakan biaya insulasi 60% dari total harga peralatan. (Peters dkk, 2004).

$$\text{Biaya insulasi (G)} = 0,6 \times \text{Rp. } 134.134.194.531$$

$$= \text{Rp. } 80.480.516.719,03$$

LE.1.1.8 Biaya Inventaris Kantor

Diperkirakan biaya inventaris kantor 15% dari total harga peralatan dan pemasangan. (Peters dkk, 2004).

$$\text{Biaya inventaris kantor (H)} = 0,15 \times \text{Rp. } 134.134.194.531$$

$$= \text{Rp. } 20.120.129.179,76$$

LE.1.1.9 Biaya Perlengkapan Kebakaran dan Keamanan

Diperkirakan biaya perlengkapan kebakaran dan keamanan 30% dari total harga peralatan dan pemasangan. (Peters dkk, 2004)

$$\text{Biaya perlengkapan kebakaran dan keamanan (I)} = 0,3 \times \text{Rp. } 134.134.194.531$$

$$= \text{Rp. } 40.240.258.359,51$$

LE.1.1.10 Sarana Transportasi

Tabel LE.5 Biaya Sarana Transportasi

No.	Jenis Kendaraan	Unit	Tipe	Harga/ Unit (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Direktur	2	Fortuner	Rp. 457.000.000	Rp 914.000.000,00
2	Sekretaris	1	Avanza	Rp. 165.000.000	Rp 825.000.000,00
3	Manager	5	Kijang Inova	Rp. 290.000.000	Rp1.450.000.000,00
4	Bus Karyawan	2	Bus	Rp. 410.000.000	Rp 820.000.000,00

5	Truk	10	Truk	Rp. 350.000.000	Rp 3.500.000.000,00
6	Mobil Pemasaran	12	Avanza	Rp. 165.000.000	Rp 1.980.000.000,00
7	Ambulance	1	Minibus	Rp. 110.000,000	Rp 900.000.000,00
8	Mobil Pemadam Kebakaran	2	Truk Tangki	Rp. 550.000.000	Rp 110.000.000,00
Total					Rp 10.499.000.000,00

(Sumber: www.autocarprices.com)

$$\begin{aligned} \text{Total MITL} &= A + B + C + D + E + F + G + H + I + J \\ &= \text{Rp } 501.735.841.954 \end{aligned}$$

LE.1.2 Modal Investasi Tetap Tak Langsung (MITTL)

LE.1.2.1 Pra Investasi

Diperkirakan 20% dari total MITL. (Peters dkk, 2004)

$$\text{Pra Investasi (A)} = 0,2 \times \text{Rp } 501.735.841.954 = \text{Rp } 100.347.168.390$$

LE.1.2.2 Biaya Engineering dan Supervisi

Diperkirakan 40% dari total MITL. (Peters dkk, 2004)

$$\begin{aligned} \text{Biaya Engineering dan Supervisi (B)} &= 0,30 \times \text{Rp } 501.735.841.954 \\ &= \text{Rp } 200.694.336.781 \end{aligned}$$

LE.1.2.3 Biaya Legalitas

Diperkirakan 15% dari total MITL. (Peters dkk, 2004)

$$\text{Biaya Legalitas (C)} = 0,15 \times \text{Rp } 501.735.841.954 = \text{Rp } 75.260.376.293$$

LE.1.2.4 Biaya Kontraktor

Diperkirakan 20% dari total MITL. (Peters dkk, 2004)

$$\text{Biaya Kontraktor (D)} = 0,2 \times \text{Rp } 501.735.841.954 = \text{Rp } 100.347.168.390$$

LE.1.2.5 Biaya Tak Terduga

Diperkirakan 20% dari total MITL. (Peters dkk, 2004)

$$\text{Biaya Tak Terduga (E)} = 0,2 \times \text{Rp } 501.735.841.954 = \text{Rp } 100.347.168.390$$

$$\text{Total MITTL} = A + B + C + D + E = \text{Rp } 576.996.218.247$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total MIT} &= \text{MITL} + \text{MITTL} \\
 &= \text{Rp. } 501.735.841.954 + \text{Rp. } 576.996.218.247 \\
 &= \text{Rp. } 1.078.732.060.202
 \end{aligned}$$

LE.2 Modal Kerja

Modal kerja dihitung untuk pengoperasian pabrik selama 3 bulan (90 hari).

LE.2.1 Persediaan Bahan Baku

LE.2.1.1 Bahan Baku Proses

VCO

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan} &= 1.428,22 \text{ kg/jam} \\
 \text{Harga} &= \text{Rp } 95.000 \text{ ,-/kg} \\
 \text{Harga total} &= 90 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1.428,22 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 95.000,- \\
 &= \text{Rp } 61.698.974.400,00
 \end{aligned}$$

RBDPO

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan} &= 5.712,87 \text{ kg/jam} \\
 \text{Harga} &= \text{Rp } 5.000,-/\text{kg} \\
 \text{Harga total} &= 90 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 5.712,87 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 5.000,- \\
 &= \text{Rp. } 61.698.974.400,00
 \end{aligned}$$

KOH

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan} &= 142,192 \text{ Kg/jam} \\
 \text{Harga} &= \text{Rp. } 30.000 \\
 \text{Harga total} &= 90 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 142,192 \text{ Kg/jam} \times \text{Rp. } 30.000 \\
 &= 9.214.041.600
 \end{aligned}$$

Pewangi

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan} &= 1.055,30 \text{ Kg/jam} \\
 \text{Harga} &= \text{Rp. } 750.000 \\
 \text{Harga total} &= 90 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1.055,30 \text{ Kg/jam} \times \text{Rp. } 750.000 \\
 &= \text{Rp. } 341.918.172.000,00
 \end{aligned}$$

Pewarna

$$\text{Kebutuhan} = 452,273 \text{ Kg/jam}$$

Harga = Rp. 55.000
 Harga total = 90 hari x 24 jam/hari x 452,273 Kg/jam x Rp. 55.000
 = **Rp. 53.730.032.400,00**

Gula

Kebutuhan = 753,788 Kg/jam
 Harga = Rp. 20.000
 Harga total = 90 hari x 24 jam/hari x 753,788 Kg/jam x Rp. 20.000
 = **Rp. 32.563.641.600,00**

Gliserin

Kebutuhan = 2.261,36 Kg/jam
 Harga = Rp. 24.000
 Harga total = 90 hari x 24 jam/hari x 2.261,36 Kg/jam x Rp. 24.000
 = **Rp. 117.229.109.760,00**

Asam Sitrat

Kebutuhan = 452,273/jam
 Harga = Rp. 9.000
 Harga total = 90 hari x 24 jam/hari x 452,273/jam x Rp. 9.000
 = **Rp. 8.792.187.120,00**

Ethanol

Kebutuhan = 2.864,394 Kg/jam
 Harga = Rp. 17.000
 Harga total = 90 hari x 24 jam/hari x 2.864,394 Kg/jam x Rp. 17.000
 = **Rp . 105.180.547.680,00**

LE.2.1.2 Persediaan Bahan Baku Utilitas

1. Alum ($Al_2(SO_4)_3$)

Kebutuhan = 0,11008 kg/jam
 Harga = Rp. 2.500 (PT. Bratachem, 2010)
 Harga Total = 90 hari x 24 jam/hari x 0,11008 kg/jam x Rp 2.500,-/kg

= Rp. 594.432

2. Soda Abu Na_2CO_3

Kebutuhan = 0,05944 kg/jam

Harga = Rp. 3.500 (PT. Bratachem, 2010)

Harga Total = 90 hari x 24 jam/hari x 0,05944 kg/jam x Rp 3.500,-/kg

= Rp. 449.366,40

3. Kaporit

Kebutuhan = 0,002582 kg/jam

Harga = Rp 11.000,-/kg (PT. Bratachem, 2010)

Harga total = 90 hari x 24 jam/hari x 0,002582 kg/jam x Rp 11.000,-/kg

= Rp.61.348,32,-

4. NaOH

Kebutuhan = 0,02513 kg/jam

Harga = Rp.7.350,-/kg (PT. Bratachem, 2010)

Harga total = 90 hari x 24 jam/hari x 0,02513 kg/jam x Rp 7.350,-/kg

= Rp.16.623,50,-

5. Solar

Kebutuhan = 124,652 ltr/jam

Harga solar untuk industri = Rp.7.680,-/liter (PT.Pertamina, 2009)

Harga total = 90 hari x 24 jam/hari x 124,652 ltr/jam x Rp. 7.680,-/liter

= Rp. 2.067.827.097,60,-

6. H_2SO_4

Kebutuhan = 0,07101 kg/jam

Harga = Rp.35.000,-/kg (PT. Bratachem, 2010)

Harga total = 90 hari x 24 jam/hari x 0,5471 kg/jam x Rp 35.000,-/kg

= Rp.223.681,50,-

Total biaya persediaan bahan baku proses dan utilitas selama 3 bulan (90 hari)

adalah Rp 689.135.414.156,42

LE.2.2 Kas

LE.2.2.1 Gaji Pegawai

Tabel LE.6 Perincian Gaji Pegawai

Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Jumlah gaji/bulan (Rp)
Dewan Komisaris	1	25.000.000	25.000.000
Direktur	1	15.000.000	15.000.000
Staf Ahli	1	8.000.000	8.000.000
Sekretaris	5	4.000.000	20.000.000
Manajer Produksi	1	10.000.000	10.000.000
Manajer Teknik	1	10.000.000	10.000.000
Manajer Umum dan Keuangan	1	10.000.000	10.000.000
Manajer Pemasaran	1	10.000.000	10.000.000
Kepala Seksi Proses	1	5.000.000	5.000.000
Kepala Seksi Laboratorium R & D	1	5.000.000	5.000.000
Kepala Seksi Utilitas	1	5.000.000	5.000.000
Kepala Seksi Pergudangan	1	5.000.000	5.000.000
Kepala Seksi Listrik	1	5.000.000	5.000.000
Kepala Seksi Instrumentasi	1	5.000.000	5.000.000
Kepala Seksi Pemeliharaan Pabrik	1	5.000.000	5.000.000
Kepala Seksi Mesin	1	5.000.000	5.000.000
Kepala Seksi Keuangan	1	5.000.000	5.000.000
Kepala Seksi Administrasi	1	5.000.000	5.000.000
Kepala Seksi Keamanan	1	5.000.000	5.000.000
Kepala Seksi Personalia	1	5.000.000	5.000.000
Kepala Seksi HUMAS	1	5.000.000	5.000.000
Kepala Seksi Distribusi	1	5.000.000	5.000.000
Kepala Seksi Penjualan	1	5.000.000	5.000.000
Karyawan Produksi	53	2.000.000	106.000.000
Jumlah	151		Rp .397.300.000

Total gaji pegawai selama 1 bulan = **Rp .397.300.000**

Total gaji pegawai selama 3 bulan = **Rp . 1.191.900.000,00**

LE.2.2.2 Biaya Administrasi Umum

Diperkirakan 10% dari gaji pegawai = $0,1 \times \text{Rp .1.191.900.000}$ (Peters et.al., 2004)

= **Rp.119.190.000,00**

LE.2.2.3 Biaya Pemasaran

Diperkirakan 10% dari gaji pegawai = $0,1 \times \text{Rp. } 1.191.900.000$ (Peters et.al., 2004)

$$= \text{Rp. } 119.190.000,00$$

LE.2.2.4 Pajak Bumi dan Bangunan

Dasar perhitungan Pajak Bumi dan Bangunan (PBB) mengacu kepada Undang-Undang RI No. 20 Tahun 2000 Jo UU No. 21 Tahun 1997 tentang Bea Perolehan Hak atas Tanah dan Bangunan sebagai berikut:

- Yang menjadi objek pajak adalah perolehan hak atas tanah dan atas bangunan (Pasal 2 ayat 1 UU No.20/00).
- Dasar pengenaan pajak adalah Nilai Perolehan Objek Pajak (Pasal 6 ayat 1 UU No.20/00).
- Tarif pajak ditetapkan sebesar 5% (Pasal 5 UU No.21/97).
- Nilai Perolehan Objek Pajak Tidak Kena Pajak ditetapkan sebesar Rp 30.000.000.- (Pasal 7 ayat 1 UU No.21/97).
- Besarnya pajak yang terutang dengan cara mengalikan tarif pajak dengan Nilai Perolehan Objek Kena Pajak (Pasal 8 ayat 2 UU No.21/97).

Maka berdasarkan penjelasan di atas, perhitungan PBB ditetapkan sebagai berikut:

Wajib Pajak Pabrik Pembuatan Sabun Transparan

Nilai Perolehan Objek Pajak (NPOP)

- Tanah Rp. 1,232,000,000.00,-
- Bangunan Rp. 3,696,000,000.00

Total NPOP	Rp	4.928.000.000,-
Nilai Perolehan Objek Pajak Tidak Kena Pajak	(Rp	<u>8.000.000,-</u>)
Nilai Perolehan Objek Pajak Kena Pajak	Rp	4.920.000.000,-
Pajak yang Terutang (5% x NPOPKP)	Rp.	12.300.000,-

Tabel LE.7 Perincian Biaya Kas

No.	Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
1.	Gaji Pegawai	1.191.900.000
2.	Administrasi Umum	119.190.000
3.	Pemasaran	119.190.000
4.	Pajak Bumi dan Bangunan	12.300.000
Total		1.442.580.000

LE.2.3 Biaya Start-Up

Diperkirakan 15% dari Modal Investasi Tetap. (Peters dkk, 2004)

$$= 0,15 \times \text{Rp. } 1.078.732.060.202,48$$

$$= \text{Rp. } 161.809.809.030,37$$

LE.2.4 Piutang Dagang

$$\text{PD} = \frac{\text{IP}}{12} \times \text{HPT}$$

dimana: PD = piutang dagang

IP = jangka waktu kredit yang diberikan (3 bulan)

HPT = hasil penjualan tahunan

Penjualan:

1. Harga jual *gliserol* = Rp 45.000,-/kg

Produksi *gliserol* = 536,99 kg/jam

Hasil penjualan *gliserol* tahunan yaitu:

$$= 536,99 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \text{Rp } 45.000,-/\text{kg}$$

$$= \text{Rp. } 191.383.236.000,00$$

2. Harga Jual *Sabun transparan* = Rp 450.000,-/kg

Produksi *Sabun transparan* = 15.075,76 kg/jam

Hasil penjualan *Sabun transparan* tahunan yaitu:

$$= 15.075,76 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \times \text{Rp } 450.000,-/\text{kg}$$

$$= \text{Rp } 3.581.999.863.200,00$$

Hasil penjualan total tahunan = **Rp 3.773.383.099.200,00**

$$\begin{aligned} \text{Piutang Dagang} &= \frac{3}{12} \times \text{Rp } 3.773.383.099.200,00 \\ &= \text{Rp } .943.345.774.800,00 \end{aligned}$$

Perincian modal kerja dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel LE.8 Perincian Modal Kerja

No.	Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
1.	Bahan Baku Proses dan Utilitas	689.135.414.156,42
2.	Kas	1.442.580.000,00
3.	Start Up	161.809.809.030,37
4.	Piutang Dagang	943.345.774.800,00
Total		1.795.733.577.986,79

$$\begin{aligned} \text{Total Modal Investasi} &= \text{Modal Investasi Tetap} + \text{Modal Kerja} \\ &= \text{Rp } .1.078.732.060.202 + \text{Rp } .1.795.733.577.986,79 \\ &= \text{Rp } .2.874.465.638.189 \end{aligned}$$

Modal ini berasal dari:

- Modal sendiri = 70% dari total modal investasi
 $= 0,7 \times \text{Rp } 2.874.465.638.189 = \text{Rp } 2.012.125.946.732$
- Pinjaman dari Bank = 30% dari total modal investasi
 $= 0,3 \times \text{Rp } 2.874.465.638.189$
 $= \text{Rp } 862.339.691.456$

LE.3 Biaya Produksi Total

LE.3.1 Biaya Tetap (*Fixed Cost* = FC)

LE.3.1.1 Gaji Tetap Karyawan

Gaji tetap karyawan terdiri dari gaji tetap tiap bulan ditambah 3 bulan gaji yang diberikan sebagai tunjangan, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Gaji total} &= (12 + 3) \square \text{Rp } .397.300.000 \\ &= \text{Rp } .5.959.500.000,00 \end{aligned}$$

LE.3.1.2 Bunga Pinjaman Bank

Bunga pinjaman bank adalah 15% dari total pinjaman (Bank Mandiri, 2010)

$$= 0,15 \times \text{Rp } .862.339.691.456,78$$

= Rp. 129.350.953.718,52

LE.3.1.3 Depresiasi dan Amortisasi

Pengeluaran untuk memperoleh harta berwujud yang mempunyai masa manfaat lebih dari 1 (satu) tahun harus dibebankan sebagai biaya untuk mendapatkan, menagih dan memelihara penghasilan melalui penyusutan (Rusdji, 2004). Pada perancangan pabrik ini, dipakai metode garis lurus atau *straight line method*. Dasar penyusutan menggunakan masa manfaat dan tarif penyusutan sesuai dengan Undang-undang Republik Indonesia No.17 Tahun 2000 Pasal 11 ayat 6 dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel LE.9 Aturan depresiasi sesuai UU Republik Indonesia No. 17 Tahun 2000

Kelompok Harta Berwujud	Masa (tahun)	Tarif (%)	Beberapa Jenis Harta
I. Bukan Bangunan			
1. Kelompok 1	4	25	Mesin kantor, perlengkapan, alat perangkat/ <i>tools</i> industri.
2. Kelompok 2	8	12.5	Mobil. truk kerja
3. Kelompok 3	16	6.25	Mesin industri kimia. mesin industri mesin
II. Bangunan			
Permanen	20	5	Bangunan sarana dan penunjang

Sumber: Waluyo, 2000 dan Rusdji, 2004

Depresiasi dihitung dengan metode garis lurus dengan harga akhir nol.

$$D = \frac{P - L}{n}$$

- dimana: D = depresiasi per tahun
 P = harga awal peralatan
 L = harga akhir peralatan
 n = umur peralatan (tahun)

Tabel LE.10 Perhitungan Biaya Depresiasi sesuai UU RI No. 17 Tahun 2000

Komponen	Biaya (Rp)	Umur	Depresiasi (Rp)
Bangunan	21.490.000.000,0	20	1.074.500.000,
Peralatan proses dan utilitas	134.134.194.531,71	10	13.413.419.453
Instrumentasi dan pengendalian proses	53.653.677.812,68	10	5.365.367.781,27
Perpipaian	67.067.097.265,85	10	6.706.709.726,59
Pastalasi listrik	46.946.968.086,10	10	4.694.696.808,61
Insulasi	80.480.516.719,03	10	8.048.051.671,90
Inventaris kantor	20.120.129.179,76	10	2.012.012.917,98
Peralengkapan keamanan dan kebakaran	40.240.258.359,51	10	4.024.025.835,95
Alat transportasi	10.499.000.000,00	10	1.049.900.000,00
Total			46.388.684.195,46

Semua modal investasi tetap langsung (MITL) kecuali tanah mengalami penyusutan yang disebut depresiasi, sedangkan modal investasi tetap tidak langsung (MITTL) juga mengalami penyusutan yang disebut amortisasi.

Pengeluaran untuk memperoleh harta tak berwujud dan pengeluaran lainnya yang mempunyai masa manfaat lebih dari 1 (satu) tahun untuk mendapatkan, menagih, dan memelihara penghasilan dapat dihitung dengan amortisasi dengan menerapkan taat azas (UURI Pasal 11 ayat 1 No. Tahun 2000). Para Wajib Pajak menggunakan tarif amortisasi untuk harta tidak berwujud dengan menggunakan masa manfaat kelompok masa 4 (empat) tahun sesuai pendekatan perkiraan harta tak berwujud yang dimaksud (Rusdji, 2004).

Untuk masa 4 tahun, maka biaya amortisasi adalah 3% dari MITTL sehingga: Biaya amortisasi = $0,03 \times \text{Rp } 576.996.218.247$
 = **Rp 17.309.886.547**

Total Biaya Depresiasi dan Amortisasi
 = **Rp. 46.388.684.195,46+ Rp. 17.309.886.547**

$$= \text{Rp. } 63.698.570.742,90$$

LE.3.1.4 Biaya Perawatan Tetap

Biaya tetap perawatan terbagi menjadi:

1. Perawatan mesin dan alat-alat proses

Perawatan mesin dan peralatan dalam industri proses berkisar 2 sampai 20%. diambil 10% dari harga peralatan terpasang di pabrik (Peters et.al., 2004).

$$\begin{aligned} \text{Biaya perawatan mesin} &= 0,1 \times \text{Rp. } 134.134.194.531,71 \\ &= \text{Rp. } 13.413.419.453,17 \end{aligned}$$

2. Perawatan bangunan

Diperkirakan 10% dari harga bangunan. (Peters et.al., 2004)

$$\begin{aligned} &= 0,1 \times \text{Rp. } 21.490.000.000,00 \\ &= \text{Rp. } 2.149.000.000,00 \end{aligned}$$

3. Perawatan kendaraan

Diperkirakan 10% dari harga kendaraan. (Peters et.al., 2004)

$$\begin{aligned} &= 0,1 \times \text{Rp. } 10.499.000.000,00 \\ &= \text{Rp. } 1.049.900.000,00 \end{aligned}$$

4. Perawatan instrumentasi dan alat kontrol

Diperkirakan 10% dari harga instrumentasi dan alat kontrol. (Peters et.al., 2004)

$$\begin{aligned} &= 0,1 \times \text{Rp. } 53.653.677.812,68 \\ &= \text{Rp. } 5.365.367.781,27 \end{aligned}$$

5. Perawatan perpipaan

Diperkirakan 10 % dari harga perpipaan. (Peters et.al., 2004)

$$\begin{aligned} &= 0,1 \times \text{Rp. } 67.067.097.265,85 \\ &= \text{Rp. } 6.706.709.726,59 \end{aligned}$$

6. Perawatan instalasi listrik

Diperkirakan 10% dari harga instalasi listrik. (Peters et.al., 2004)

$$= 0,1 \times \text{Rp. } 46.946.968.086,10$$

$$= \text{Rp.}4.694.696.808,61$$

7. Perawatan insulasi

Diperkirakan 10% dari harga insulasi. (Peters et.al., 2004)

$$= 0,1 \times \text{Rp.} 80.480.516.719,03$$

$$= \text{Rp.} 8.048.051.671,90$$

8. Perawatan inventaris kantor

Diperkirakan 10% dari harga inventaris kantor. (Peters et.al., 2004)

$$= 0,1 \times \text{Rp.} 20.120.129.179,76$$

$$= \text{Rp.} 2.012.012.917,98$$

9. Perawatan perlengkapan kebakaran

Diperkirakan 10% dari harga perlengkapan kebakaran. (Peters et.al., 2004)

$$= 0,1 \times \text{Rp.} 40.240.258.359,51$$

$$= \text{Rp.} 4.024.025.835,95$$

Total Biaya Perawatan = **Rp. 47.463.184.195,46**

LE.3.1.5 Biaya Tambahan Industri (*Plant Overhead Cost*)

Biaya tambahan industri ini diperkirakan 5% dari modal investasi tetap.

$$\text{Plant Overhead Cost} = 0,05 \times \text{Rp.} 1.078.732.060.202$$

$$= \text{Rp.} 53.936.603.010,$$

LE.3.1.6 Biaya Administrasi Umum

Diperkirakan 10% dari biaya tambahan

$$= 0,1 \times \text{Rp.} 53.936.603.010,$$

$$= \text{Rp.} 5.393.660.301,01$$

LE.3.1.7 Biaya Pemasaran dan Distribusi

Diperkirakan 5% dari biaya tambahan (Peters et.al., 2004)

$$= 0,05 \times \text{Rp.} 53.936.603.010$$

$$= \text{Rp.} 2.696.830.150$$

LE.3.1.8 Biaya Laboratorium. Penelitian dan Pengembangan

Diperkirakan 5% dari biaya tambahan industri. (Peters et.al., 2004)

$$= 0,05 \times \text{Rp. } 53.936.603.010,$$

$$= \text{Rp } 2.696.830.150,51$$

LE.3.1.9 Biaya Asuransi

1. Biaya asuransi pabrik adalah 1 % dari modal investasi tetap (Jamsostek, 2010)

$$= 0,01 \times \text{Rp. } 1.078.732.060.202$$

$$= \text{Rp } 10.787.320.602$$

2. Biaya asuransi karyawan

Premi asuransi 1% ditanggung oleh perusahaan dan dibayar 2 % langsung dari gaji karyawan. (Jamsostek, 2010)

Maka biaya asuransi karyawan = $0,01 \times \text{Rp. } 4.767.600.000,00$

$$= \text{Rp } 47.676.000,00$$

Total Asuransi = **Rp. 10.834.996.602,02**

LE.3.1.10 Pajak Bumi dan Bangunan

Pajak Bumi dan Bangunan adalah **Rp. 49.200.000,00**

Total Biaya Tetap (*Fixed Cost*) = **Rp. 322.080.328.871,05**

LE.3.2 Biaya Variabel

LE.3.2.1 Biaya Variabel Bahan Baku Proses dan Utilitas per tahun

Total biaya persediaan bahan baku proses dan utilitas selama 1 tahun adalah:

$$= \text{Rp. } 2.756.541.656.625,66$$

LE.3.2.2 Biaya Variabel Tambahan

Biaya variabel tambahan terbagi menjadi:

1. Biaya Perawatan dan Penanganan Lingkungan

Diperkirakan 5% dari biaya variabel bahan baku

$$= 0,05 \times \text{Rp. } 47.463.184.195,46$$

$$= \text{Rp. } 2.373.159.209$$

2. Biaya Variabel Pemasaran dan Distribusi

$$\begin{aligned} & \text{Diperkirakan 5\% dari biaya variabel bahan baku} \\ & = 0,05 \times \text{Rp. 2.696.830.150} \\ & = \text{Rp. 134.841.507,53} \end{aligned}$$

LE.3.2.3 Biaya Variabel Lainnya

$$\begin{aligned} & \text{Diperkirakan 5\% dari biaya variabel tambahan} \\ & = 0,05 \times \text{Rp. 53.936.603.010,} \\ & = \text{Rp. 2.696.830.150,51} \end{aligned}$$

$$\text{Total Biaya Variabel} = \text{Rp. 2.761.746.487.493}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Biaya Produksi} &= \text{Biaya Tetap} + \text{Biaya Variabel} \\ &= \text{Rp. 322.080.328.871,05} + \text{Rp. 2.761.746.487.493} \\ &= \text{Rp. 3.083.826.816.364,52} \end{aligned}$$

LE.4 Perkiraan Laba/Rugi Perusahaan

LE.4.1 Laba Sebelum Pajak (Bruto)

$$\begin{aligned} \text{Laba atas penjualan} &= \text{Total penjualan} - \text{Total biaya produksi} \\ &= \text{Rp. 3.773.383.099.200} - \text{Rp. 3.083.826.816.364} \\ &= \text{Rp. 689.556.282.835,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bonus perusahaan untuk karyawan 0,5\% dari laba atas penjualan} \\ &= 0,005 \times \text{Rp. 689.556.282.835,} \\ &= \text{Rp. 3.447.781.414} \end{aligned}$$

Pengurangan bonus atas penghasilan bruto sesuai dengan UU RI No. 17/00 Pasal 6 ayat 1 sehingga:

$$\text{Laba sebelum pajak (bruto)} = \text{Rp. 686.108.501.421,}$$

LE.4.2 Pajak Penghasilan

Berdasarkan UURI Nomor 17 ayat 1 Tahun 2000. Tentang Perubahan Ketiga atas Undang-undang Nomor 7 Tahun 1983 Tentang Pajak Penghasilan adalah (Rusjdi. 2004):

- Penghasilan sampai dengan Rp 50.000.000,- dikenakan pajak sebesar 10 %.
- Penghasilan Rp 50.000.000,- sampai dengan Rp 100.000.000,- dikenakan pajak sebesar 15 %.
- Penghasilan di atas Rp 100.000.000,- dikenakan pajak sebesar 30 %.

Maka pajak penghasilan yang harus dibayar adalah:

$$\begin{aligned}
 & - 10 \% \times \text{Rp } 50.000.000 && = \text{Rp. } 5.000.000 \\
 & - 15 \% \times (\text{Rp } 100.000.000 - \text{Rp } 50.000.000) && = \text{Rp. } 7.500.000 \\
 & - 30 \% \times (\text{Rp } 686.108.501.421,30 - \text{Rp } 100.000.000) && = \text{Rp } 205.802.550,426 \\
 \text{Total PPh} &&& = \text{Rp } 205.815.050.426
 \end{aligned}$$

LE.4.3 Laba setelah pajak

$$\begin{aligned}
 \text{Laba setelah pajak} &= \text{laba sebelum pajak} - \text{PPh} \\
 &= \text{Rp. } 686.108.501.421 - \text{Rp. } 205.815.050.426, \\
 &= \text{Rp. } 480.293.450.994
 \end{aligned}$$

LE.5 Analisa Aspek Ekonomi

LE.5.1 Profit Margin (PM)

$$\text{PM} = \frac{\text{Laba sebelum pajak}}{\text{Total penjualan}} \times 100 \%$$

$$\text{PM} = \frac{\text{Rp. } 686.108.501.421}{\text{Rp. } 3.773.383.099.200} \times 100 \%$$

$$\text{PM} = 18,18 \%$$

LE.5.2 Break Even Point (BEP)

$$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya Tetap}}{\text{Total Penjualan} - \text{Biaya Variabel}} \times 100 \%$$

$$\text{BEP} = \frac{\text{Rp. } 322.080.328.871,05}{\text{Rp. } 3.773.383.099.200 - \text{Rp. } 2.761.746.487,493} \times 100 \%$$

$$\text{BEP} = 31,83 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi pada titik BEP} &= 31,83 \% \times 119.399.995,44 \text{ kg/tahun} \\ &= 38.014.035,23 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai penjualan sabun transparan pada titik BEP} &= 31,83 \% \times 3.581.999.863.200 \\ &= \text{Rp } 1.140.421.056.934,03 \end{aligned}$$

LE.5.3 Return on Investment (ROI)

$$\text{ROI} = \frac{\text{Laba setelah pajak}}{\text{Total Modal Investasi}} \times 100 \%$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{Rp. } 480.293.450.994}{\text{Rp. } 2.874.465.638.189} \times 100 \%$$

$$\text{ROI} = 16,70 \%$$

LE.5.4 Pay Out Time (POT)

$$\text{POT} = \frac{1}{0,1670} \times 1 \text{ tahun}$$

$$\text{POT} = 5,984 \text{ tahun} = 6 \text{ tahun}$$

LE.5.5 Return on Network (RON)

$$\text{RON} = \frac{\text{Laba setelah pajak}}{\text{Modal sendiri}} \times 100 \%$$

$$\text{RON} = \frac{\text{Rp. } 480.293.450.994}{\text{Rp. } 2.012.125.946.732} \times 100 \%$$

$$\text{RON} = 23,86 \%$$

LE.5.6 Internal Rate of Return (IRR)

Untuk menentukan nilai IRR harus digambarkan jumlah pendapatan dan pengeluaran dari tahun ke tahun yang disebut 'Cash Flow'.

Untuk memperoleh *cash flow* diambil ketentuan sebagai berikut :

- Laba diasumsikan mengalami kenaikan 10% tiap tahun
- Harga tanah diasumsikan mengalami kenaikan 10% tiap tahun
- Amortisasi dihitung untuk 5 tahun

- Masa pembangunan disebut tahun ke-nol
- Jangka waktu *Cash Flow* dipilih 10 tahun
- Perhitungan dilakukan dengan menggunakan nilai pada tahun ke-10
- *Cash Flow* = Laba sesudah pajak + depresiasi + harga tanah + Amortisasi

Dari Tabel LE.11. diperoleh nilai IRR = 22,7751 %

