

# **PRA RENCANA PABRIK**

**BIOETANOL DARI MOLASE DENGAN PROSES SAKARIFIKASI  
FERMENTASI SIMULTAN DAN PEMURNIAN DENGAN  
MOLEKUL SIEVE  
KAPASITAS 42.00 KL/TAHUN**

## **PERANCANGAN ALAT UTAMA ADSORBER SKRIPSI**

**Disusun Oleh:**

**Novike Bela Sumanik**

**1014008**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2014**

AMERICAN AIRWAYS

AMERICAN AIRWAYS  
MEMBER OF THE AMERICAN AIRLINES SYSTEM  
MEMBER OF THE AMERICAN AIRLINES SYSTEM  
MEMBER OF THE AMERICAN AIRLINES SYSTEM  
MEMBER OF THE AMERICAN AIRLINES SYSTEM

AMERICAN AIRWAYS  
MEMBER OF THE AMERICAN AIRLINES SYSTEM  
MEMBER OF THE AMERICAN AIRLINES SYSTEM  
MEMBER OF THE AMERICAN AIRLINES SYSTEM

MEMBER OF THE AMERICAN AIRLINES SYSTEM

MEMBER OF THE AMERICAN AIRLINES SYSTEM

MEMBER OF THE AMERICAN AIRLINES SYSTEM

MEMBER OF THE AMERICAN AIRLINES SYSTEM  
MEMBER OF THE AMERICAN AIRLINES SYSTEM  
MEMBER OF THE AMERICAN AIRLINES SYSTEM  
MEMBER OF THE AMERICAN AIRLINES SYSTEM

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PRA RENCANA PABRIK**

**BIOETANOL DARI MOLASE DENGAN PROSES SAKARIFIKASI  
FERMENTASI SIMULTAN DAN PEMURNIAN DENGAN  
MOLEKUL SIEVE  
KAPASITAS 42.000 KL/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
ADSORBER**

**SKRIPSI**

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

**Disusun Oleh:**

**Novike Bela Sumanik                      1014008**

Malang, 5 Agustus 2014

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Jimmy, ST, MT.

NIP. Y1039900330

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT.

NIP. 195808021991032001



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

Nama : NOVIKE BELA SUMANIK  
NIM : 1014008  
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA  
Judul Skripsi : PRA RENCANA PABRIK BIOETANOL DARI MOLASE  
DENGAN PROSES SAKARIFIKASI FERMENTASI  
SIMULTAN DAN PEMURNIAN DENGAN MOLEKUL  
SIEVE KAPASITAS 42.000 KL/TAHUN

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

Hari : Senin  
Tanggal : 14 Juli 2014  
Nilai : B+

Ketua,



Jimmy, ST, MT.  
NIP. Y 1039900330


Sekretaris,



Elvianto Dwi Daryono ST, MT.  
NIP. P 1030000351

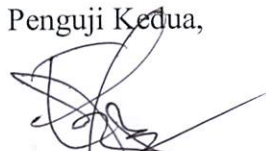
Anggota Penguji,

Penguji Pertama,



Jimmy, ST, MT.  
NIP. Y 1039900330

Penguji Kedua,



Elvianto Dwi Daryono ST, MT.  
NIP. P 1030000351

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah in:

Nama : NOVIKE BELA SUMANIK

NIM : 1014008

Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul:

### PRA RENCANA PABRIK

### BIOETANOL DARI MOLASE DENGAN PROSES SAKARIFIKASI FERMENTASI SIMULTAN DAN PEMURNIAN DENGAN MOLEKUL SIEVE KAPASITAS 42.000 KL/TAHUN

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

Malang, Agustus 2014

Yang membuat pernyataan,



*Novike Bela Sumanik*  
Novike Bela Sumanik

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Pra Rencana Pabrik Bioethanol Dari Molase Dengan Proses Sakarifikasi Fermentasi Simultan Dan Pemurnian Dengan Molekul Sieve Kapasitas 42.000 KI/Tahun – Perancangan Alat Utama Fermentor.*

Skripsi ini diajukan sebagai syarat dalam menempuh ujian Sarjana Jenjang Strata Satu (S – 1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang. Atas terselesaikannya skripsi ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Anang Subardi, MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. Bapak Jimmy, ST. MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia ITN Malang.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT., selaku Dosen Pembimbing skripsi.
5. Bapak Ibu Dosen-Dosen Jurusan Teknik Kimia.
6. Bapak Marselus Sumanik & Paskalia Sulastri selaku orangtua saya
7. Alivia Alfiarty, selaku Rekan penelitian dan skripsi
8. Denny Fernandes ,selaku sahabat istimewa
9. Ermy Dikta Sumanik ,selaku kakak terbaik
10. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu-persatu, yang membantu terselesaikannya skripsi ini.

Penyusun mengharapkan agar skripsi ini dapat berguna, terutama bagi seluruh mahasiswa Jurusan Teknik Kimia. Penyusun menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna sehingga kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penyusun harapkan.

Malang, Agustus 2014

Penyusun

**PRA RENCANA PABRIK**  
**BIOETANOL DARI MOLASE DENGAN PROSES SAKARIFIKASI**  
**FERMENTASI SIMULTAN DAN PEMURNIAN DENGAN MOLEKUL SIEVE**  
**KAPASITAS 42.000 KL/TAHUN**

Disusun Oleh:

Alivia Alfarty

1014013

Dosen Pembimbing:

Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT.

---

**ABSTRAK**

Etanol yang mempunyai rumus molekul  $C_2H_5OH$  mempunyai kegunaan selain sebagai bahan pelarut, bahan baku industri farmasi, kecantikan, dan kesehatan, bahan pembantu di industri makanan dan minuman, namun dengan kemurnian di atas 99% dapat digunakan sebagai substituen bahan bakar untuk meningkatkan bilangan oktan. Proses yang digunakan pada pembuatan etanol adalah proses sakarifikasi fermentasi serentak dan pemurnian dengan proses adsorpsi menggunakan molekul sieve dengan bahan baku molase.

Pabrik Bioetanol ini direncanakan didirikan di Banyuwangi, Jawa Timur, dengan kapasitas produksi sebesar 42000 KL/tahun dan mulai beroperasi pada tahun 2015. Model operasi yang diterapkan adalah sistem kontinue dengan waktu operasi 329 hari/tahun dan 24 jam/hari. Utilitas yang digunakan meliputi air, steam, listrik dan bahan bakar. Bentuk perusahaan ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi garis dan staf. Dari hasil perhitungan analisa ekonomi didapatkan TCI = Rp. 656.898.106.865; ROIAT = 41,5 %; IRR = 34,88 %; POT = 3,44 tahun; BEP = 22,8%. Dari hasil analisa ekonomi tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik Bioetanol ini layak untuk didirikan.

**Kata Kunci : Bioetanol, Molase, SSF**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
ABSTRAK.....	xi
BAB I     PENDAHULUAN.....	I     - 1
BAB II     SELEKSI DAN URAIAN PROSES .....	II    - 1
BAB III    NERACA MASSA.....	III   - 1
BAB IV    NERACA PANAS.....	IV   - 1
BAB V     SPESIFIKASI PERALATAN .....	V     - 1
BAB VI    RANCANGAN ALAT UTAMA .....	VI    - 1
BAB VII   INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA.....	VII   - 1
BAB VIII   UTILITAS .....	VIII  - 1
BAB IX    TATA LETAK .....	IX    - 1
BAB X     STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN.....	X     - 1
BAB XI    ANALISIS EKONOMI .....	XI    - 1
BAB XII   KESIMPULAN .....	XII   - 1
DAFTAR PUSTAKA .....	DP   - 1
APPENDIKS	
A NERACA MASSA	
B NERACA PANAS	
C SPESIFIKASI ALAT	
D UTILITAS	
E ANALISA EKONOMI	



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Produksi gula dan tetes .....	I	- 3
Tabel 1.2.	Komposisi molase/tetes tebu .....	I	- 4
Tabel 1.3.	Taksonomi <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	I	- 6
Tabel 1.4.	Spesifikasi <i>molecular sieve type 3A, 4 x 8 mesh</i> .....	I	- 7
Tabel 1.5.	Sifat-sifat fisik amonium fosfat .....	I	- 8
Tabel 1.6.	Sifat-sifat fisik asam sulfat .....	I	- 9
Tabel 1.7.	Spesifikasi standar bioetanol terdenaturasi untuk gasohol .....	I	- 10
Tabel 1.8.	Data konsumsi, produksi, impor, dan ekspor premium RON 88 .....	I	- 12
Tabel 1.9.	Data prosentase kenaikan premium di Indonesia .....	I	- 13
Tabel 2.1.	Uji awal reaksi pada pembuatan bioetanol dari molase.....	II	- 2
Tabel 2.2.	Seleksi proses.....	II	- 5
Tabel 3.1.	Neraca massa saat <i>start up</i> .....	III	- 1
Tabel 3.2.	Neraca massa keseluruhan saat <i>running</i> .....	III	- 2
Tabel 3.3.	Neraca massa di R-110 .....	III	- 3
Tabel 3.4.	Neraca massa di R-112 .....	III	- 4
Tabel 3.5.	Neraca massa di R-120 .....	III	- 5
Tabel 3.6.	Neraca massa di R-130 .....	III	- 6
Tabel 3.7.	Neraca massa di H-133 .....	III	- 7
Tabel 3.8.	Neraca massa di F-136.....	III	- 8
Tabel 3.9.	Neraca massa di H-141 .....	III	- 9
Tabel 3.10.	Neraca massa di H-140 .....	III	- 9
Tabel 3.11.	Neraca massa di F-142.....	III	-10
Tabel 3.12.	Neraca massa di F-144.....	III	- 11
Tabel 3.13.	Neraca massa di D-150 .....	III	- 11
Tabel 3.14.	Neraca massa di E-154 .....	III	- 12
Tabel 3.15.	Neraca massa di D-155 .....	III	- 12
Tabel 3.16.	Neraca massa di E-161 .....	III	- 13
Tabel 3.17.	Neraca massa di E-162 .....	III	- 14
Tabel 3.18.	Neraca massa di D-160 .....	III	- 14
Tabel 3.19.	Neraca massa di R-120 .....	III	- 15
Tabel 3.20.	Neraca massa di R-130 .....	III	- 17

Tabel 3.21.	Neraca massa di H-133 .....	III	- 18
Tabel 3.22.	Neraca massa di F-136.....	III	- 19
Tabel 3.23.	Neraca massa di H-141 .....	III	- 19
Tabel 3.24.	Neraca massa di H-140 .....	III	- 20
Tabel 3.25.	Neraca massa di H-142 .....	III	- 21
Tabel 3.26.	Neraca massa di F-144.....	III	- 21
Tabel 3.27.	Neraca massa di D-150 .....	III	- 22
Tabel 3.28.	Neraca massa di E-154 .....	III	- 22
Tabel 3.29.	Neraca massa di D-155 .....	III	- 23
Tabel 3.30.	Neraca massa di E-161 .....	III	- 24
Tabel 3.31.	Neraca massa di E-162 .....	III	- 24
Tabel 3.32.	Neraca massa di D-160 .....	III	- 25
Tabel 4.1.	Neraca panas di R-110.....	IV	- 1
Tabel 4.2.	Neraca panas di R-112.....	IV	- 2
Tabel 4.3.	Neraca panas di R-120.....	IV	- 3
Tabel 4.4.	Neraca panas di R-130.....	IV	- 4
Tabel 4.5.	Neraca panas di H-133.....	IV	- 5
Tabel 4.6.	Neraca panas di R-136.....	IV	- 5
Tabel 4.7.	Neraca panas di H-142.....	IV	- 6
Tabel 4.8.	Neraca panas di H-140.....	IV	- 6
Tabel 4.9.	Neraca panas di F-142 .....	IV	- 7
Tabel 4.10.	Neraca panas di F-144 .....	IV	- 7
Tabel 4.11.	Neraca panas di D-150.....	IV	- 8
Tabel 4.12.	Neraca panas di E-154 .....	IV	- 9
Tabel 4.13.	Neraca panas di D-155.....	IV	- 9
Tabel 4.14.	Neraca panas di E-161 .....	IV	- 10
Tabel 4.15.	Neraca panas di E-162 .....	IV	- 10
Tabel 4.16.	Neraca panas di D-160.....	IV	- 11
Tabel 5.1.	Ringkasan spesifikasi peralatan .....	V	- 1
Tabel 7.1.	Pemasangan alat control pada peralatan proses produksi .....	VII	- 3
Tabel 7.2.	Jenis alat pelindung yang harus digunakan.....	VII	- 8
Tabel 7.3.	Identifikasi bahaya & pertolongan pertama terhadap bahan.....	VII	- 11
Tabel 9.1.	Perkiraan perincian luas daerah pabrik bioetanol dari molase...	IX	- 4

Tabel 10.1.	Jadwal penggantian grup .....	X	- 12
Tabel 10.2.	Perincian kebutuhan tenaga kerja pabrik bioetanol .....	X	- 16
Tabel 10.3.	Daftar upah karyawan .....	X	- 19
Tabel 11.1.	<i>Plant cost</i> .....	XI	- 2
Tabel 11.2.	<i>Manufacturing cost</i> .....	XI	- 4

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Molase.....	I	- 5
Gambar 1.2.	Dry yeast .....	I	- 7
Gambar 1.3.	<i>Roodmap</i> sektor energy bioethanol.....	I	- 12
Gambar 1.4	Peta lokasi pabrik bioetanol dari molase .....	I	- 20
Gambar 2.1.	Blok diagram proses SHF .....	II	- 3
Gambar 2.2.	Blok diagram proses SSF.....	II	- 3
Gambar 2.3.	Blok diagram proses .....	II	- 7
Gambar 7.1.	Pengendalian aliran pada pompa dan jalur <i>valve</i> .....	VII	- 3
Gambar 7.2.	Pengendalian aliran pada reboiler.....	VII	- 4
Gambar 7.3.	Jalur evakuasi dan pemadam kebakaran .....	VII	- 9
Gambar 9.2.	Skema tata letak pabrik bioethanol dari molase .....	IX	- 3
Gambar 10.1.	Struktur organisasi pabrik bioethanol dari molase .....	X	- 10

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Setiap tahun di Indonesia terjadi peningkatan kebutuhan energi sejalan dengan populasi penduduk yang semakin bertambah. Berdasarkan data *Indonesia Energi Outlook 2010 (IEO)*, kebutuhan energi Indonesia tahun 2030 adalah BBM 31,1%, gas bumi 23,7%, listrik 18,7%, batu bara 15,2%, biomassa 6,1%, BBN 2,7% dan LPG 2,4%. Menurut jenis energinya, permintaan energi final masa mendatang masih didominasi oleh BBM. <sup>[1]</sup>

Akan tetapi kebutuhan BBM yang melambung tinggi tidak diiringi dengan peningkatan produksi BBM, sehingga terjadi kelangkaan BBM, harga BBM menjadi sangat mahal, dan diikuti dengan kenaikan harga kebutuhan pokok yang mengakibatkan terganggunya sektor perekonomian, sehingga pemerintah melakukan impor BBM agar total kapasitas produksi bahan bakar memenuhi kebutuhan. Dengan meningkatnya impor minyak, berarti biaya yang harus ditanggung pemerintah Indonesia akan semakin meningkat pula, oleh sebab itu perlu dipertimbangkan energi terbarukan untuk dijadikan alternatif. Bioetanol adalah salah satu alternatif sumber energi yang dapat menekan tingginya harga minyak dunia. <sup>[2]</sup>

Pertambahan populasi penduduk yang disertai dengan meningkatnya kesejahteraan masyarakat akan berdampak pada makin meningkatnya kebutuhan sarana transportasi sehingga akan meningkat pula kebutuhan BBM dan aktivitas industri. Hal ini akan menyebabkan isu lingkungan hidup yang cukup serius seperti hujan asam dan pemanasan global. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) adalah gas rumah kaca yang jumlahnya di udara terus meningkat sehingga menyebabkan efek pemanasan global, dari data IEO 2010 diperkirakan pada tahun 2020 emisi gas CO<sub>2</sub> akan meningkat menjadi sekitar 1000 juta ton dan terus meningkat menjadi 2129 juta ton di tahun 2030. Emisi gas CO<sub>2</sub> saat ini telah menjadi suatu parameter yang penting untuk diperhatikan dalam pembangunan di berbagai sektor, termasuk sektor energi. Menurut sumbernya emisi gas CO<sub>2</sub> berasal dari pembakaran batubara (50,1%), gas bumi (26%) dan minyak bumi (23,9%). Sektor industri merupakan sektor penyumbang emisi CO<sub>2</sub> terbesar diikuti oleh sektor rumah

tangga, transportasi, dan komersial. Melalui upaya konservasi dan pemanfaatan energi terbarukan emisi CO<sub>2</sub> dapat ditekan menjadi sekitar 0,73 giga ton pada 2020. <sup>[1]</sup>

Kebijakan pemerintah untuk mendukung pengembangan bahan bakar alternatif (bahan bakar nabati (BBN)) dituangkan mulai dari peringkat hukum tertinggi (Undang-Undang Energi), secara bertingkat kepada Keppres, Inpres, Deklarasi, sampai kepada penunjukkan Tim Kerja Tingkat Nasional. Daftar urut Kebijakan pemerintah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Rencana Undang-Undang RI (sedang dalam proses pembahasan di DPR). Salah satu isinya adalah menekankan pada peningkatan pemanfaatan energi baru dan terbarukan.
2. Peraturan Presiden No. 5/2006 tanggal 25 Januari 2006 tentang Kebijakan Ekonomi Nasional. Pokok isinya adalah pada tahun 2025 ditargetkan bahan energi terbarukan harus sudah mencapai lebih dari 5% dari kebutuhan energi nasional, sedangkan BBM ditargetkan menurun sampai dibawah 20%.
3. Instruksi Presiden No. 1/2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan alternatif pengganti BBM. Isi Inpres tersebut adalah Presiden menginstruksikan kepada 15 Menteri Negara, Gubernur, dan Bupati/Walikota untuk mengambil langkah-langkah percepatan pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar alternatif.
4. Deklarasi Bersama tanggal 12 Oktober 2005 tentang gerakan nasional penanggulangan kemiskinan dan krisis BBM melalui rehabilitasi dan reboisasi 10 juta ha lahan kritis dengan tanaman yang menghasilkan energi pengganti BBM. Deklarasi tersebut ditandatangani oleh 30 Menteri dan Menteri Negara, BUMN, Perguruan Tinggi, dan LSM yang isinya adalah mendukung, menasiliatsi, dan mengembangkan seluruh aspek yang terkait dalam pengembangan energi terbarukan.
5. Presiden menginstruksikan Menteri Kehutanan untuk memberikan izin pemanfaatan lahan hutan tidak produktif bagi pengembangan bahan baku energi terbarukan.
6. Keputusan Menteri koordinator bidang perekonomian Nomor: Kep. 11/Mekon/02/2006, tentang tim koordinasi program Aksi penyediaan dan pemanfaatan tim koordinasi tingkat Nasional penyediaan dan pemanfaatan energi alternatif yang diketuai oleh Deputy Bidang koordinasi Energi Sumber daya Mineral dan Kehutanan dengan tim pengarah 11 Menteri dan Menteri Negara. <sup>[3]</sup>

Bioetanol sebagai salah satu energi terbarukan pengganti bahan bakar fosil, dapat diproduksi dari biomassa yang mengandung gula, pati, dan selulosa. Salah satu alternatif yang cukup potensial adalah pemanfaatan molase atau tetes tebu sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Molase merupakan hasil samping dari industri gula yang mengandung gula sekitar 50-60%, larutan gula *viscous* yang tidak dapat dikristalkan lagi. Produksi molase mempunyai pangsa pasar yang relatif besar. Ketersediaan molase kian bertambah seiring dengan peningkatan produksi gula setiap tahunnya, berikut adalah data produksi gula dan tetes tahun 2011 dan 2012 di Jawa timur dari PTPN XI yang dipublikasikan tahun 2012.

Tabel 1.1. Produksi gula dan tetes <sup>[4]</sup>

No.	Uraian	Satuan	2011	2012
1.	Luas area tebu giling	Ha	70.485,8	82.171,2
2.	Total tebu giling	Ton	4.388.716,3	5.299.901,3
3.	Total produksi gula	Ton	324.831,3	429.072,3
4.	Total produksi tetes	Ton	239.014,6	286.995,6

## 1.2. Bahan Baku Dan Produk

### 1.2.1. Bahan baku

#### A. Molase

Molase adalah cairan kental berwarna hitam kecoklatan, menyerupai kecap, diperoleh dari effluent proses kristalisasi gula secara berulang.<sup>[5]</sup> Pembentukan molase dapat dijelaskan berdasarkan teori mekanik dan teori kimia. Secara mekanik, molase terbentuk karena adanya penurunan laju kristalisasi yang tergantung pada perpindahan molekul gula terlarut dari fasa cair menuju permukaan kristal gula. Secara kimia, pembentukan molase terjadi karena adanya kelarutan yang bervariasi antara campuran gula, air, garam, dan komponen non-gula lainnya. Komposisi rata-rata dari molase (tetes tebu) dapat dilihat pada tabel 1.2.

Tabel 1.2. Komposisi molase/tetes tebu <sup>[4]</sup>

Komponen	Kadar (%)
Air	20,0
Komponen organik :	
Gula : Sukrosa	32,0
Glukosa	14,0
Fruktosa	16,0
Non-gula : Material nitrogen, asam bebas dan terikat, substansi getah terlarut	10,0
Komponen anorganik :	
SiO <sub>2</sub>	0,5
K <sub>2</sub> O	3,5
CaO	1,5
MgO	0,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2
Residu sulfat (sebagai SO <sub>3</sub> )	1,6
Klorida	0,4

Selain komponen yang telah disebutkan dalam tabel 1.2, molase juga mengandung beberapa komponen minor. Molase mengandung banyak elemen dengan konsentrasi yang sangat rendah, yang disebut dengan elemen penjejak (*trace elements*). Elemen penjejak ini terdiri dari barium, timbal, besi, kobalt, tembaga, perak, silikon, strontium, talium, dan seng. Selain itu, terdapat pula kandungan iodin, mangan, dan molibdenum. Data komponen yang terdapat dalam molase pada tabel 1.2. merupakan data umum. Karakteristik bahan yang digunakan dalam perancangan pabrik ini mengacu pada prosentase kandungan pada bahan molase komersial di Indonesia yang dicantumkan dalam bab neraca massa.

Komponen minor lain dari molase adalah vitamin dan zat yang membantu pertumbuhan. Molase tebu memiliki kandungan biotin yang lebih tinggi dari molase bit oleh karena itu perolehan ragi dengan substrat molase bit lebih rendah dari molase tebu. Molase tebu mengandung asam pantotenik yang relatif lebih



rendah dari molase bit. Selain biotin, molase tebu juga mengandung vitamin B1, B2, B6, dan asam folat. Molase tidak memiliki kandungan vitamin C. <sup>[5]</sup>

Molase dipilih sebagai bahan baku bioetanol karena mempunyai kelebihan sebagai berikut:

- Tersedia dalam jumlah yang relatif banyak
- Tidak membutuhkan proses pretreatment yang banyak jika dibandingkan dengan bahan pati dan selulosa
- Meniadakan limbah



Gambar 1.1. Molase <sup>[8]</sup>

Spesifikasi molase yang tersedia di Jawa Timur umumnya adalah derajat brix minimal 82 °brix (1 °brix menyatakan 1 gram sukrosa dalam 100 gr larutan), kandungan gula dalam molase sekitar 55%, dengan komposisi 35-45% sukrosa, 5-10% glukosa, dan 5-10% fruktosa. Harga dari molase ini berkisar antara Rp800-1500 tiap kg. <sup>[13]</sup>

#### B. *Saccharomyces cerevisiae*

*Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroorganisme yang termasuk dalam kelompok ragi (*yeast*). Ragi jenis ini merupakan mikroorganisme universal industrial yang paling banyak digunakan. Pada kondisi tertentu, ragi dapat membentuk fase hidup *yeast-mould dimorphism*. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan kelompok ascomycetes. Hierarki taksonomi dari *Saccharomyces cerevisiae* dapat dilihat pada tabel 1.3.

Tabel 1.3. Taksonomi *Saccharomyces cerevisiae*

<i>Taxonomic Category</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>Kingdom</i>	<i>Fungi</i>
<i>Division</i>	<i>Ascomycota</i>
<i>Subdivision</i>	<i>Ascomycotina</i>
<i>Class</i>	<i>Hemiascomycete</i>
<i>Order</i>	<i>Endomycetales</i>
<i>Family</i>	<i>Saccharomycetaceae</i>
<i>Subfamily</i>	<i>Saccharomyetoideae</i>
<i>Genus</i>	<i>Saccharomyces</i>
<i>species</i>	<i>Cerevisae</i>

Sumber : *Eukaryotic Microbes*

*Saccharomyces cerevisiae* memiliki bentuk fisik bulat atau mendekati elipsoidal dan ukuran bervariasi dari lebar 1-7  $\mu\text{m}$  dan panjang 5-10  $\mu\text{m}$ .

Ragi atau fermipan merupakan zat yang menyebabkan fermentasi. Ragi biasanya mengandung mikroorganisme yang melakukan fermentasi dan media biakan bagi mikroorganisme tersebut. Media biakan ini dapat berbentuk butiran-butiran kecil atau cairan nutrien. Ragi umumnya digunakan dalam industri makanan (untuk membuat makanan dan minuman hasil fermentasi seperti acar, tempe, tape, roti, dan bir) dan industri penghasil etanol.

Mikroorganisme yang digunakan di dalam ragi umumnya terdiri atas berbagai bakteri dan fungi (khamir dan kapang), yaitu *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Amylomyces*, *Endomycopsis*, *Saccharomyces*, *Hansenula anomala*, *Lactobacillus*, *Acetobacter*, dan sebagainya.

Ragi yang digunakan dalam perancangan pabrik ini adalah ragi roti jenis *dry yeast Saccharomyces cereviceae*. Alasan digunakannya ragi jenis ini adalah karena kemampuan fermentasinya yang tinggi terhadap glukosa dan sukrosa sehingga mampu menghasilkan alkohol yang lebih tinggi (10-12%), selain itu ragi ini tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi (sampai 15%) sehingga dengan produk alkohol dengan kisaran kadar 10% tidak menjadi masalah bagi keberlangsungan hidup *yeast*. *Yeast* ini tahan terhadap pH rendah (3,5-5) sehingga dengan kondisi fermentasi yang ber-pH rendah, pertumbuhan mikroorganisme lain dapat

dihindari. Namun, *Saccharomyces cereviceae* tidak tahan terhadap tekanan osmosis tinggi, dengan kata lain °brix harus dijaga lebih rendah atau encer, hal ini mengakibatkan semakin banyak pula limbah yang dihasilkan. Disisi lain, ragi ini merupakan jenis ragi yang dijual secara umum sehingga ketersediaannya mudah. [6]



Gambar 1.2. *Dry yeast* [7]

### C. Molekul *sieve*

Molekul *sieve* yang digunakan untuk proses pemurnian adalah *Ethanol Drying Grade Molecular Sieve Type 3A, 4 x 8 Mesh, Beaded* dengan rumus formula  $K_{12}[(AlO_2)_{12}(SiO_2)_{12}] \cdot nH_2O$ .

Tabel 1.4. Spesifikasi *molecular sieve type 3A, 4 x 8 mesh*

Parameter	Nilai	Unit
Ukuran partikel	4 x 8	<i>mesh</i>
	2,5 - 5	mm
Nominal pori yang terbuka	3	angstrom
Equilibrium kapasitas air 23 ± 5°C 50% RH	25	% berat
Densitas	0.80	g/ml
<i>Crush Strength</i>	≥ 100	N
	≥ 22.5	lbs
Panas adsorpsi	1800	BTU/lb dari H <sub>2</sub> O
<i>Attrition</i>	≤ 0.2	% berat
<i>Package Moisture</i>	≤ 1.5	% berat

### 1.2.2. Bahan pembantu

#### A. Amonium fosfat

Amonium fosfat berfungsi sebagai nutrisi penunjang proses fermentasi.

Tabel 1.5. Sifat-sifat fisik amonium fosfat <sup>[9]</sup>

Parameter	Keterangan
Rumus kimia	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
Berat molekul	115,03 g/mol
Fasa dan penampakan	Padat
Warna	Putih
Bau	Tidak berbau, memiliki bau amonia yang samar.
<i>Specific Gravity</i>	1,803
Kelarutan	Mudah larut dalam air panas, larut dalam air dingin, tidak larut dalam aseton. Kelarutan dalam air 22.7 g/100 mL pada 0 °C; 173.2 g/100 mL pada 100 °C

#### B. Asam sulfat

Asam sulfat berfungsi untuk mengatur pH sehingga keasaman proses fermentasi mencapai kondisi optimum. Selain itu, asam sulfat dapat mengendapkan ion-ion terlarut seperti Ca dan Mg yang dapat meningkatkan tekanan osmotik sehingga menghambat proses fermentasi. Asam sulfat juga menghambat kemungkinan tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme lain yang tidak tahan asam, dan mempercepat hidrolisa sukrosa menjadi monosakarida sehingga proses fermentasi dapat berlangsung lebih cepat.

Tabel 1.6. Sifat-sifat fisik asam sulfat <sup>[9]</sup>

Parameter	Keterangan
Rumus kimia	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Berat molekul	98.08 g/mol
Fasa dan penampakan	Cair
Warna	Tidak berwarna
Bau	Tidak berbau, namun berbau terbakar jika panas
Rasa	Asam dengan rasa yang sangat kuat
<i>Specific Gravity</i>	1,84
pH (1% asam/air)	Asam
Titik didih	270°C (518°F) - 340 °C, terdekomposisi pada 340 °C
Titik leleh	-35°C (-31°F) - 10.36 °C (kemurnian 93% - 100%)
Densitas uap	3,4
Kelarutan	Mudah larut dalam air dingin, larut dalam alkohol

### C. Defoaming

Defoaming adalah *emulsion agent* yang ditambahkan untuk mengurangi pembentukan busa dalam proses fermentasi.

### D. Air proses

Air untuk keperluan ini harus memenuhi syarat-syarat agar air yang digunakan tidak merusak peralatan, mempengaruhi bahan, dan mempengaruhi reaksi. Syarat-syaratnya antara lain:

- Tampak = jernih
- Karbon dioksida = sangat kecil
- Silika = 0,02 ppm
- Besi = 0,02 ppm
- Tembaga = 0,5 ppm
- Oksigen = 0,02 mg/L
- Kesadahan = sangat kecil
- Minyak = 0,5 ppm

Air juga harus bebas dari zat-zat yang menyebabkan korosi, yaitu gas-gas terlarut seperti O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub>, dan zat-zat yang menyebabkan busa, yaitu zat organik, anorganik dan zat-zat tak larut dalam jumlah yang besar. <sup>[23]</sup>

### 1.2.3. Produk utama

Etanol merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari, dan banyak digunakan sebagai pelarut berbagai bahan-bahan kimia yang ditujukan untuk konsumsi dan kegunaan manusia. Contohnya adalah pada parfum, perasa, pewarna makanan, dan obat-obatan. Dalam kimia, etanol adalah pelarut yang penting sekaligus sebagai stok umpan untuk sintesis senyawa kimia lainnya. Dalam sejarahnya etanol telah lama digunakan sebagai bahan bakar. Berdasarkan penelitian dari BPPT kelayakan bioetanol sebagai substitusi premium adalah 10% etanol dicampur dengan 90% premium. Etanol dalam hal ini adalah *Anhydrous Ethanol* (99,5% v/v) atau bioetanol.

Tabel 1.7. Spesifikasi standar bioetanol terdenaturasi untuk gasohol <sup>[14]</sup>

Parameter uji	Satuan min/maks	Persyaratan <sup>a)</sup>
Kadar etanol <sup>b)</sup>	%-v, min	99,5 (setelah didenaturasi dengan <i>denatonium benzoat</i> ) 94,0 (setelah didenaturasi dengan hidrokarbon)
Kadar metanol	%-v, maks	0,5
Kadar air	%-v, maks	0,7
Kadar denaturan: Hidrokarbon atau Denatonium Benzoat	%-v mg/l	2 – 5 4 – 10
Kadar tembaga (Cu)	mg/kg, maks	0,1
Keasaman sebagai asam asetat	mg/L, maks	30
Tampakan		Jernih dan terang, tidak ada endapan dan kotoran
Kadar ion klorida (Cl <sup>-</sup> )	mg/L, maks	20
Kandungan belerang (S)	mg/L, maks	50
Kadar getah purwa dicuci ( <i>washed gum</i> )	mg/100ml, maks	5,0

a) Jika tidak diberikan catatan khusus, nilai batasan (spesifikasi) yang tertera adalah nilai untuk bioetanol yang sudah didenaturasi dan akan dicampurkan ke dalam bensin pada kadar sampai dengan 10%-v.

b) FGE umumnya memiliki berat jenis dalam rentang 0,7936 - 0,7961 pada kondisi 15,56/15,56 °C, atau dalam rentang 0,7871 - 0,7896 pada kondisi 25/25 °C, diukur dengan cara piknometri atau hidrometri yang sudah sangat lazim diterapkan di dalam industri alkohol.

#### 1.2.4. Produk samping

##### A. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) cair

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), merupakan senyawa kimia yang merupakan gas yang tidak berwarna serta tidak berbau. CO<sub>2</sub> cair *food grade* pada umumnya selain digunakan oleh industri makanan, juga digunakan oleh industri-industri: tembakau, *welding*, *dry ice* dan *frozen foods*. Carbon dioksida akan diolah oleh *frozen CO<sub>2</sub> company* yang terpisah dari pabrik utama yang akan dirancang.

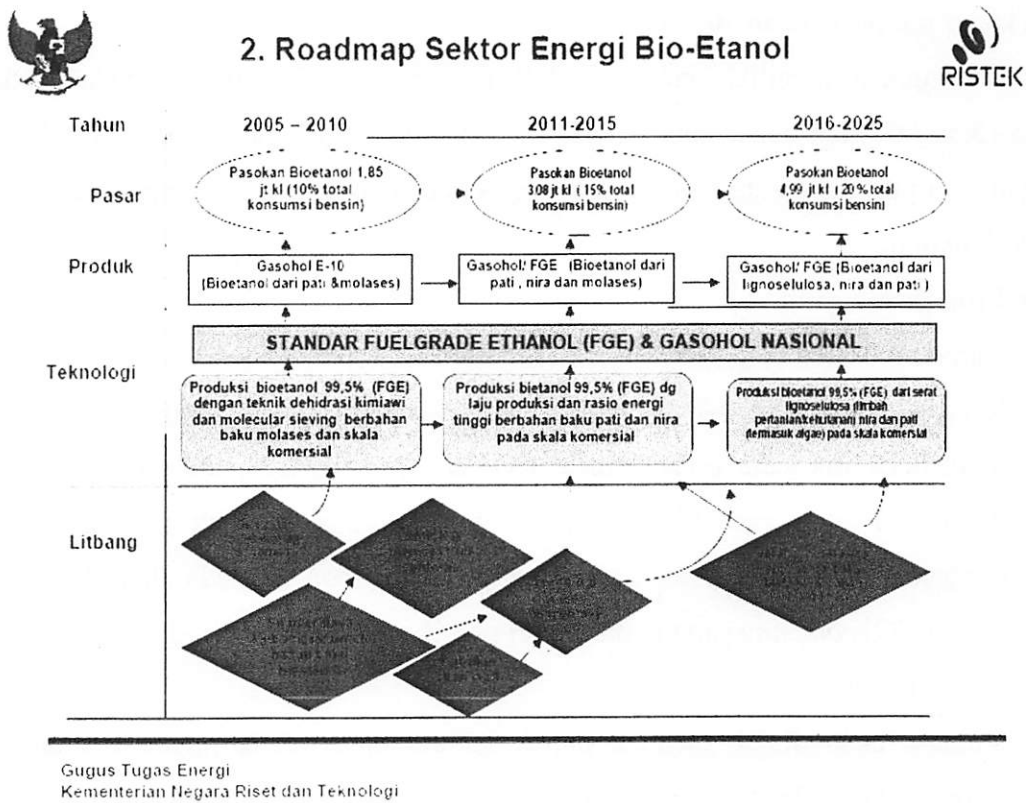
##### B. Pupuk kalium

Vinnase akan diolah menjadi pupuk kalium oleh pabrik pupuk kalium yang terpisah dari pabrik utama. Pupuk Kalium, mengandung 4 (empat) unsur utama yaitu K<sub>2</sub>O (Kalium) , MgO, S, CaO, unsur mikro lain: Fe, Mn, Zn, B, Mo dan CO. Pupuk Kalium bisa dipakai sebagai pupuk dasar maupun pupuk susulan, yang berguna untuk meningkatkan berat dan mutu hasil pertanian, pada tananam: Kentang, Kubis, Bawang merah, Bawang Putih, Apel, Anggur, Jeruk, Semangka, melon, tomat, Lombok, Tembakau, Padi, tebu, Jagung, dan lain-lain. Vinnase akan diolah oleh pabrik pupuk yang terpisah dari pabrik utama yang akan dirancang.

##### C. *Fussel oil*

*Fussel oil* merupakan produk samping hasil fermentasi, sedangkan produk fermentasi yang diinginkan adalah etanol. Akan tetapi, dalam kenyataannya terdapat pengotor-pengotor dari produk etanol, yaitu asetaldehid, metanol, 2-propanol, 1-propanol, diacetyl (2,3-butane-dion), 2-butanol, isobutanol, 1-butanol, 2-pentanol, dan isoamil alkohol. Campuran dari pengotor-pengotor tersebut adalah *fussel oil*.

1.3. Analisis Pasar



Gambar 1.3. Roadmap sektor energi bioetanol [10]

Tabel 1.8. Data konsumsi, produksi, impor, dan ekspor premium RON 88 [11]

Tahun	Konsumsi (kl)	Produksi (kl)	Impor (kl)	Ekspor (kl)
2005	16621765	11288,93661	6202000	8,139264
2006	15941837	11159,694	5841000	5,88189
2007	16962198	11340,44289	7069000	7,535178
2008	19112241	11510,06388	8572000	6,104448
2009	20802405	11883,16647	10263000	20,713791
2010	22391362	10622,3754	12283000	3,799383
2011	24766975	10247,2062	15248000	12,654012



Tabel 1.9. Data prosentase kenaikan premium di Indonesia

Tahun	Konsumsi (%)	Produksi (%)	Impor (%)	Ekspor (%)
2005	0	0	0	0
2006	-4,0906%	-1,1449%	-5,8207%	-27,7344%
2007	6,4005%	1,6197%	21,0238%	28,1081%
2008	12,6755%	1,4957%	21,2618%	-18,9873%
2009	8,8434%	3,2415%	19,7270%	239,3229%
2010	7,6383%	-10,6099%	19,6824%	-81,6577%
2011	10,6095%	-3,5319%	24,1391%	233,0544%
Rata-rata	7,0128%	-1,4883%	16,6689%	62,0177%

Dari data 1.8 dan 1.9 diatas, dapat dihitung kapasitas pabrik premium yang akan dibangun pada tahun 2015, sebagai berikut:

$$M = M_0 \times (1+i)^n \dots\dots\dots (1.1)$$

Dimana:

$M$  : Jumlah kenaikan pada tahun 2015

$M_0$  : Jumlah kenaikan pada tahun 2011

$n$  : Selisih tahun (2015 – 2011= 4 tahun)

$i$  : Prosentase kenaikan <sup>[29]</sup>

a. Kosumsi premium pada tahun 2015 dengan kenaikan rata-rata produksi 6,2853%

$$\begin{aligned} M_5 &= M_0 \times (1+i)^n \\ &= 24766975 \times (1 + 0,070128)^4 \\ &= 32479954,9300 \end{aligned}$$

b. Produksi premium pada tahun 2015 dengan kenaikan rata-rata produksi 6,6833%

$$\begin{aligned} M_1 &= M_0 \times (1+i)^n \\ &= 10247,2062 \times (1 - 0,014883)^4 \\ &= 9650,6589 \end{aligned}$$

c. Impor premium pada tahun 2015 dengan kenaikan rata-rata produksi -1,0557%

$$\begin{aligned} M_2 &= M_0 \times (1+i)^n \\ &= 15248000 \times (1 - 0,166689)^4 \\ &= 28250960,4267 \end{aligned}$$

d. Ekspor premium pada tahun 2015 dengan kenaikan rata-rata produksi 66,9484%

$$\begin{aligned} M_4 &= M_0 \times (1+i)^n \\ &= 12,654012 \times (1 + 0,620177)^4 \\ &= 87,1922 \end{aligned}$$

e. Kapasitas pabrik premium pada tahun 2015

$$\begin{aligned} M_1 + M_2 + M_3 &= M_4 + M_5 \\ M_3 &= (M_4 + M_5) - (M_1 + M_2) \\ &= (87,1922 + 32479954,9300) - (9650,6589 + 28250960,4267) \\ &= 4219431,0367 \end{aligned}$$

Kebutuhan produksi akan premium mencapai 4.219.431,0367 kl. Berdasarkan Roadmap dalam gambar 1.3, Sektor Energi Bioetanol Kementrian Negara Riset dan Teknologi pada tahun 2015 diperkirakan pasokan bioetanol yang dibutuhkan adalah 15% dari total konsumsi premium. Sehingga, dapat diketahui bahwa kebutuhan produksi bioetanol mencapai 632914,6555 kl.

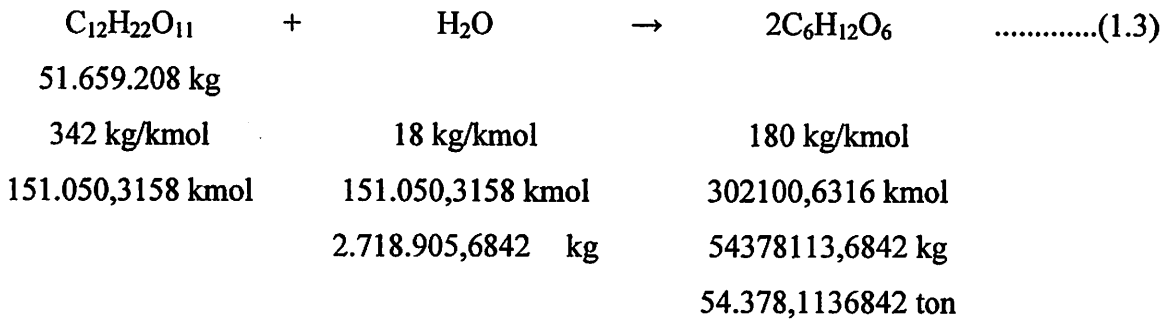
Berdasarkan ketersediaan bahan baku yang tercantum di tabel 1.1, ketersediaan molase pada tahun 2012 adalah 286.995,6 ton untuk wilayah Jawa Timur. Dari Jumlah tersebut, diketahui bahwa 60% <sup>[15]</sup> telah digunakan sebagai bahan baku beberapa industri etanol dan industri makanan, sehingga jumlah molase yang tersedia untuk perencanaan pabrik baru adalah 114.798,24 ton.

Secara ringkas, pembentukan etanol dari glukosa adalah sebagai berikut menurut persamaan *Gay Lussac*: <sup>[12]</sup>



Setiap mol glukosa terfermentasi menghasilkan 2 mol etanol, CO<sub>2</sub> dan ATP. 180 gram glukosa, menghasilkan 92 gram etanol (berdasarkan stokiometri). Oleh karena itu secara teoritis setiap gram glukosa memberikan 0,511 gram etanol (tetapan *Gay Lussac* = 0,511 kg etanol / kg FS). Dalam molase, terkandung 55% fermentable sugar, sehingga dapat dihitung perolehan etanol dari fermentasi 1 kg glukosa. Dalam 1 kg molase, terdapat 0,5736 kg glukosa. <sup>[13]</sup>

Bahan baku tersedia adalah 114.798,24 ton atau 114.798.240 kg. Terdiri dari 5.739.912 kg glukosa, 5.739.912 kg fruktosa dan 51.659.208 kg sukrosa.



Total gula dari bahan baku tersedia adalah 65.857.937,6842 kg. Dari data tersebut dapat ditentukan kapasitas pabrik baru yang akan didirikan, yaitu sebesar 42.000.000 liter per tahun, atau 42.000 kl/tahun (33.138 ton/tahun), untuk memenuhi 10% dari kebutuhan bioetanol nasional.

Pabrik yang akan didirikan beroperasi secara kontinyu, didesain untuk beroperasi selama 24 jam per hari, 7 hari dalam satu minggu, sepanjang tahun. Beberapa waktu untuk *shut down* diperlukan untuk *maintanance* dan regenerasi katalis. *Plant attainment* merupakan persen dari jam tersedia dalam satu tahun pabrik beroperasi, biasanya berkisar antara 90-95%.<sup>[16]</sup>

$$\text{Attainment \%} = \frac{\text{hours operated}}{8760} \times 100 \dots\dots\dots(1.2)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hari produksi} &= 329 \text{ hari} \\
 \text{Jam produksi} &= 329 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \\
 &= 7896 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Attainment \%} &= \frac{7896}{8760} \times 100 \\
 &= 90,2\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hari blow down} &= 36 \text{ hari} \\
 \text{Jumlah blow down} &= 3 \text{ kali/tahun} \\
 &= 12 \text{ hari/blow down}
 \end{aligned}$$

#### 1.4. Pemilihan Lokasi

Lokasi suatu pabrik adalah salah satu faktor peting untuk pentuan keberhasilan pabrik yang akan didirikan. Lokasi tersebut harus berdasarkan teknis pengoperasian pabrik dan sudut pandang ekonomisnya dari perusahaan tersebut yang mana dapat mempengaruhi lancar atau tidaknya produksi dari pabrik. Oleh karena itu perlu diadakan seleksi dan evaluasi, sehingga lokasi yang dipilih memenuhi persyaratan bila

ditinjau dari beberapa segi parameter berdirinya pabrik. Pengoperasian suatu pabrik pada dasarnya ditentukan oleh 4 faktor utama, sedangkan untuk lokasi yang tepat berdirinya pabrik tersebut ditentukan berdasarkan faktor khusus, adapun faktor-faktor tersebut meliputi:

#### A. Faktor utama

##### 1. Penyediaan bahan baku

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada penyediaan bahan baku meliputi:

- Letak sumber bahan baku
- Kapasitas sumber bahan baku
- Cara memperoleh dan membawanya ke pabrik
- Kualitas bahan baku yang ada

##### 2. Pemasaran

Hal-hal yang harus diperhatikan mengenai daerah pemasaran meliputi:

- Daerah dimana produk akan dipasarkan
- Daya serap pasar dan prospek yang akan datang
- Pengaruh saingan yang ada
- Jarak daerah pemasaran dan cara mencapai daerah tersebut

##### 3. Utilitas

###### a. Tenaga listrik dan bahan bakar

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam utilitas meliputi:

- Kemungkinan pengadaan listrik dan PLN
- Sumber bahan bakar
- Harga listrik dan bahan bakar

###### b. Sumber air

Air biasanya diperoleh dari beberapa sumber diantaranya:

- Dari sungai
- Dari PDAM
- Dari kawasan industri (sumber air tanah)

Jika kebutuhan air besar, maka pemakaian air sumber/air sungai lebih ekonomis, hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- Kemampuan sumber untuk melayani pabrik
- Kualitas air sumber yang ada

- Pengaruh musim terhadap ketersediaan air
- Nilai ekonominya

#### 4. Keadaan geografis dan iklim

Hal-hal yang perlu diperhatikan:

- Keadaan alam yang akan mempengaruhi tinggi rendahnya investasi untuk
- Konstruksi bangunan
- Kelembaban dan temperatur udara
- Adanya badai, angin topan dan gempa bumi

#### B. Faktor khusus

##### 1. Transportasi

Transportasi perlu diperhatikan untuk kelancaran penyediaan bahan baku dan penyaluran produk agar terjamin dengan biaya operasional transportasi yang mana dengan biaya serendah mungkin dan waktu yang relatif singkat penyaluran produk dapat terlaksana. Oleh karena itu perlu diperhatikan fasilitas-fasilitas yang ada seperti:

- Jalan raya yang dapat dilalui kendaraan yang bermuatan berat
- Lokasi pabrik dekat dengan pelabuhan yang memadai

##### 2. Tenaga kerja

Tenaga kerja dibagi menjadi dua macam yaitu tenaga kerja ahli dan tenaga kerja non ahli. Tenaga kerja tersebut dapat diperoleh dari daerah sekitarnya.

##### 3. Undang-Undang dan peraturan

Undang-Undang dan peraturan yang perlu diperhatikan antara lain:

- Ketentuan tentang daerah industri
- Ketentuan tentang penggunaan jalan umum yang ada
- Ketentuan umum lain bagi industri didaerah lokasi pabrik

##### 4. Perpajakan dan asuransi

Hal-hal yang harus diperhatikan mengenai perpajakan dan asuransi meliputi:

- Macam-macam pajak dan sistem yang berlaku, misalnya pajak kekayaan, pajak penghasilan, pajak persero, dan peraturan yang berhubungan dengan perpajakan.

- Asuransi peralatan, asuransi jiwa, asuransi keselamatan kerja dan lain-lain, yang mana hal ini bertujuan untuk mengantisipasi adanya kerusakan & kecelakaan.

#### 5. Karakteristik dan lokasi

Dalam memilih lokasi pabrik maka harus diperhatikan karakteristik daerah tersebut, meliputi:

- Struktur tanah, daya dukung pada pondasi bangunan pabrik dan pengaruh air.
- Penyediaan dan fasilitas tanah untuk perluasan.

#### 6. Faktor lingkungan disekitar pabrik

Hal-hal yang harus diperhatikan disekitar lingkungan pabrik meliputi:

- Adat istiadat atau kebudayaan daerah lokasi pabrik
- Fasilitas perumahan, sekolah dan tempat ibadah
- Fasilitas kesehatan dan rekreasi

#### 7. Pembuangan limbah

Hal yang terkait dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah pabrik yang meliputi limbah dari bahan bakar, minyak pelumas dan lain- lain harus memperhatikan peraturan yang ada, agar lingkungan daerah sekitar pabrik tidak tercemar oleh limbah industri.

Berdasarkan faktor-faktor yang telah kita rinci diatas, maka pabrik bioethanol ini direncanakan didirikan di kabupaten Glenmore, Banyuwangi Jawa Timur. Pemilihan lokasi tersebut dilandasi oleh beberapa faktor yaitu:

##### 1. Letak sumber bahan baku

Bahan baku pembuatan bioethanol ini disuplai oleh pabrik tebu terbesar se-Asia PG.Glenmore, dipilih daerah ini karena dapat menjangkau bahan baku yang dipakai.

##### 2. Sarana pemasaran

Lokasi yang dipilih terletak dekat dengan pelabuhan, dan sarana transportasi darat yang memadai sehingga sarana pemasaran tersedia.

##### 3. Sarana utilitas yang memadai

Sarana utilitas yang memadai meliputi air, bahan bakar, dan listrik. persediaan air tersedia dan ini merupakan syarat utama pendirian pabrik kimia, kebutuhan air ini diperoleh dari air sungai dan air tanah di dekat kawasan glanmore yang mampu mencukupi kebutuhan air untuk pengolahan suatu pabrik (seperti yang dilansir dari

*web site* Dinas Pengairan Kabupaten Banyuwangi bahwa 80% kebutuhan air industri dan persawahan diperoleh dari air tanah). Kebutuhan bahan bakar dari Pertamina. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan generator.

#### 4. Fasilitas transportasi

Terdapatnya sarana pengangkutan yang memadai pada lokasi pabrik tersebut, yang mana dekat dengan jalan raya utama yang menghubungkan Jember Banyuwangi sehingga sarana transportasi bahan baku dan produk akan lebih terjamin.

#### 5. Tenaga kerja

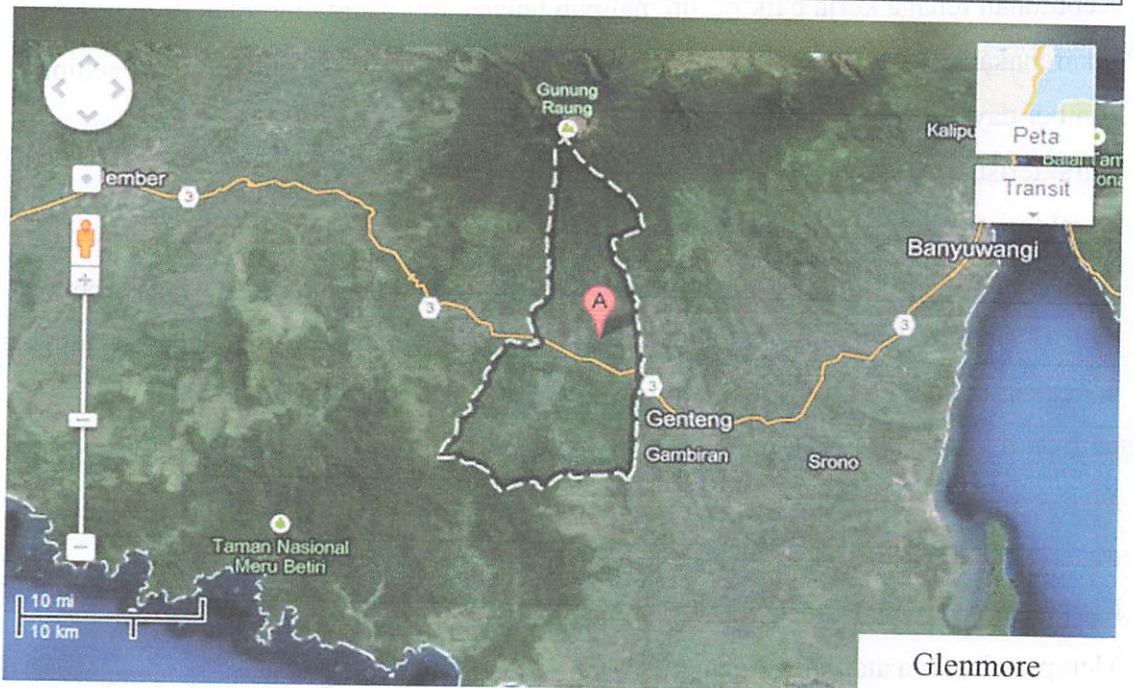
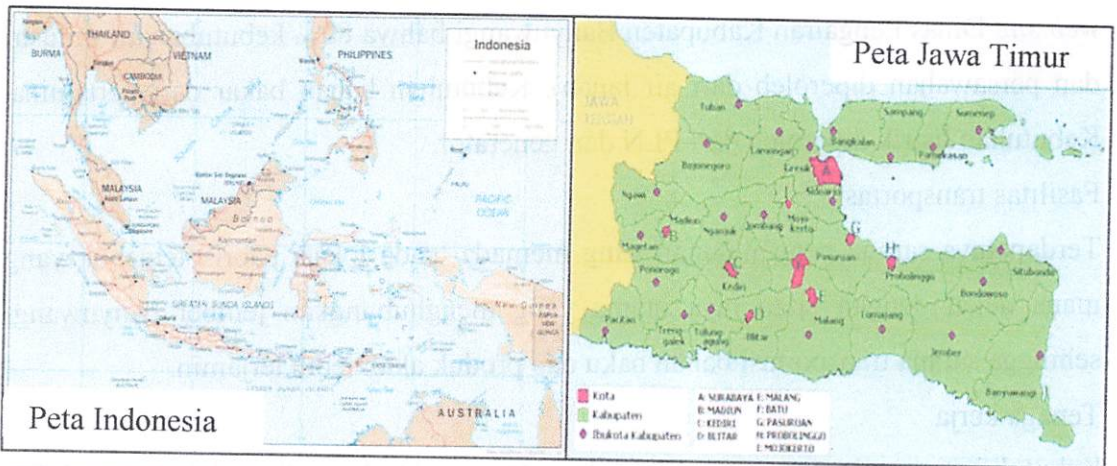
Kebutuhan tenaga kerja baik buruh maupun tenaga ahli dapat diperoleh di daerah ini, dikarenakan di daerah sekitar masih belum banyak pabrik yang didirikan sehingga sumber daya manusia mencukupi.

#### 6. Karakteristik lokasi

Karakteristik lokasi dari pemilihan pabrik ini juga menyangkut iklim serta kondisi sosial masyarakat di daerah Glenmore memiliki kelayakan. Disisi lain masih belum banyak pabrik yang didirikan di daerah tersebut sehingga akan menambah mata pencaharian bagi penduduk Glenmore.

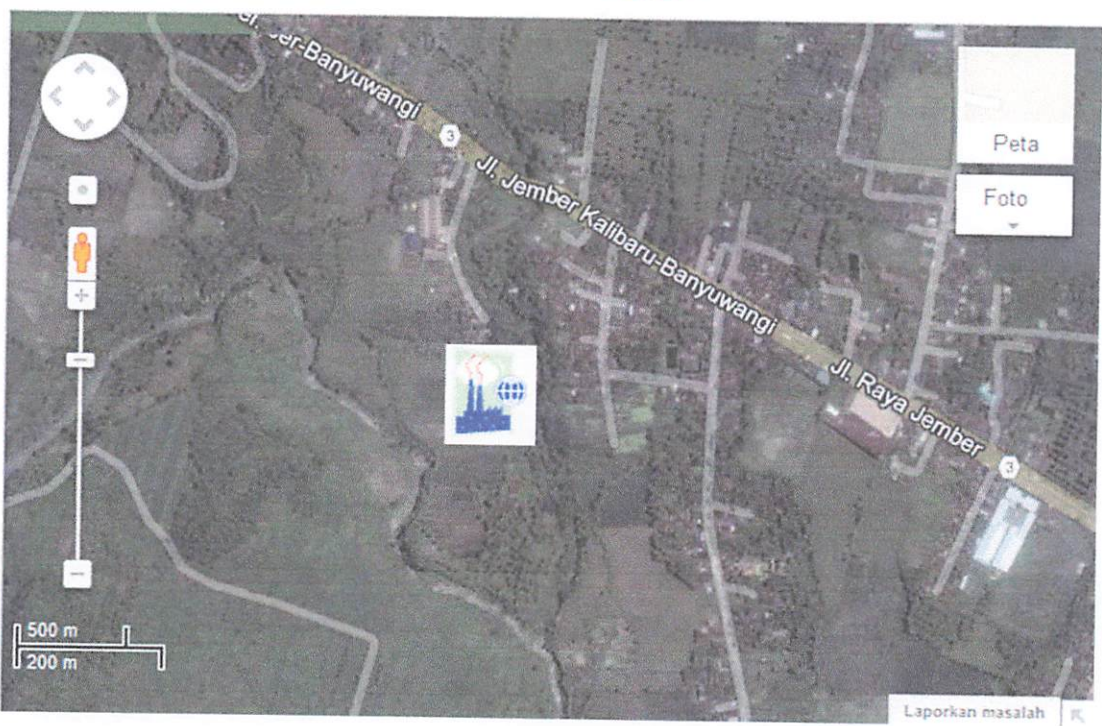
Penentuan lokasi pabrik bertujuan untuk:

1. Meminimalisir ditundanya pekerjaan dari suatu pabrik dikarenakan bahan baku atau material.
2. Meminimalisir penanganan bahan baku atau material.
3. Mempertahankan atau meningkatkan fleksibilitas baik dari segi variasi rancangan produk maupun jumlah yang dapat diproduksi.
4. Dapat termanfaatkannya tenaga kerja dan lokasi secara efektif.
5. Semangat moral karyawan dalam bekerja meningkat.
6. Memberikan fasilitas perawatan dan kebersihan. <sup>[29]</sup>



Gambar 1.4. Peta lokasi pabrik bioethanol dari molase





Gambar 1.4. Peta lokasi pabrik bioethanol dari molase (lanjutan)

Keterangan:



= Lokasi pabrik bioetanol dari molase

## BAB II

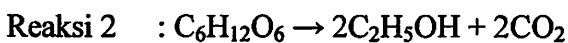
### SELEKSI DAN URAIAN PROSES

#### 2.1. Evaluasi Awal

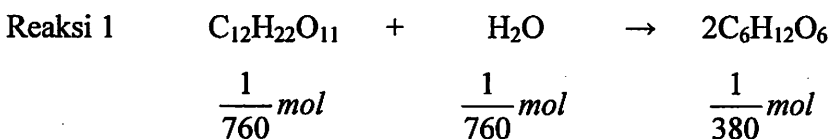
Berhasil atau tidaknya suatu proses tergantung dari sintesa prosesnya. Masalah ekonomi juga merupakan hal yang penting karena suatu proses dapat dioperasikan karena ada keuntungan dari selisih hasil penjualan produk dan total ongkos produksi. Dengan kata lain, masalah ekonomi memegang peran penting dalam sintesa proses sehingga untuk mengetahui apakah suatu produk dapat dibuat sintesa prosesnya perlu dikaji uji awal pada reaksi yang akan digunakan.

Uji awal bertujuan untuk mengetahui sampai seberapa besarnya keuntungan yang akan didapatkan dari reaksi yang akan digunakan. Dalam suatu proses, produk yang dihasilkan dimulai dari hasil reaksi dan diteruskan oleh pemisahan dan pemurnian. Dalam perancangan pabrik ini, hasil reaksi berupa produk utama dan produk samping.

Uji awal reaksi yang akan digunakan dalam suatu proses dilakukan dengan menggunakan perhitungan stokiometri dengan memerhatikan persamaan reaksi kimia yang terjadi, tahapan reaksi, dan kemungkinan dilakukan recycle.



Basis perhitungan adalah 1 kg bahan (molase yang terdiri dari 0,45 kg selulosa, dan 0,1 kg glukosa).



Tabel 2.1. Uji awal reaksi pada reaksi pembuatan bioetanol dari molase

Komponen	Harga (Rp/kg)	Massa (kg)	Biaya (Rp)	Hasil (Rp)
Molase	800	1	800	
Air	0	0,0237	0	
CO <sub>2</sub>	75	0,2805		21,0375
Etanol	15.850	0,2933		4.648.805

Keuntungan yang diperoleh dari proses tersebut adalah Rp.3.869,8425/kg etanol. Dapat diambil kesimpulan bahwa bioetanol dapat diproduksi dalam skala komersial karena hasil produksinya lebih besar dibandingkan dengan biaya bahan baku yang digunakan. <sup>[31]</sup>

## 2.2. Seleksi Proses

### 2.2.1. Bahan baku

#### A. Gula – sukrosa

Bahan baku yang mengandung gula dapat langsung di fermentasi menjadi etanol tanpa melalui pretreatment terlebih dahulu. Bahan - bahan yang termasuk dalam kelompok ini antara lain nira, tebu, nira nipati, nira sargum manis, nira kelapa, nira aren, dan sari buah mete. Tetes tebu merupakan salah satu limbah industri yang masuk dalam kategori bahan bersukrosa karena mengandung 50% sukrosa. <sup>[28][22]</sup>

#### B. Karbohidrat dan pati

Bahan - bahan yang termasuk kelompok ini adalah lahan yang mengandung pati atau bahan berkarbohidrat. Bahan - bahan tersebut antara lain tepung – tepung ubi ganyong, sorgum biji, jagung, cantel, sagu, ubi kayu, ubi jalar, dan lain - lain. Bahan berpati pada umumnya digunakan sebagai bahan pangan, selain itu, bahan berpati membutuhkan *pretreatment* terlebih dahulu sebelum difermentasi untuk memecah pati dan karbohidrat menjadi gula. Proses hidrolisa dapat dilakukan dengan menggunakan asam dan enzim. <sup>[28][22]</sup>

#### C. Selulosa

Bahan berselulosa (lignoselulosa) artinya adalah bahan tanaman yang mengandung selulosa (serat), antara lain kayu, jerami, batang pisang, dan lain-

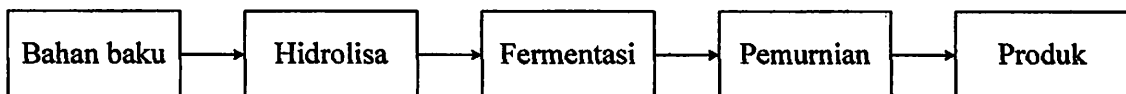
lain. Berdasarkan ketiga jenis bahan baku tersebut, bahan berselulosa merupakan bahan yang paling sulit proses pretreatmentnya. Hal ini dikarenakan adanya lignin yang membungkus selulosa, sehingga selulosa tidak bisa dengan mudah terpecah menjadi gula. <sup>[28][22]</sup>

### 2.2.2. Proses hidrolisa dan fermentasi

Secara umum sakarifikasi adalah proses pemecahan molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana. Sakarifikasi atau yang biasa disebut hidrolisa merupakan reaksi pengikatan gugus hidroksil (OH) oleh suatu senyawa. Gugus hidroksil sendiri dapat diperoleh dari air ( $H_2O$ ). Istilah sakarifikasi glukosa umumnya digunakan sebagai istilah untuk proses pemecahan sukrosa dan atau disakarida menjadi monosakarida glukosa dan proses pemecahan pati menjadi glukosa.

#### A. Hidrolisa fermentasi terpisah / *separate-hydrolysis-fermentation* (SHF)

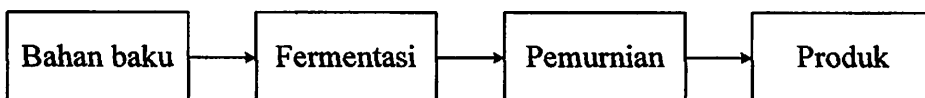
SHF merupakan proses produksi bioetanol dimana proses fermentasi dan proses sakarifikasi yang terjadi dalam wadah yang berbeda. Kelemahan dari proses ini adalah dibutuhkan alat lebih banyak karena alat untuk proses hidrolisis dan proses fermentasi terpisah, hal ini berdampak pada biaya investasi awal. Modifikasi dari proses ini adalah proses sakarifikasi fermentasi simultan.



Gambar 2.1. Blok diagram proses SHF <sup>[28][22]</sup>

#### B. Sakarifikasi fermentasi simultan / *simultaneous saccharification and fermentation* (SSF)

SSF merupakan proses produksi bioetanol dimana proses fermentasi dan proses sakarifikasi terjadi dalam satu wadah. Kondisi operasi hidrolisa atau sakarifikasi sama dengan kondisi operasi fermentasi.



Gambar 2.2. Blok diagram proses SSF <sup>[28][22]</sup>

##### a. Sakarifikasi fermentasi simultan dengan asam

Proses dari sakarifikasi fermentasi simultan dengan penambahan asam dimaksud untuk mempercepat proses sakarifikasi, keunggulan dari proses ini adalah penambahan asam selain sebagai katalis juga berperan sebagai pengatur

keasaman larutan sehingga sesuai dengan kondisi optimal untuk mikroba berkembang biak, dalam hal ini, mikroba yang digunakan adalah *Saccharomycopsis cereviceae* yang optimum di pH 4-4,5. Jenis asam yang digunakan adalah asam sulfat. Contohnya sakarifikasi sukrosa menjadi glukosa dengan penambahan air dan katalis berupa asam sulfat. [22]

b. Sakarifikasi fermentasi simultan dengan enzim

Proses dari sakarifikasi fermentasi simultan dengan penambahan enzim sebagai katalis digambarkan dengan tahap sukrosa yang dipecah oleh enzim langsung dikonversi oleh *Saccharomycopsis cereviceae* menjadi etanol dan karbon dioksida, namun proses ini harus dilakukan pada kondisi optimum tertentu sehingga kerja antara enzim dan mikroba tidak saling menghambat. [22]

### 2.2.3. Pemurnian

#### A. Distilasi

Jika etanol ingin digunakan sebagai bahan bakar, maka sebagian besar kandungan airnya harus dihilangkan dengan cara distilasi. Tingkat kemurnian etanol setelah didistilasi masih sekitar 95-96%. (masih ada kandungan airnya 3-4%). Campuran ini dinamakan etanol hidrat dan bisa digunakan sebagai bahan bakar, tapi tidak bisa dicampur dengan bensin. Jadi, biasanya kandungan air dalam etanol hidrat dibuang terlebih dahulu dengan pengolahan lainnya sehingga baru bisa dicampurkan dengan bensin. [28][22]

#### B. Dehidrasi

Pada dasarnya ada 5 tahap proses dehidrasi untuk membuang kandungan air dalam campuran etanol azeotropik (etanol 95-96%). Proses yang pertama, yang sudah digunakan di banyak pabrik etanol sejak dulu, adalah proses yang disebut distilasi azeotropik. Metode lama lainnya yang digunakan adalah distilasi ekstraktif. Metode ini digunakan dengan cara menambahkan komponen ternier dalam etanol hidrat sehingga akan meningkatkan ketidakstabilan relatif etanol tersebut. Ketika campuran ternier ini nantinya didistilasi, maka akan menghasilkan etanol anhidrat. [28][22]

#### C. Adsorpsi

Metode yang saat ini berkembang dan mulai banyak digunakan oleh pabrik-pabrik pembuatan etanol adalah penggunaan saringan molekul untuk membuang air dari

etanol. Dalam proses ini, uap etanol bertekanan melewati semacam tatakan yang terdiri dari butiran saringan molekul. Pori-pori dari dari saringan ini dirancang untuk menyerap air. Setelah beberapa waktu, saringan ini pun divakum untuk menghilangkan kandungan air di dalamnya. 2 tatakan biasanya digunakan sekaligus sehingga ketika satu sedang dikeringkan, yang satunya bisa dipakai untuk menyaring etanol. Teknologi adsorpsi ini diperkirakan dapat menghemat energi sebesar 3.000 btus/gallon (840 kJ/L) jika dibandingkan dengan distilasi azeotropik. <sup>[28][22]</sup>

### 2.3. Pemilihan Proses

Tabel 2.2. Seleksi proses

No.	Parameter	Proses fermentasi		Proses pemurnian	
		SHF	SSF	Dehidrasi	Adsorpsi
1.	Aspek teknis				
	Bahan baku:				
	Glukosa-sukrosa	Tersedia	Tersedia		
	Pati-karbohidrat	Tersedia	Tersedia		
	Selulosa	Tersedia	Sulit		
	Katalis:			Campuran turner	Molekul sieve
	Asam	Mudah	Mudah		
	Enzim	Sulit	Sulit		
	Kebutuhan energi:	Besar	Kecil	Besar	Kecil
	Bahan pembantu:	Nutrisi, defoamer	Nutrisi, defoamer		
	Suhu operasi:	30-35 °C	30-35 °C	50-80 °C	23-28 °C
	Tekanan operasi:	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm

No.	Parameter	Proses fermentasi		Proses pemurnian	
		SHF	SSF	Dehidrasi	Adsorpsi
2.	Aspek ekonomi				
	Biaya operasi:	Mahal, sekali pakai	Murah	Mahal, sekali pakai	Murah
	Biaya investasi:	Relatif mahal	Murah	Relatif mahal	Murah
	Biaya katalis:	Relatif mahal	Murah	Relatif mahal	Murah
	Biaya bahan pembantu:	Relatif murah	Relatif murah	-	-
3.	Aspek lingkungan				
	Polutan:	Banyak	Sedikit	Senyawa kimia	Air
	Glukosa-sukrosa	Air	Air		
	Pati-karbohidrat	<i>Sludge</i>	<i>Sludge</i>		
	Selulosa	<i>Sludge</i>	<i>Sludge</i>		

Bahan baku yang digunakan adalah tetes tebu. Selain karena proses *pretreatment* yang mudah, tetes tebu merupakan limbah industri gula yang harus diolah. Ketersediaan dari bahan baku ini pun mudah.

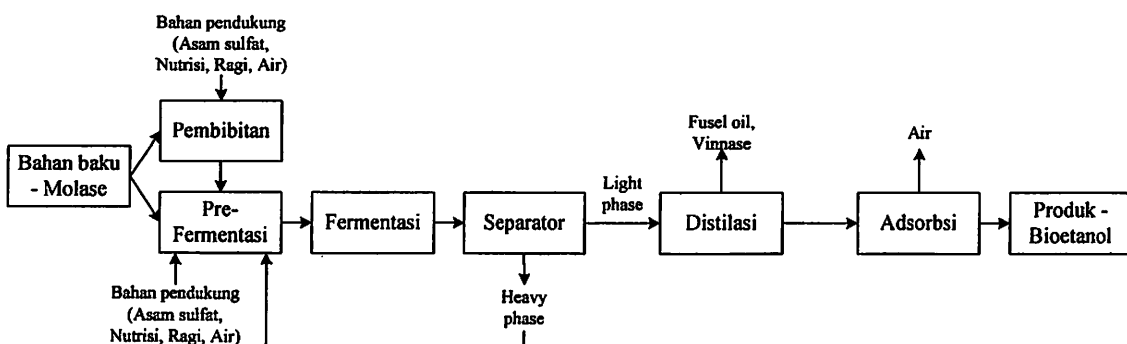
Proses yang terpilih untuk pendirian pabrik baru adalah proses SSF. Hal ini dikarenakan bahan baku telah mengandung kurang lebih 10% glukosa dan fruktosa dan 45% sukrosa. Sukrosa dapat dihidrolisa dengan penambahan air dan katalis asam. Hidrolisa atau sakarifikasi secara enzimatik tidak dipilih untuk penghematan biaya, selain itu proses sakarifikasi dengan katalis asam lebih mudah dari pada proses enzimatik dalam hal pengkondisian proses. Jika digunakan proses enzimatik maka perlu ada tahap produksi enzim atau biaya lebih untuk membeli enzim. Selain itu, proses sakarifikasi dengan asam ini memiliki kondisi operasi optimum yang sama dengan fermentasi. Penambahan asam tidak hanya sebagai katalis untuk pemecahan sukrosa, tapi juga untuk mengatur pH larutan agar sesuai dengan pH operasi.

Pemurnian yang digunakan adalah distilasi bertingkat pada tekanan atmosferik dan adsorpsi dengan menggunakan molekul *sieve*. Dengan distilasi bertingkat, etanol

dipisahkan dari metanol, fusel oil, dan vinase, hingga kadarnya mencapai 93%, setelah itu air dalam etanol di adsorpsi oleh molekul *sieve* hingga kadarnya menjadi minimal 99,5%. Etanol dan air merupakan komponen yang sangat polar, karenanya kapasitas penghilangan air aktual dengan metode distilasi mungkin sangat sulit karena membutuhkan banyak tahap dan energi. Molekul sieve 3A memecahkan masalah ini karena memiliki diameter pori yang lebih kecil (3 angstrom). Diameter pori seukuran ini tidak bisa menerima molekul etanol yang berukuran 4,4 angstrom tetapi menerima molekul air yang berukuran 2,8 angstrom. Molekul sieve 3A dapat memuat air dengan kandungan hingga setinggi 18-25% berat karena konsentrasi air yang sangat tinggi dan tidak dapat masuknya molekul etanol. Etanol dapat dihidrasi baik dalam fase gas ataupun cair. Fase cair membutuhkan regenerasi *thermal swing*. Unit *thermal swing* cair umumnya terdiri dari dua bed, satu bed melakukan adsorpsi dan lainnya melakukan regenerasi. Satu bed mengadsorb alirab dari 2 hingga 8 jam, sementara bed satunya dikosongkan cairannya, dipanaskan dan didinginkan, kemudian diisi kembali.

#### 2.4. Uraian Proses Terpilih

Molase memiliki kandungan kapur sekitar 4%. Kandungan kapur ini berpotensi untuk menyebabkan terbentuknya kerak pada proses distilasi. Karena itulah, dilakukan pembersihan sebanyak 3 kali dalam satu tahun dengan lama pembersihan 2 minggu. Selain itu, pemberhentian proses untuk pembersihan juga dikarenakan masa *recycle* ragi yang digunakan telah habis, sehingga perlu dilakukan pembibitan kembali. Molase dalam tangki pre-fermentor diencerkan dari 82 °brix menjadi 18 °brix <sup>[22]</sup> dengan penambahan air. Setelah itu ditambahkan asam sulfat dengan jumlah tertentu sebagai katalis proses sakarifikasi dan mengatur pH larutan hingga 4 dengan maksud mengeliminasi mikroba lain yang tidak tahan hidup dalam kondisi asam. <sup>[28][22]</sup>



Gambar 2.3. Blok diagram proses



### 2.4.1. Pembibitan

Proses pembibitan merupakan tahap awal dalam menjalankan proses produksi. Proses ini merupakan proses pengembangbiakan ragi. Pembibitan dilakukan setiap kali proses *start up* karena ragi diatur sedemikian rupa agar habis saat melakukan *shut down*. Proses pembibitan ragi dilaksanakan secara aerobik. Aerasi dilakukan dengan menggunakan blower yang dimaksudkan untuk menunjang pertumbuhan sel ragi. Pada kondisi aerobik, energi yang dihasilkan dari proses penguraian gula dalam tetes tebu cenderung digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan sel ragi. Dalam proses pembibitan digunakan dua tahap.

Tahap pembiakan ragi dimulai dalam tangki pembibitan 1 (R-110). Awalnya molase (dari F-116 dengan L-119) dengan densitas 80 °brix (1 °brix menyatakan 1 gram sukrosa dalam 100 gr larutan) ditambahkan dengan air sehingga diperoleh larutan dengan densitas sekitar 18 °brix. Larutan kemudian diatur pHnya dengan penambahan asam sulfat pekat 98% v/v (dari F-114 dengan L-119) hingga pH 4, selanjutnya di sterilisasi dengan *steam* hingga suhu 90 °C, setelah mencapai suhu 90 °C (waktu pemanasan kurang lebih 30 menit) kontak dengan *steam* dihentikan dan didiamkan selama 15 menit. Larutan didinginkan dengan mengalirkan air pendingin melalui jaket tangki hingga suhu mencapai 27°C, selain dengan air pendingin proses pendinginan yang memakan waktu kurang lebih 45 menit ini juga dibantu dengan blower (G-123). Blower selain untuk aerasi dan pendingin, juga berfungsi sebagai agitator tangki. Pengaliran air pendingin dihentikan saat suhu target diperoleh, selanjutnya, dimasukkan nutrisi (dari F-118 dengan L-119) dan *dry yeast* (F-115). Larutan ini kemudian diamati densitasnya hingga 6-7 °brix. Pengukuran densitas dilakukan setiap jam dengan alat brix meter. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai densitas ini kurang lebih 10 jam. Larutan yang sudah mempunyai densitas sesuai ini kemudian dialirkan ke dalam tangki bibit 2.

Tahap lanjutan dari tangki pembibitan 1 adalah proses pembibitan di tangki pembibitan kedua (R-112). Sebelum larutan dari tangki bibit 1 dialirkan ke dalam tangki bibit 2 (L-111A), molase dengan densitas 80 °brix ditambahkan (dari F-116 dengan L-119) dengan air sehingga diperoleh larutan dengan densitas sekitar 18 °brix. Setelah itu ditambahkan nutrisi (dari F-118 dengan L-119), kemudian larutan diatur pHnya dengan penambahan asam sulfat pekat (dari F-114 dengan L-119) hingga pH 4. Setelah pH dan

densitas memenuhi kondisi operasi, barulah dimasukkan larutan dari tangki bibit 1. Suhu operasi dijaga 30 °C dengan PHE (E-124). Sistem agitasi pada tangki ini adalah dengan pompa sirkulasi (L-125) dan dengan bantuan blower. Larutan diamati densitasnya hingga 6-7 °brix. Pengukuran densitas dilakukan setiap jam dengan alat brix meter. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai densitas ini kurang lebih 5 jam. Larutan yang sudah mempunyai densitas sesuai ini akan digunakan untuk unit pre fermentasi (pemindahan larutan dengan L-111B). [28][22]

#### 2.4.2. Pre-fermentasi

Proses pre-fermentasi dalam tangki pre-fermentor (R-120) bertujuan agar ragi dapat beradaptasi dengan kondisi fermentasi. Ke dalam tangki pre-fermentor, dimasukkan molase (dari F-116 dengan L-119). Selain tetes tebu, dialirkan pula air ke dalam tangki pre-fermentor untuk mencapai volume yang diinginkan. Temperatur larutan dalam tangki pre-fermentor dijaga pada kisaran 30°C dengan PHE (E-121). Blower (G-123) masih digunakan untuk menyuplai udara. Pada tangki pre-fermentor ini ditambahkan pula larutan nutrisi (dari F-118 dengan L-119) untuk mengoptimalkan kondisi ragi agar siap digunakan dalam tangki fermentor. Pada tahap pre-fermentasi ini masih terdapat pertumbuhan ragi sehingga dikatakan pada tahap ini merupakan proses pembibitan ragi yang terakhir sebelum masuk proses fermentasi yang sebenarnya. Proses pre-fermentasi ini dikendalikan agar densitas larutan terjaga pada kisaran 18°Bx di awalnya dan akhirnya di kisaran 16°Bx. Untuk menjaga homogenitas larutan, pengadukan dalam tangki pre-fermentor dilakukan menggunakan pompa sirkulasi (L-122). Waktu tinggal dalam pre-fermentor ini sekitar 5 jam. Larutan dalam pre-fermentor kemudian dialirkan ke tangki fermentor (L-122). [28][22]

#### 2.4.3. Fermentasi

Proses fermentasi dioperasikan secara *batch*. Proses fermentasi dijalankan dalam kondisi anaerobik dan temperatur dijaga di antara 30-35 °C. Kondisi operasi proses pembibitan dan proses fermentasi tidak sama karena produk dari fermentasi yang diinginkan merupakan produk metabolit sekunder. Produk metabolit sekunder dihasilkan saat ragi tidak dalam lingkungan yang optimum untuk melakukan pertumbuhan dan perkembangbiakan. Produk fermentasi yang diinginkan adalah etanol. Akan tetapi, dalam kenyataannya terdapat pengotor-pengotor dari produk etanol, yaitu asetaldehid, metanol, 2-propanol, 1-propanol, diacetyl (2,3-butane-dion), 2-

butanol, isobutanol, 1-butanol, 2-pentanol, dan isoamil alkohol. Produk etanol merupakan produk ekstraseluler. Oleh karena itu, untuk mendapatkan etanol dari proses fermentasi tidak perlu dilakukan penghancuran sel terlebih dahulu karena etanol terlarut dalam medium fermentasinya.

Tangki fermentor (R-130) menggunakan agitator jenis *three blade propeller agitator with axial flow pattern* dengan putaran sekitar 16 rpm. Selain pengadukan dilakukan dengan menggunakan agitator, digunakan pula pompa sirkulasi (L-132) untuk meningkatkan homogenitas dari larutan dalam tangki fermentor. Untuk menghindari terjadinya *vortex*, dalam tangki fermentor terdapat 4 *baffle*. Reaksi pembentukan etanol merupakan reaksi eksotermis. Oleh karena itu, dibutuhkan pendingin untuk mengatur temperatur dalam tangki fermentasi. Pendingin yang digunakan merupakan jenis PHE (E-131) (*plate heat exchanger*) yang diletakkan setelah pompa sirkulasi. Pendingin yang digunakan adalah air pendingin.

Dalam tangki fermentor, molase larutan dari pre fermentor diumpankan (L-122). Setelah seluruh molase masuk ke dalam fermentor, tidak ada aliran masuk lagi ke fermentor. Larutan fermentasi disirkulasi dan diaduk selama kurang lebih 20 jam untuk memastikan seluruh gula yang terkandung dalam molase hampir teruraikan. Target kadar etanol hasil fermentasi ini adalah di atas 10% v/v dan % gula sisa < 0,01. Larutan hasil fermentasi ini kemudian dialirkan ke tangki intermediet (F-136), tangki ini diperlukan untuk menjaga agar umpan ke *sand cyclone*, separator, dan distilasi tidak fluktuatif. Karbon dioksida sebagai hasil samping dikeluarkan dari fermentor menuju *scrubber* (H-133), dicuci dengan air sehingga etanol yang menguap dapat turun kembali bersama air ke penampung air cucian *scrubber* (F-134) untuk diumpankan kembali (L-135) pre-fermentor. [28][22]

#### 2.4.4. Separator

Prinsip kerja dari *sand cyclone* (H-141) dan separator (H-140) merupakan pemisahan dengan sentrifugasi. Larutan fermentasi dialirkan terlebih dahulu menuju *sand cyclone* untuk memisahkan partikel-partikel pengotor, seperti pasir untuk menghindari penyumbatan nozzle di separator. Larutan fasa ringan yang keluar dari *sand cyclone* dialirkan menuju separator. Dari proses pemisahan di separator, diperoleh fraksi ringan dan fraksi berat. Fraksi berat merupakan larutan kental yang kaya akan ragi, disebut sebagai *yeast cream* sedangkan fraksi ringan merupakan larutan yang

kemudian akan dimurnikan dalam sistem distilasi. Fraksi ringan ini akhirnya dimurnikan dalam proses distilasi. Untuk memantau kondisi separator, terdapat indikator getaran (vibrasi). Vibrasi ini dijaga pada sekitar nilai 3 dan apabila nilai vibrasi telah melebihi 3,5 perlu dilakukan pemeriksaan alat karena terdapat kemungkinan terjadinya penyumbatan saluran. Selain itu, kerja dari separator juga dapat dipantau dari kebisingannya. Apabila telinga manusia tidak dapat menolerir kebisingan tersebut, terdapat kemungkinan terjadi masalah dalam proses pemisahan tersebut. [28][22]

#### **2.4.5. Acid washing**

Pencucian asam ini dikenakan pada *yeast cream* sebelum digunakan kembali dalam tangki pre-fermentor. Pencucian ini dilakukan dengan menambahkan asam sulfat encer (dari F-114 dengan L-119) dengan konsentrasi sekitar 4% v/v hingga pH mencapai sekitar 2,0-2,3 dalam tangki pencucian asam (F-142). Pencucian asam ini harus dipantau agar pH tidak lebih rendah dari 2 karena pada pH di bawah 2 seluruh ragi tidak dapat bertahan hidup. Hal ini dilakukan dengan tujuan seleksi mikroorganisme. Hasil dari proses ini merupakan ragi yang masih bertahan hidup dan dianggap sebagai ragi bibit unggul. Ragi bibit unggul ini diharapkan memiliki ketahanan terhadap pH rendah yang lebih baik. Dalam proses pencucian asam ini, jumlah ragi yang mampu bertahan hidup sekitar 50% dari jumlah ragi awal yang terkandung dalam *yeast cream*. Ragi yang digunakan ulang dalam pre-fermentor disebut juga sebagai aliran *yeast recycle*. Hasil pencucian disimpan dalam *yeast cream tank* (F-144) melalui L-143 untuk selanjutnya dipakai kembali dalam prefermentor melalui L-145. [28][22]

#### **2.4.6. Distilasi anhydrous**

Produk fermentasi mengandung zat-zat pengotor seperti metanol, asam asetat, butanol, propanol, dan lain-lain karena menggunakan ragi, bukan biakan murni. Namun dalam perancangan, keberadaan pengotor tersebut diabaikan karena jumlahnya sangat kecil, dibawah fraksi  $10^{-6}$ . Distilasi dilakukan pada tekanan atmosferik. *Feed* dari separator dialirkan ke *purifier column* (D-150). Kolom ini merupakan tahap pemurnian pertama. D-150 dilengkapi dengan 1 kondenser (E-152A) dan 1 reboiler (E-153A). Sebelum masuk ke kolom, *feed* terlebih dahulu dipanaskan dengan *pre heat exchanger* (E-151) dengan medium pemanas vinase dari produk bawah *purifier column*. Suhu atas kolom sekitar 80,63 °C dan suhu bawah kolom sekitar 100 °C. Media pemanas reboiler

adalah *steam* dengan suhu 150 °C tekanan 3 atm, sedangkan media pendingin kondenser adalah *cooling water*. Output distilat dari *purifier column* diharapkan mengandung etanol dengan fraksi massa minimal 0,6. Produk ini kemudian didinginkan dengan *heat exchanger 1* (E-154) dengan media pendingin *cooling water*. Suhu output diharapkan 60 °C. Air pendingin dialirkan dalam *tube* karena air pendingin lebih korosif dibanding dengan etanol. *Output* dari E-154A selanjutnya masuk ke pemurnian tahap kedua, *rectifier column* (D-155). D-165 dilengkapi dengan 1 kondenser (E-152B) dan 1 reboiler (E-153B). Suhu atas kolom sekitar 78,15 °C dan suhu bawah kolom sekitar 91,02 °C. Media pemanas reboiler adalah *steam* dengan suhu 150 °C tekanan 3 atm, sedangkan media pendingin kondenser adalah *cooling water*. Diharapkan fraksi massa etanol di distilat minimal 0,93. [28][22]

#### **2.4.7. Adsorpsi**

Distilat dari D-155 kemudian dimurnikan dengan molekul *sieve*, sebelumnya kedua *output* ini melalui *heat exchanger 2* (E-161). Molekul yang digunakan dalam proses ini adalah *molekul sieve 3A* yang memiliki masa pakai 5 tahun yang tiap gramnya dapat menyerap air sebanyak  $\pm 25\%$  beratnya. Regenerasi dilakukan dengan menyedot air yang terserap oleh molekul dengan menggunakan pompa vakum (L-163). Fraksi massa etanol di produk minimal 0,995. Produk selanjutnya disimpan di *daily tank* (F-165). [28][22]



### BAB III NERACA MASSA

Basis perhitungan	=	kg/jam
Bahan baku	=	114.798,24 ton/tahun
Waktu operasi	=	329 hari/tahun
Bahan baku	=	348,9308 ton/hari
	=	348.930,8207 kg/hari
	=	14.538,7842 kg/jam
Kapasitas pabrik	=	42.000.000 l/tahun
Kapasitas produksi	=	33.152.280 kg/tahun
	=	100.766,8085 kg/hari
	=	4.198,6170 kg/jam

#### 3.1. Neraca Massa Keseluruhan

##### 3.1.1. Neraca Massa saat *start up*

Tabel 3.1. Neraca Massa keseluruhan saat *start up*

<i>Input</i>		<i>Output</i>	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Asam Sulfat	32,4408	Asam Sulfat	14,4457
<i>Dry Yeast</i>	0,4907	<i>Dry Yeast</i>	0,0000
Nutrisi	38,2675	Nutrisi	0,0000
Sukrosa	7.594,9700	Sukrosa	0,0000
Glukosa	843,8856	Glukosa	0,0000
Fruktosa	843,8856	Fruktosa	0,0000
Air	35.557,3326	Air	3.562,2927
Komponen anorganik	4.219,4278	Komponen anorganik	0,0000
Defoarmer	43,6164	Defoarmer	0,0000
<i>Yeast</i>	0	<i>Yeast</i>	3796,2118
Etanol	0	Etanol	4.948,8213
Vinnase	0	Vinnase	32.097,7032
Sludge	0	Sludge	21,1871
Karbon dioksida	0	Karbon dioksida	4.733,6551
Total	49.174,3169	Total	49.174,3169

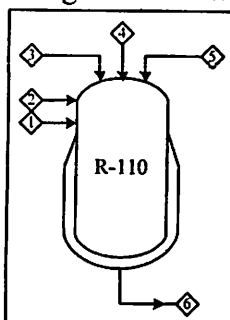
3.1.2. Neraca Massa saat *running*Tabel 3.2. Neraca Massa keseluruhan saat *running*

<i>Input</i>		<i>Output</i>	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Asam Sulfat	30,0139	Asam Sulfat	14,4457
<i>Dry Yeast</i>	0,0000	<i>Dry Yeast</i>	0,0000
Nutrisi	33,6936	Nutrisi	0,0000
Sukrosa	6.542,4529	Sukrosa	0,0000
Glukosa	726,9392	Glukosa	0,0000
Fruktosa	726,9392	Fruktosa	0,0000
Air	33.773,0711	Air	3.637,2920
Komponen anorganik	3.634,6960	Komponen anorganik	0,0000
Defoamer	43,6164	Defoamer	0,0000
<i>Yeast</i>	3.796,2118	<i>Yeast</i>	3796,2118
Etanol	238,5373	Etanol	5.064,1778
Vinnase	0	Vinnase	32.937,9630
Sludge	0	Sludge	18,41978926
Karbon dioksida	0	Karbon dioksida	4.077,6613
Total	49.546,1715	Total	49.546,1715

## 3.2. Neraca Massa Per-Bagian

3.2.1. Neraca massa per bagian saat *start up*

## A. Tangki Pembibitan 1 (R-110)

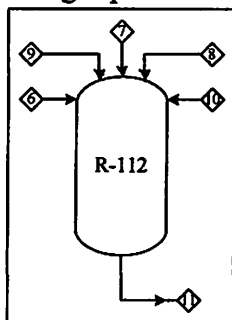




Tabel 3.3. Neraca massa di R-110

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <1> Asam Sulfat		Aliran <6> R-112 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Asam Sulfat	0,3611	Yeast	1,6952
Aliran <2> Dry Yeast		Etanol	92,4985
Komponen	Berat (kg/jam)	Karbon dioksida	88,4768
Dry Yeast	0,4907	Air	1.160,9831
Aliran <3> Nutrisi		Glukosa	87,3858
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen anorganik	117,3075
Nutrisi	1,2045		
Aliran <4> Molase 80 bx			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Sukrosa	210,5034		
Glukosa	23,3893		
Fruktosa	23,3893		
Air	93,5571		
Komponen anorganik	116,9463		
Aliran <5> Air			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Air	1.078,5052		
Total	1.548,3469	Total	1.548,3469

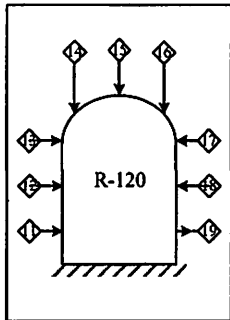
B. Tangki pembibitan 2 (R-112)



Tabel 3.4. Neraca massa di R-112

Aliran Masuk		Aliran Keluar			
Aliran <6> R-112 Feed		Aliran <11> R-120 Feed			
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)		
<i>Yeast</i>	1,6952	<i>Yeast</i>	5,0646		
Etanol	92,4985	Etanol	491,8413		
Karbon dioksida	88,4768	Karbon dioksida	470,4569		
Air	1.160,9831	Air	5.042,0235		
Glukosa	87,3858	Glukosa	379,5071		
Komponen anorganik	117,3075	Komponen anorganik	587,1586		
Aliran <7> Asam Sulfat					
Komponen	Berat (kg/jam)				
Asam Sulfat	2,0657				
Aliran <8> Nutrisi					
Komponen	Berat (kg/jam)				
Nutrisi	3,3694				
Aliran <9> Molase 80 bx					
Komponen	Berat (kg/jam)				
Sukrosa	842,0137				
Glukosa	93,5571				
Fruktosa	93,5571				
Air	374,2283				
Komponen anorganik	467,7854				
Aliran <10> Air					
Komponen	Berat (kg/jam)				
Air	3.551,1286				
<b>Total</b>	<b>6.976,0522</b>			<b>Total</b>	<b>6.976,0522</b>

C. Tangki pre-fermentor (R-120)

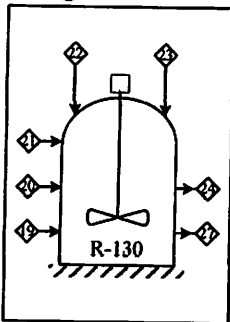


Tabel 3.5. Neraca massa di R-120

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <11> R-120 Feed		Aliran <19> R-130 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Yeast	5,0646	Yeast	38,7582
Etanol	491,8413	Etanol	1.297,9771
Karbon dioksida	470,4569	Karbon dioksida	1.241,5433
Air	5.042,0235	Defoamer	39,2547
Glukosa	379,5071	Air	34.203,9186
Komponen anorganik	587,1586	Glukosa	6.308,8888
Aliran <12> Asam Sulfat		Komponen anorganik	3.872,8308
Komponen	Berat (kg/jam)		
Asam Sulfat	14,4457		
Aliran <13> Nutrisi			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Nutrisi	33,6936		
Aliran <14> Molase 80 bx			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Sukrosa	5.888,2076		
Glukosa	654,2453		
Fruktosa	654,2453		
Air	2.616,9812		
Komponen anorganik	3.271,2264		

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <15> Air			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Air	26.854,8196		
Aliran <18> Defoamer			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Defoamer	39,2547		
Total	47.003,1716	Total	47.003,1716

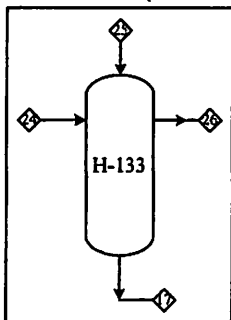
## D. Tangki fermentor (R-130)



Tabel 3.6. Neraca massa di R-130

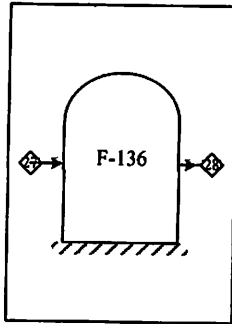
Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <19> R-130 Feed		Aliran <27> F-136 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Yeast	38,7582	Yeast	38,7582
Etanol	1.297,9771	Etanol	4.908,0446
Karbon dioksida	1.241,5433	Defoamer	43,6164
Defoamer	39,2547	Air	34.460,2603
Air	34.203,9186	Glukosa	0,0000
Glukosa	6.308,8888	Komponen anorganik	4.237,4228
Komponen anorganik	3.872,8308	Aliran <24> H-133 Feed	
Aliran <20> Asam Sulfat		Komponen	Berat (kg/jam)
Komponen	Berat (kg/jam)	Karbon dioksida	4.774,4317
Asam Sulfat	1,1224		

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <21> Molase 80 bx			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Sukrosa	654,2453		
Glukosa	72,6939		
Fruktosa	72,6939		
Air	290,7757		
Komponen anorganik	363,4696		
Aliran <22> Air			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Air	0,0000		
Aliran <23> Defoamer			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Defoamer	4,3616		
Total	48.462,5341	Total	48.462,5341

E. *Scrubber (H-133)*

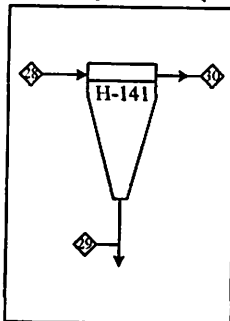
Tabel 3.7. Neraca massa di H-133

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <24> H-133 Feed		Aliran <26> Karbon Dioksida	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Karbon dioksida	4.733,6551	Karbon dioksida	4.733,6551
Etanol	40,7766	Aliran <17> Air Cucian	
Aliran <25> Air		Komponen	Berat (kg/jam)
Komponen	Berat (kg/jam)	Etanol	40,7766
Air	339,8051	Air	339,8051
Total	5.114,2368	Total	5.114,2368

F. *Buffer tank (F-136)*

Tabel 3.8. Neraca massa di F-136

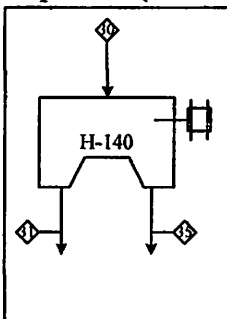
Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <27> F-136 Feed		Aliran <28> H-141 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
<i>Yeast</i>	38,7582	<i>Yeast</i>	38,7582
Etanol	4.908,0446	Etanol	4.908,0446
Defoamer	43,6164	Defoamer	43,6164
Air	34.460,2603	Air	34.460,2603
Glukosa	0,0000	Glukosa	0,0000
Komponen anorganik	4.237,4228	Komponen anorganik	4.237,4228
Total	43.688,1024	Total	43.688,1024

G. *Sand cyclone (H-141)*

Tabel 3.9. Neraca massa di H-141

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <28> H-141 Feed		Aliran <29> Sludge	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
<i>Yeast</i>	38,7582	Pasir	21,18711415
Etanol	4.908,0446	Aliran <30> H-140 Feed	
Defoamer	43,6164	Komponen	Berat (kg/jam)
Air	34.460,2603	<i>Yeast</i>	38,7582
Glukosa	0,0000	Etanol	4908,0446
Komponen anorganik	4.237,4228	Defoamer	43,6164
		Air	34.460,2603
		Komponen anorganik	4.216,2357
<b>Total</b>	<b>43.688,1024</b>	<b>Total</b>	<b>43.688,1024</b>

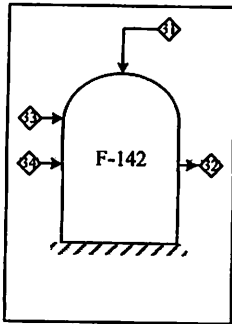
## H. Separator (H-140)



Tabel 3.10. Neraca massa di H-140

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <30> H-140 Feed		Aliran <35> D-150 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
<i>Yeast</i>	38,7582	Etanol	4.710,2839
Etanol	4.908,0446	Vinnase	34.962,6588
Defoamer	43,6164	Aliran <31> F-142 Feed	
Air	34.460,2603	Komponen	Berat (kg/jam)
Glukosa	0,0000	<i>Yeast</i>	3796,2118
Komponen anorganik	4.216,2357	Etanol	197,7607
<b>Total</b>	<b>43.666,9152</b>	<b>Total</b>	<b>43.666,9152</b>

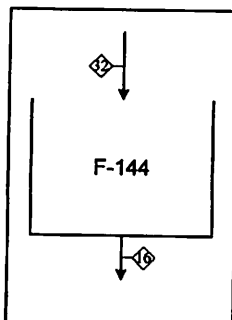
I. *Acid washing tank (F-142)*



Tabel 3.12. Neraca massa di F-142

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <31> F-142 Feed		Aliran <32> F-144 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
<i>Yeast</i>	3796,2118	<i>Yeast</i>	3796,2118
Etanol	197,7607	Asam Sulfat	14,4457
Aliran <33> Air		Air	357,5320
Komponen	Berat (kg/jam)	Etanol	197,7607
Air	357,5320		
Aliran <34> Asam Sulfat			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Asam Sulfat	14,4457		
<b>Total</b>	<b>4365,9502</b>	<b>Total</b>	<b>4365,9502</b>

J. *Yeast Cream tank (F-144)*

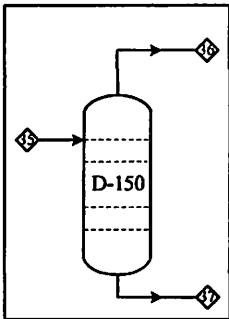




Tabel 3.11. Neraca massa di F-144

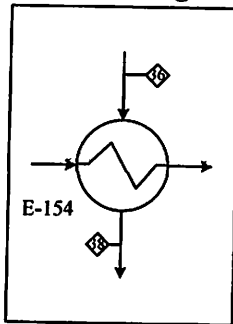
Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <32> F-144 Feed		Aliran <16> Yeast Cream	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Yeast	3796,2118	Yeast	3796,2118
Asam Sulfat	14,4457	Asam Sulfat	14,4457
Air	357,5320	Air	357,5320
Etanol	197,7607	Etanol	197,7607
Total	4.365,9502	Total	4.365,9502

## K. Purifier column (D-150)



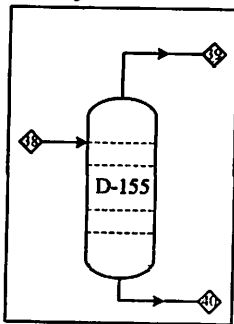
Tabel 3.13. Neraca massa di D-150

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <35> D-150 Feed		Aliran <36> E-154 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Etanol	4.710,2839	Etanol	4.710,2839
Vinnase	34.962,6588	Air	2.864,9556
		Aliran <37> Spent Less 1	
		Komponen	Berat (kg/jam)
		Vinnase	32.097,7032
Total	39.672,9427	Total	39.672,9427

L. *Heat exchanger 1 (E-154)*

Tabel 3.14. Neraca massa di E-154

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <36> E-154 Feed		Aliran <38> D-155 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Etanol	4.710,2839	Etanol	4.710,2839
Air	2.864,9556	Air	2.864,9556
Total	7.575,2395	Total	7.575,2395

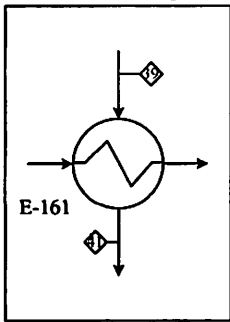
M. *Rectifier column (D-155)*

Tabel 3.15. Neraca massa di D-155

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <38> D-155 Feed		Aliran <39> E-161 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Etanol	4.710,2839	Etanol	4.397,6942
Air	2.864,9556	Air	309,7498

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
		Aliran <40> <i>Spent less 2</i>	
		Komponen	Berat (kg/jam)
		Etanol	312,5897
		Air	2.555,2058
Total	7.575,2395	Total	7.575,2395

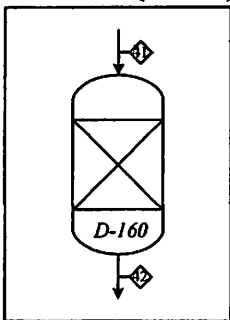
N. *Heat exchanger 2 (E-161)*



Tabel 3.16. Neraca massa di E-161

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <39> E-161 <i>Feed</i>		Aliran <41> D-160 <i>Feed</i>	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Etanol	4.397,6942	Etanol	4.397,6942
Air	309,7498	Air	309,7498
Total	4.707,4440	Total	4.707,4440

O. *Adsorber (D-160)*

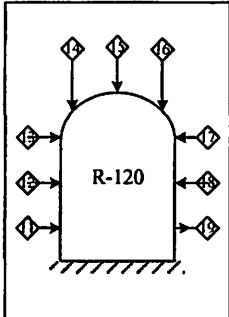


Tabel 3.18. Neraca massa di D-160

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
<i>Aliran &lt;41&gt; D-160 Feed</i>		<i>Aliran &lt;42&gt; Produk</i>	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Etanol	4.397,6942	Etanol	4.397,6942
Air	309,7498	Air	17,5908
		<i>Aliran &lt;43&gt; Air</i>	
		Komponen	Berat (kg/jam)
		Air	292,1590
<b>Total</b>	<b>4.707,4440</b>	<b>Total</b>	<b>4.707,4440</b>

3.2.2. Neraca massa per bagian saat *running*

A. Tangki pre-fermentor (R-120)

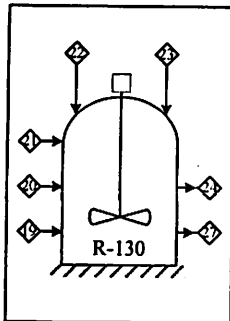


Tabel 3.19. Neraca massa di R-120

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <11> R-120 Feed		Aliran <19> R-130 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
<i>Yeast</i>	0,0000	<i>Yeast</i>	3796,2118
Etanol	0,0000	Etanol	1.005,8791
Karbon dioksida	0,0000	Karbon dioksida	733,9790
Air	0,0000	Defoamer	39,2547
Glukosa	0,0000	Air	32.475,0527
Komponen anorganik	0,0000	Glukosa	6.005,2831
Aliran <12> Asam Sulfat		Komponen anorganik	3.319,3658
Komponen	Berat (kg/jam)		
Asam Sulfat	0,0000		
Aliran <13> Nutrisi			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Nutrisi	33,6936		
Aliran <14> Molase 80 bx			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Sukrosa	5.888,2076		
Glukosa	654,2453		
Fruktosa	654,2453		
Air	2.616,9812		
Komponen anorganik	3.271,2264		

Aliran Masuk		Aliran Keluar			
Aliran <15> Air					
Komponen	Berat (kg/jam)				
Air	29.470,6401				
Aliran <16> <i>Yeast Recycle</i>					
Komponen	Berat (kg/jam)				
<i>Yeast</i>	3.796,2118				
Asam sulfat	14,4457				
Air	357,5320				
Etanol	197,7607				
Aliran <17> Air Scrubber					
Komponen	Berat (kg/jam)				
Etanol	40,7766				
Air	339,8051				
Aliran <18> Defoamer					
Komponen	Berat (kg/jam)				
Defoamer	39,2547				
Total	47.375,0262			Total	47.375,0262

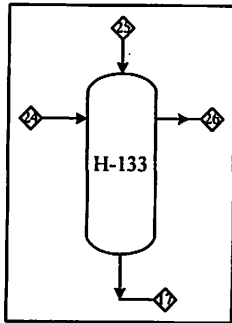
## B. Tangki fermentor (R-130)



Tabel 3.20. Neraca massa di R-130

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <19> R-130 Feed		Aliran <27> F-136 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
<i>Yeast</i>	3796,2118	<i>Yeast</i>	3796,2118
Etanol	1.005,8791	Etanol	4.460,7703
Karbon dioksida	733,9790	Defoarmer	43,6164
Defoarmer	39,2547	Air	32.731,3944
Air	32.475,0527	Glukosa	0,0000
Glukosa	6.005,2831	Komponen anorganik	3.683,9579
Komponen anorganik	3.319,3658	<i>Aliran &lt;24&gt; H-243 Feed</i>	
Aliran <20> Asam Sulfat		Komponen	Berat (kg/jam)
Komponen	Berat (kg/jam)	Karbon dioksida	4.118,4380
Asam Sulfat	1,1224		
Aliran <21> Molase 80 bx			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Sukrosa	654,2453		
Glukosa	72,6939		
Fruktosa	72,6939		
Air	290,7757		
Komponen anorganik	363,4696		
Aliran <22> Air			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Air	0,0000		
Aliran <23> Defoarmer			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Defoarmer	4,3616		
Total	48.834,3887	Total	48.834,3887

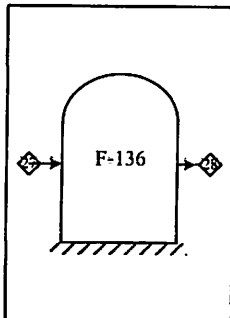
C. *Scrubber (H-133)*



Tabel 3.21. Neraca massa di H-133

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <24> H-133 Feed		Aliran <26> Karbon Dioksida	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Karbon dioksida	4.077,6613	Karbon dioksida	4.077,6613
Etanol	40,7766	Aliran <17> Air Cucian	
Aliran <25> Air		Komponen	Berat (kg/jam)
Komponen	Berat (kg/jam)	Etanol	40,7766
Air	339,8051	Air	339,8051
Total	4.458,2431	Total	4.458,2431

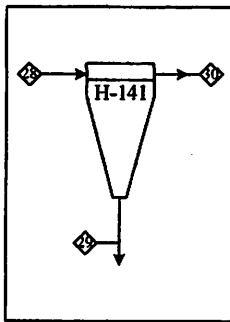
D. *Buffer tank (F-136)*





Tabel 3.22. Neraca massa di F-136

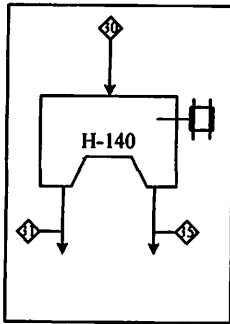
Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <27> F-136 Feed		Aliran <28> H-141 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
<i>Yeast</i>	3796,2118	<i>Yeast</i>	3796,2118
Etanol	4.460,7703	Etanol	4.460,7703
Defoamer	43,6164	Defoamer	43,6164
Air	32.731,3944	Air	32.731,3944
Komponen anorganik	3.683,9579	Komponen anorganik	3.683,9579
Total	44.715,9507	Total	44.715,9507

E. *Sand cyclone (H-141)*

Tabel 3.23. Neraca massa di H-141

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <28> H-141 Feed		Aliran <29> Sludge	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
<i>Yeast</i>	3796,2118	Pasir	18,41978926
Etanol	4.460,7703	Aliran <30> H-140 Feed	
Defoamer	43,6164	Komponen	Berat (kg/jam)
Air	32.731,3944	<i>Yeast</i>	3796,2118
Komponen anorganik	3.683,9579	Etanol	4.460,7703
		Defoamer	43,6164
		Air	32.731,3944
		Komponen anorganik	3.665,5381
Total	44.715,9507	Total	44.715,9507

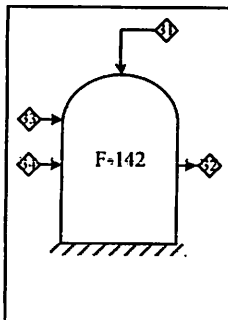
## F. Separator (H-140)



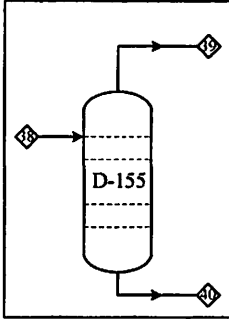
Tabel 3.24. Neraca massa di H-140

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
<i>Aliran &lt;30&gt; H-140 Feed</i>		<i>Aliran &lt;35&gt; D-150 Feed</i>	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
<i>Yeast</i>	3796,2118	Etanol	4.270,9597
Etanol	4.460,7703	Vinnase	36.440,5488
Defoamer	43,6164	<i>Aliran &lt;31&gt; F-142 Feed</i>	
Air	32.731,3944	Komponen	Berat (kg/jam)
Glukosa	#REF!	<i>Yeast</i>	3796,2118
Komponen anorganik	3.665,5381	Etanol	189,8106
Total	#REF!	Total	44.697,5310

## G. Acid washing tank (F-142)



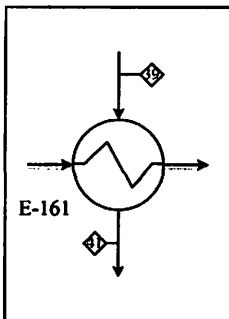
K. *Rectifier column (D-155)*

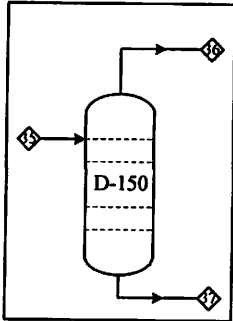


Tabel 3.29. Neraca massa di D-155

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <38> D-155 Feed		Aliran <39> E-161 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Etanol	4.833,5906	Etanol	4.512,8179
Air	2.939,9549	Air	317,8585
		Aliran <40> Spent less 2	
		Komponen	Berat (kg/jam)
		Etanol	320,7727
		Air	2.622,0964
Total	7.773,5456	Total	7.773,5456

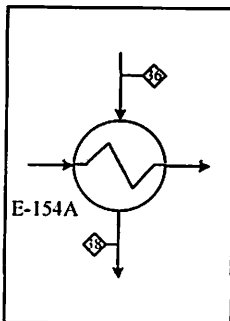
L. *Heat exchanger 2 (E-161)*



I. *Purifier column (D-150)*

Tabel 3.27. Neraca massa di D-150

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <35> D-150 Feed		Aliran <36> E-154 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Etanol	4.270,9597	Etanol	4.833,5906
Vinnase	36.440,5488	Air	2.939,9549
		Aliran <37> Spent Less 1	
		Komponen	Berat (kg/jam)
		Vinnase	32.937,9630
<b>Total</b>	<b>40.711,5085</b>	<b>Total</b>	<b>40.711,5085</b>

J. *Heat exchanger 1 (E-154)*

Tabel 3.28. Neraca massa di E-154

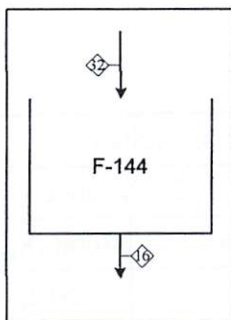
Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <36> E-154 Feed		Aliran <38> D-155 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Etanol	4.833,5906	Etanol	4.833,5906
Air	2.939,9549	Air	2.939,9549
<b>Total</b>	<b>7.773,5456</b>	<b>Total</b>	<b>7.773,5456</b>



Tabel 3.26. Neraca massa di F-142

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <31> F-142 Feed		Aliran <32> F-144 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
<i>Yeast</i>	3796,2118	<i>Yeast</i>	3796,2118
Etanol	189,8106	Asam Sulfat	14,4457
Aliran <33> Air		Air	357,5320
Komponen	Berat (kg/jam)	Etanol	189,8106
Air	357,5320		
Aliran <34> Asam Sulfat			
Komponen	Berat (kg/jam)		
Asam Sulfat	14,4457		
Total	4358,0001	Total	4358,0001

H. *Yeast Cream tank (F-144)*



Tabel 3.25. Neraca massa di F-144

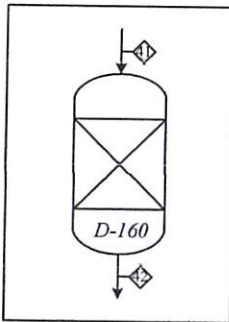
Aliran Masuk		Aliran Keluar	
<i>Aliran &lt;32&gt; F-144 Feed</i>		<i>Aliran &lt;16&gt; Yeast Cream</i>	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Yeast	3796,2118	Yeast	3796,2118
Asam Sulfat	14,4457	Asam Sulfat	14,4457
Air	357,5320	Air	357,5320
Etanol	189,8106	Etanol	189,8106
Total	4.358,0001	Total	4.358,0001



Tabel 3.30. Neraca massa di E-161

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <39> E-161 Feed		Aliran <41> D-160 Feed	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Etanol	4.512,8179	Etanol	4.512,8179
Air	317,8585	Air	317,8585
Total	4.830,6764	Total	4.830,6764

## O. Adsorber (D-160)



Tabel 3.32. Neraca massa di D-160

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran <41> D-160 Feed		Aliran <42> Product	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Etanol	4.512,8179	Etanol	4.512,8179
Air	317,8585	Air	18,0513
		Aliran <43> Air	
		Komponen	Berat (kg/jam)
		Air	299,8072
Total	4.830,6764	Total	4.830,6764

Jumlah etanol yang dihasilkan = 5.064,1778 kg/jam

Jumlah etanol di produk = 4.512,8179 kg/jam

Efisiensi proses = 89%

Kebutuhan molase perjam = 14.538,7842 kg/jam

Kebutuhan air proses = 32.181,7904 kg/jam

## BAB IV NERACA PANAS

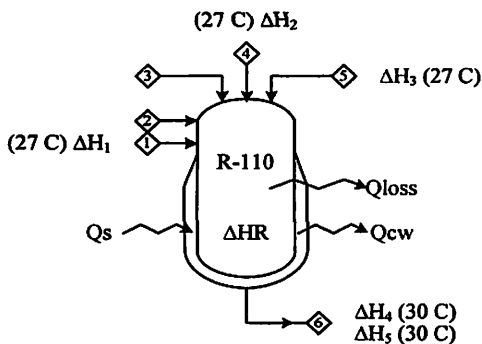
### 4.1. Kondisi Standard

Saturated steam	T/P	=	150 °C	476 kpa
	$\lambda$	=	505,0669 kcal/kg	
Subcold CW	$t_1$	=	27 °C	
	cp	=	0,9995 kcal/kgC	
Suhu referensi		=	25 °C	= 273,2 K

### 4.2. Neraca Panas Per Bagian

#### A. Tangki Pembibitan 1 (R-110)

Fungsi : Tempat mengembangbiakan ragi agar dapat beradaptasi sesuai kondisi operasi



$$\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta HR + Q_s = \Delta H_4 + \Delta H_5 + Q_{cw} + Q_{loss}$$

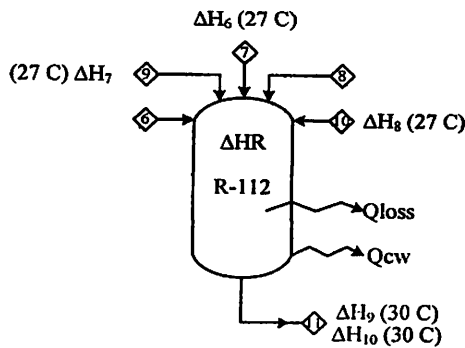
Tabel 4.1. Neraca massa di R-110

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_1$ - Aliran <1> Asam Sulfat		$\Delta H_4 \Delta H_5$ - Aliran <6> R-112 feed	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Asam Sulfat	0,3250	Yeast	0,0000
$\Delta H_2$ - Aliran <4> Molase 80 bx		Etanol	896,1098
Komponen	Panas (kcal)	Karbon dioksida	263,0696
Sukrosa	125,8810	Air	4,1894
Glukosa	25,7282	Glukosa	120,1555
Air	0,3038	Komponen anorganik	311,8480
Komponen anorganik	274,4742		

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_3$ - Aliran <5> Air		Cooling water (Q)	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Air	3,5019	Qcw	5.701,3478
Reaksi ( $\Delta HR$ )		Panas terbuang (Q)	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
$\Delta HR$	1.747,1386	Qloss	0,5995
Steam (Q)			
Komponen	Panas (kcal)		
QSteam	5.119,9668		
Total	7.297,3195	Total	7.297,3195

B. Tangki pembibitan 2 (R-112)

Fungsi : Tempat pembibitan tahap II agar ragi dapat beradaptasi sesuai dengan kondisi operasi sebelum masuk ke prefermentor



$$\Delta H_6 + \Delta H_7 + \Delta H_8 + \Delta HR = \Delta H_9 + \Delta H_{10} + Q_{cw} + Q_{loss}$$

Tabel 4.2. Neraca panas di R-112

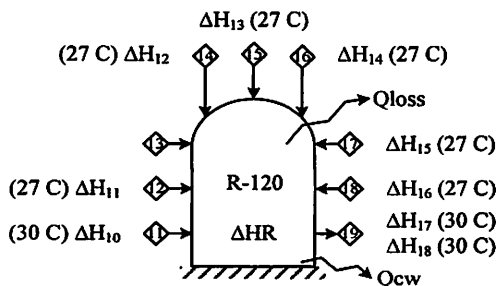
Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_4$ $\Delta H_5$ - Aliran <6> R-112 feed		$\Delta H_9$ $\Delta H_{10}$ - Aliran <11> R-120 feed	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Etanol	896,1098	Etanol	4764,8771
Karbon dioksida	263,0696	Karbon dioksida	1398,8177
Air	4,1894	Air	18,1939
Glukosa	120,1555	Glukosa	521,8223
Komponen anorganik	311,8480	Komponen anorganik	1.560,6406



Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_6$ - Aliran <7> Asam Sulfat		Cooling water (Q)	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Asam Sulfat	1,8592	Q <sub>cw</sub>	2.670,4364
$\Delta H_7$ - Aliran <9> Molase 80 bx		Panas terbuang (Q)	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Sukrosa	503,5242	Q <sub>loss</sub>	6,2708
Glukosa	102,9128		
Air	1,2151		
Komponen anorganik	1097,8966		
$\Delta H_8$ - Aliran <10> Air			
Komponen	Panas (kcal)		
Air	11,5305		
Reaksi ( $\Delta HR$ )			
Komponen	Panas (kcal)		
$\Delta HR$	7.626,7485		
Total	10.941,0590	Total	10.941,0590

C. Tangki pre-fermentor (R-120)

Fungsi : Tangki pembibitan terakhir agar ragi dapat beradaptasi dengan kondisi fermentasi



$$\Delta H_{10} + \Delta H_{11} + \Delta H_{12} + \Delta H_{13} + \Delta H_{14} + \Delta H_{15} + \Delta H_{16} + \Delta HR = \Delta H_{17} + \Delta H_{18} + Q_{cw} + Q_{loss}$$

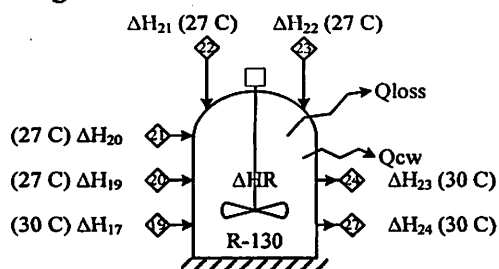
Tabel 4.3. Neraca panas di R-120

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H9 \Delta H10$ - Aliran <11> R-120 feed		$\Delta H17 \Delta H18$ - Aliran <19> R-130 feed	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Etanol	4764,8771	Etanol	12.574,5865
Karbon dioksida	1398,8177	Karbon dioksida	3.310,5181
Air	18,1939	Air	123,4234
Glukosa	521,8223	Glukosa	8.674,7221
Komponen anorganik	1560,6406	Komponen anorganik	10.339,6136
$\Delta H11$ - Aliran <12> Asam Sulfat		Cooling water (Q)	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Asam Sulfat	13,0012	Qcw	20.633,3766
$\Delta H12$ - Aliran <14> Molase 80 bx		Panas terbuang (Q)	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Sukrosa	3.521,1481	Qloss	330,6125
Glukosa	719,6698		
Air	8,4973		
Komponen anorganik	7.677,5987		
$\Delta H13$ - Aliran <15> Air			
Komponen	Panas (kcal)		
Air	87,1973		
$\Delta H14$ - Aliran <16> Yeast cream			
Komponen	Panas (kcal)		
Etanol	1.730,1699		
Asam Sulfat	13,0012		
$\Delta H15$ - Aliran <17> Air scrubber			
Komponen	Panas (kcal)		
Etanol	356,7466		
Air	1,1033		
$\Delta H16$ - Aliran <18> Defoarmer			
Komponen	Panas (kcal)		
Defoarmer	13,5821		

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Reaksi ( $\Delta HR$ )			
Komponen	Panas (kcal)		
$\Delta HR$	33.580,7854		
Total	55.986,8528	Total	55.986,8528

## D. Tangki fermentor (R-130)

Fungsi : Tempat berlangsungnya proses fermentasi



$$\Delta H_{17} + \Delta H_{18} + \Delta H_{19} + \Delta H_{20} + \Delta H_{21} + \Delta H_{22} + \Delta HR = \Delta H_{23} + \Delta H_{24} + Q_{cw} + Q_{loss}$$

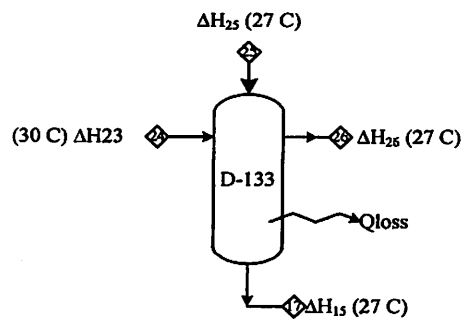
Tabel 4.4. Neraca panas di R-130

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_{17} \Delta H_{18}$ - Aliran <19> R-130 feed		$\Delta H_{24}$ - Aliran <27> F-136 feed	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Etanol	12.574,5865	Etanol	47.548,3199
Karbon dioksida	3.310,5181	Air	124,3484
Air	123,4234	Glukosa	0,0000
Glukosa	8.674,7221	Komponen anorganik	11.296,5120
Komponen anorganik	10.339,6136	$\Delta H_{23}$ - Aliran <24> H-133 feed	
$\Delta H_{19}$ - Aliran <20> Asam Sulfat		Komponen	Panas (kcal)
Komponen	Panas (kcal)	Karbon dioksida	14.074,6583
Asam Sulfat	1,0102	Etanol	395,0370
$\Delta H_{20}$ - Aliran <21> Molase 80 bx		Cooling water (Q)	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Sukrosa	391,2387	Qcw	14.872,3399
Glukosa	79,9633	Panas terbuang (Q)	
Air	0,9441	Komponen	Panas (kcal)
Komponen anorganik	853,0901	Qloss	11.320,9067

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_{22}$ - Aliran <23> Defoarmer			
Komponen	Panas (kcal)		
Defoarmer	1,5091		
Reaksi ( $\Delta HR$ )			
Komponen	Panas (kcal)		
$\Delta HR$	63.281,5029		
Total	99.632,1222	Total	99.632,1222

E. *Scrubber* (H-133)

Fungsi : Memisahkan uap etanol yang terikut gas dengan  $CO_2$



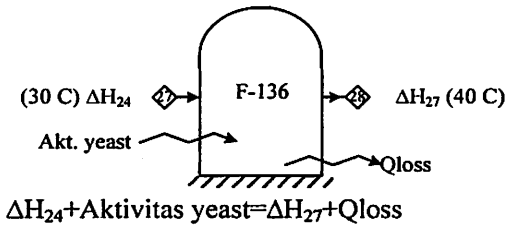
$$\Delta H_{23} + \Delta H_{25} = \Delta H_{26} + \Delta H_{15} + Q_{\text{loss}}$$

Tabel 4.5. Neraca panas di H-133

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_{23}$ - Aliran <24> H-133 feed		$\Delta H_{26}$ - Aliran <26> Karbon Dioksida	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Karbon dioksida	14.074,6583	Karbon dioksida	12.622,0730
Etanol	395,0370	$\Delta H_{15}$ - Aliran <17> Air Cucian	
$\Delta H_{25}$ - Aliran <25> Air		Komponen	Panas (kcal)
Komponen	Panas (kcal)	Etanol	356,7466
Air	1,1033	Air	1,1033
		Panas terbuang (Q)	
		Komponen	Panas (kcal)
		Qloss	1.490,8757
Total	14.470,7987	Total	14.470,7987

F. *Buffer tank* (F-136)

Fungsi : Tangki untuk menjaga agar umpan ke sand cyclone, separator, dan distilasi tidak fluktuatif

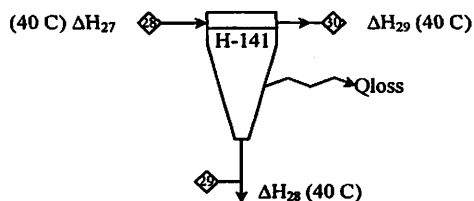


Tabel 4.6. Neraca panas di F-136

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_{24}$ - Aliran <27> F-136 feed		$\Delta H_{27}$ - Aliran <28> H-141 feed	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Etanol	47.548,3199	Etanol	62.676,4574
Air	124,3484	Air	165,9036
Glukosa	0,0000	Glukosa	0,0000
Komponen anorganik	11.296,5120	Komponen anorganik	15.857,9449
Aktifitas yeast (Q)		Panas terbuang (Q)	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Panas yeast	23.768,8168	Qloss	4.037,6912
<b>Total</b>	<b>82.737,9971</b>	<b>Total</b>	<b>82.737,9971</b>

G. *Sand cyclone* (H-141)

Fungsi : Memisahkan partikel-partikel pengotor, seperti pasir untuk menghindari penyumbatan nozzle di separator. Alat ini merupakan pemisahan dengan sentrifugasi antara liquid-solid.



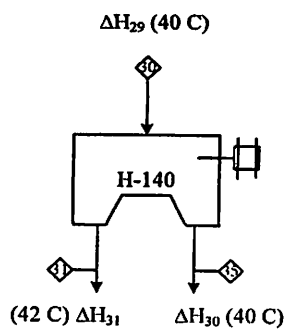
$$\Delta H_{27} = \Delta H_{28} + \Delta H_{29} + Q_{\text{loss}}$$

Tabel 4.7. Neraca massa di H-141

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_{27}$ - Aliran <28> H-141 feed		$\Delta H_{28}$ - Aliran <29> Sludge	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Etanol	62.676,4574	Pasir	8,8324
Air	165,9036	$\Delta H_{29}$ - Aliran <30> H-140 feed	
Glukosa	0,0000	Komponen	Panas (kcal)
Komponen anorganik	15.857,9449	Etanol	62676,4574
		Air	165,9036
		Komponen anorganik	15.779,4769
		Panas terbuang (Q)	
		Komponen	Panas (kcal)
		Qloss	69,6356
Total	78.700,3059	Total	78.700,3059

## H. Separator (H-140)

Fungsi : Memisahkan heavy phase dan light phase



$$\Delta H_{29} = \Delta H_{30} + \Delta H_{31}$$

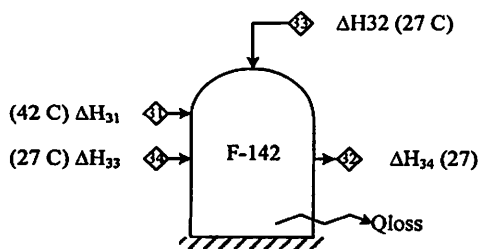
Tabel 4.8. Neraca panas di H-140

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_{29}$ - Aliran <30> H-140 feed		$\Delta H_{30}$ - Aliran <35> D-150 feed	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Etanol	62.676,4574	Etanol	60.151,0238
Air	165,9036	Vinnase	15.927,2908
Komponen anorganik	15.779,4769		

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
		$\Delta H_{31}$ - Aliran <31> F-142 <i>feed</i>	
		Komponen	Panas (kcal)
		Etanol	2525,4336
		Air	18,0897
Total	78.621,8379	Total	78.621,8379

I. *Acid washing tank* (F-142)

Fungsi : Tangki untuk pencucian asam dengan asam sulfat encer 4% agar ragi dapat digunakan kembali dalam tangki prefermentor



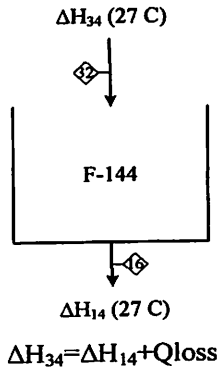
$$\Delta H_{31} + \Delta H_{32} + \Delta H_{33} = \Delta H_{34} + Q_{\text{loss}}$$

Tabel 4.9. Neraca panas di F-142

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_{31}$ - Aliran <31> F-142 <i>feed</i>		$\Delta H_{34}$ - Aliran <32> F-144 <i>feed</i>	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Etanol	2525,4336	Asam Sulfat	194,2320
Air	18,0897	Air	12,2004
$\Delta H_{32}$ - Aliran <33> Air		Etanol	1730,1699
Komponen	Panas (kcal)	Panas terbuang (Q)	
Air	1,1609	Komponen	Panas (kcal)
$\Delta H_{33}$ - Aliran <34> Asam sulfat		Qloss	621,0831
Komponen	Panas (kcal)		
Asam Sulfat	13,0012		
Total	2557,6854	Total	2557,6854

J. *Yeast Cream tank (F-144)*

Fungsi : Tangki penyimpanan yeast cream tank untuk di recycle kembali ke prefermentor (R-120)

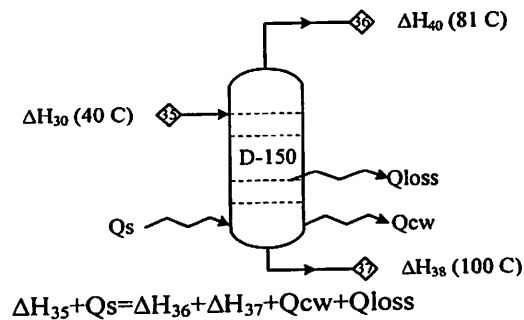


Tabel 4.10. Neraca panas di F-144

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_{34}$ - Aliran <32> F-144 feed		$\Delta H_{14}$ - Aliran <16> Yeast Cream	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Asam Sulfat	194,2320	Asam Sulfat	13,0012
Air	12,2004	Etanol	1730,1699
Etanol	1730,1699	Panas terbuang (Q)	
		Komponen	Panas (kcal)
		Qloss	193,4312
Total	1.936,6023	Total	1.936,6023

K. *Purifier column (D-150)*

Fungsi : Untuk memurnikan ethanol tahap pertama dengan % fraksi massa di destilat 0,62



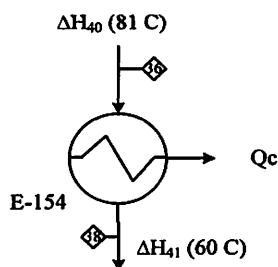


Tabel 4.11. Neraca panas di D-150

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_{30}$ - Aliran <35> D-150 feed		$\Delta H_{40}$ - Aliran <36> E-154 feed	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Etanol	60.151,0238	Etanol	115.575,8897
Vinnase	15.927,2908	Air	27,8746
Steam (Q)		$\Delta H_{38}$ - Aliran <37> Spent Less 1	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
QSteam	2.494.085	Vinnase	37,0352
		Cooling water (Q)	
		Komponen	Panas (kcal)
		Qcw	2.410.853
		Panas terbuang (Q)	
		Komponen	Panas (kcal)
Qloss	43.668,8216		
Total	2.570.163	Total	2.570.163

L. *Heat exchanger 1 (E-154)*

Fungsi : Media pemanas, tanpa merubah fase, yang mana medium pemanas menggunakan vinase dari produk bawah purifier colomn



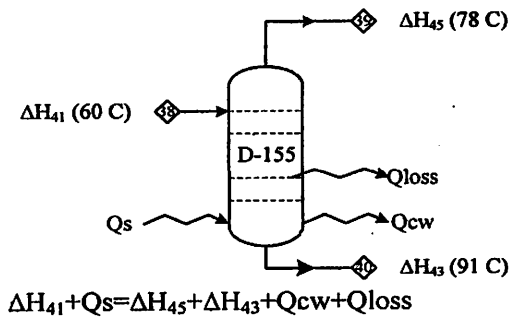
$$\Delta H_{40} = \Delta H_{41} + Q_{cw}$$

Tabel 4.12. Neraca massa di E-154

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_{40}$ - Aliran <36> E-154 feed		$\Delta H_{41}$ - Aliran <38> D-155 feed	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Etanol	115.575,8897	Etanol	88.148,9279
Air	27,8746	Air	20,7156
		Cooling water (Q)	
		Komponen	Panas (kcal)
		Qcw	27.434
<b>Total</b>	<b>115.603,7644</b>	<b>Total</b>	<b>115.603,7644</b>

M. *Rectifier column (D-155)*

Fungsi : Memurnika ethanol tahap dua, dengan % fraksi massa di destilat adalah 0,93



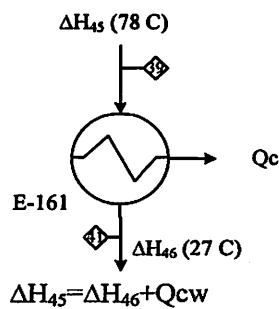
Tabel 4.13. Neraca panas di D-155

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_{41}$ - Aliran <38> D-155 feed		$\Delta H_{45}$ - Aliran <39> E-161 feed	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Etanol	88.148,9279	Etanol	104.912,6607
Air	20,7156	Air	2,9209
		$\Delta H_{43}$ - Aliran <40> Spent Less 2	
Steam (Q)		Komponen	Panas (kcal)
QSteam	975.542	Etanol	8.549,5779
		Air	28,0829

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
		Cooling water (Q)	
		Komponen	Panas (kcal)
		Q <sub>cw</sub>	950.218
		Panas terbuang (Q)	
		Komponen	Panas (kcal)
		Q <sub>loss</sub>	0,0000
Total	1.063.712	Total	1.063.712

N. *Heat exchanger 2 (E-161)*

Fungsi : Media pendingin, tanpa merubah fase. Media pendingin yang digunakan adalah cooling water

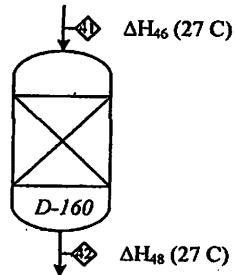


Tabel 4.14. Neraca panas di E-161

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_{45}$ - Aliran <39> E-161 Feed		$\Delta H_{46}$ - Aliran <41> D-160 Feed	
Komponen	Panas (kcal)	Komponen	Panas (kcal)
Etanol	104.912,6607	Etanol	38.474,5683
Air	2,9209	Air	1,0058
		Cooling water (Q)	
		Komponen	Panas (kcal)
		Q <sub>cw</sub>	66.440
Total	104.915,5816	Total	104.915,5816

## O. Adsorber (D-160)

Fungsi : Memurnikan etanol hingga kemurnian mencapai 99%



$$\Delta H_{46} = \Delta H_{48}$$

Tabel 4.16. Neraca panas di D-160

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
$\Delta H_{46}$ - Aliran <41> D-160 Feed		$\Delta H_{47}$ - Aliran <42> Produk	
Komponen	Berat (kg/jam)	Komponen	Berat (kg/jam)
Etanol	38.474,5683	Etanol	38.474,5683
Air	1,0058	Air	0,0571
		$\Delta H_{48}$ - Aliran <43> Air	
		Komponen	Berat (kg/jam)
		Air	0,9486
Total	38.475,5740	Total	38.475,5740

## BAB V SPESIFIKASI PERALATAN

### 5.1. Ringkasan Spesifikasi Peralatan

Tabel 5.1. Ringkasan spesifikasi peralatan

No	Nama Alat	Kode	Spesifikasi				Jumlah
			Tipe	Dimensi		Bahan	
1.	Tangki bibit I	R-110	Tangki berbentuk silinder dengan tutup samping kanan dan kiri standard dished	do = 84,0000 in di = 83,3750 in Ls = 124,0845 in ts = 0,1875 in tha = 0,1875 in ha = 14,0904 in H = 155,2652 in Dimensi jaket dij = 89,6250 in doj = 90,0000 in tj = 0,1875 in t <sub>hbj</sub> = 0,5000 in hbj = 14,2810 in		Carbon steel SA-129 Grade A	1
2.	Pompa sentrifugal	L-111A	<i>Centrifugal pump</i>	Efisiensi = 70% Daya = 1/3 hp D = 0,0422 m Kapasitas = 40,5003 gpm		<i>Stainless steel</i>	1
3.	Tangki Pembibitan II	R-112	Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard dished	do = 132,0000 in di = 131,3750 in Ls = 196,9718 in ts = 0,1875 in tha = 0,1875 in ha = 22,2024 in H = 244,3766 in		Carbon steel SA-129 Grade A	1
4.	<i>Plate heat exchanger</i>	E-113	<i>Gasketed PHE</i>	Gap = 6 mm A = 15 m <sup>2</sup>		<i>Stainless steel</i>	1
5.	Pompa sentrifugal	L-111B	<i>Centrifugal pump</i>	Efisiensi = 70% Daya = 1/3 hp D = 0,0889 m Kapasitas = 182,4734 gpm		<i>Carbon steel</i>	1

No	Nama Alat	Kode	Spesifikasi				Jumlah		
			Tipe	Dimensi		Bahan			
6.	Storage asam sulfat	F-114	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup samping kanan dan kiri standard dished	do di Ls ts tha ha H	= = = = = = =	96,0000 95,3750 134,7268 0,1875 0,1875 16,1184 169,9636	in in in in in in in	High alloy steel SA-167 Grade 3-304	1
7.	Gudang dry yeast	F-115	Gudang	P L T	= = =	3 3 3,1	m m m	Beton bertulang	1
8.	Storage molase	F-116	Tangki berbentuk silinder horizontal, tutup atas standard dished dan bawah flat	do di Ls ts tha ha H	= = = = = = =	792,0000 791,3750 1177,0969 2,6875 2,6875 133,7424 1313,8393	in in in in in in in	Carbon steel SA-129 Grade A	6
9.	Storage nutrisi	F-117	Tangki berbentuk silinder horizontal, tutup atas standard dished dan bawah flat	do di Ls ts tha ha H	= = = = = = =	120,0000 119,3750 176,9994 0,1875 0,1875 20,1744 200,1738	in in in in in in in	Carbon steel SA-7 Grade 3	1
10.	Storage deformer	F-118	Tangki berbentuk silinder horizontal, tutup atas standard dished dan bawah flat	do di Ls ts tha ha H	= = = = = = =	126,0000 125,3750 185,2822 0,1875 0,1875 21,1884 209,4706	in in in in in in in	Carbon steel SA-7 Grade 3	1
11.	Pompa sentrifugal	L-119A	<i>Centrifugal pump</i>	Efisiensi Daya D pipa Kapasitas	= = = =	70% 1/3 0,0103 0,9316	 hp m gpm	<i>Stainless steel</i>	1
12.	Pompa sentrifugal	L-119B	<i>Centrifugal pump</i>	Efisiensi Daya D pipa Kapasitas	= = = =	70% 1/3 0,5400 0,4458	 hp m gpm	<i>Carbon steel</i>	1

No	Nama Alat	Kode	Spesifikasi			Jumlah
			Tipe	Dimensi	Bahan	
13.	Pompa sentrifugal	L-119C	<i>Centrifugal pump</i>	Efisiensi = 70% Daya = 1/3 hp D pipa = 0,5400 m Kapasitas = 2,2818 gpm	<i>Carbon steel</i>	1
14.	Pompa gear	L-119D	<i>Centrifugal-gear pump</i>	Efisiensi = 70% Daya = 1/3 hp D pipa = 0,1683 m Kapasitas = 537,1967 gpm	<i>Carbon steel</i>	1
15.	Pre-fermentor	R-130	Tangki berbentuk silinder horizontal, tutup atas standard dished dan bawah flat	do = 294,0000 in di = 293,3750 in Ls = 433,6462 in ts = 0,5000 in tha = 0,4375 in ha = 49,5804 in H = 486,2266 in	<i>Carbon steel SA-129 Grade A</i>	2
16.	<i>Plate heat exchanger</i>	E-121	<i>Gasketed PHE</i>	Gap = 6 mm A = 30 m <sup>2</sup>	<i>Stainless steel</i>	1
17.	Pompa sentrifugal	L-122	<i>Centrifugal pump</i>	Efisiensi = 70% Daya = 3/4 hp D pipa = 0,2191 m Kapasitas = 1229,468 gpm	<i>Carbon steel</i>	1
18.	Blower	G-123	<i>Centrifugal blower</i>	P = 1,5 hp	<i>Carbon steel</i>	1
19.	Fermentor	R-130	<i>Dikerjakan : Alivia alviarty (10.14.013)</i> <i>Bab VI Perancangan Alat Utama</i>			4
20.	<i>Plate heat exchanger</i>	E-131	<i>Gasketed PHE</i>	Gap = 6 mm A = 30 m <sup>2</sup>	<i>Stainless steel</i>	1
21.	Pompa sentrifugal	L-132	<i>Centrifugal pump</i>	Efisiensi = 70% Daya = 3/4 hp D pipa = 0,2191 m Kapasitas = 1159,190 gpm	<i>Carbon steel</i>	4
22.	<i>Scrubber</i>	H-133	Tangki berbentuk silinder, tutup atas dan bawah berbentuk standard dished	do = 48,0000 in di = 47,3750 in Ls = 450,2359 in ts = 0,1875 in tha = 0,1875 in ha = 0,2060 in H = 134,6422 in	<i>Carbon steel SA-283 Grade A</i>	1

No	Nama Alat	Kode	Spesifikasi				Jumlah
			Tipe	Dimensi		Bahan	
23.	Tangki air scrubber	F-134	Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan tutup bawah flat	do = 90,0000 in di = 89,3750 in Ls = 128,0138 in ts = 0,1875 in tha = 0,2000 in ha = 128,0138 in H =		Carbon steel SA-7 Grade 3	1
24.	Pompa sentrifugal	L-135	<i>Centrifugal Pump</i>	Efisiensi = 70% Daya = 1/3 hp D pipa = 0,0422 m Kapasitas = 41,9197 gpm		Carbon steel	1
25.	Buffer tank	F-136	Tangki berbentuk silinder horizontal, tutup atas standard dished dan bawah flat	do = 294 in di = 293,375 in Ls = 433,646206 in ts = 0,5 in tha = 0,4375 in ha = 49,580375 in H = 486,226581 in		Carbon steel SA-129 Grade A	1
26.	Pompa sentrifugal	L-137	<i>Centrifugal pump</i>	Efisiensi = 70% Daya = 1/3 hp D pipa = 0,0889 m Kapasitas = 193,1984 gpm		Carbon steel	1
27.	<i>Sand cyclone</i>	H-151	Sedimentation equipment - turbular bowl	Efisiensi = 90% $Q/\Sigma = 3,8881E-05$ m/s		Carbon steel	2
28.	Centrifuge separators	H-140	Separation liquid-liquid	Q = 43.667 kg/jam = 0,01 m <sup>3</sup> /s		Carbon steel	4
29.	Acid washing tank	F-142	Tangki berbentuk silinder horizontal, tutup atas standard dished dan bawah flat	do = 156,0000 in di = 155,3750 in Ls = 225,1705 in ts = 0,1875 in tha = 0,1875 in ha = 26,2584 in H = 254,4289 in		Carbon steel SA-212 Grade B	1
30.	Pompa sentrifugal	L-137	<i>Centrifugal pump</i>	Efisiensi = 70% Daya = 1/3 hp D pipa = 0,0889 m Kapasitas = 205,9691 gpm		Carbon steel	1



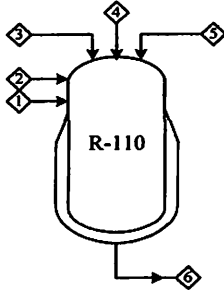
No	Nama Alat	Kode	Spesifikasi				Jumlah
			Tipe	Dimensi		Bahan	
31.	Tangki yeast cream	F-144	Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas dan bawah flat	do = 192,0000 in di = 191,3750 in Ls = 283,2549 in ts = 0,2500 in tha = 1/4 in ha = 283,2549 in H =		Carbon steel SA-212 Grade B	1
32.	Pompa sentrifugal	L-145	Centrifugal pump	Efisiensi = 70% Daya = 1/3 hp D pipa = 0,0889 m Kapasitas = 205,9691 gpm		Carbon steel	1
33.	Kolom purifier	D-150	Distilasi	do = 36,3750 in di = 36,0000 in Ls = 144,0000 in ts = 0,1875 in tha = 0,1875 in ha = 6,0840 in H = 156,1680 in Tray = 20,0000 tray T = 18,0000 in		Carbon steel SA-129 Grade A	1
34.	Pre-heater	E-151	Reboiler 1-2	do = 3/4 in BWG = 10 L = 10 ft Nt = 52 buah PT = 1 in de = 0,95 in		Carbon steel SA 53 Grade B	1
35.	Kondensor	E-152A	Kondensor 1-2	do = 3/4 in BWG = 18 L = 34 ft Nt = 324 buah PT = 1 in de = 1,23 in		Carbon steel SA 53 Grade B	1
36.	Reboiler	E-153A	Reboiler 1-2	do = 3/4 in BWG = 18 L = 24 ft Nt = 90 buah PT = 1 in de = 1,23 in		Carbon steel SA 53 Grade B	1

No	Nama Alat	Kode	Spesifikasi				Jumlah							
			Tipe	Dimensi		Bahan								
37.	Shell & tube HE	E-154	HE 1-2	do = 1 1/4 in	BWG = 18	L = 20 ft	Nt = 12 buah	PT = 1 4/7 in	de = 1,23 in	Carbon steel SA 53 Grade B	1			
38.	Kolom purifier	D-150	<i>Distilasi</i>	do = 24,375 in	di = 24,0000 in	Ls = 552,0000 in	ts = 0,1875 in	tha = 0,1875 in	ha = 4,056 in	H = 560,112 in	Tray = 43 tray	T = 24 in	Carbon steel SA-129 Grade A	1
39.	Kondensor	E-152B	Kondensor 1-2	do = 0,75 in	BWG = 8	L = 26 ft	Nt = 76 buah	PT = 1 in	de = 0,73 in	Carbon steel SA 53 Grade B	1			
40.	Reboiler	E-153B	Reboiler 1-2	do = 3/4 in	BWG = 18	L = 28 ft	Nt = 76 buah	PT = 1 in	de = 1,23 in	Carbon steel SA 53 Grade B	1			
41.	Accumulato r	F-156	Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan bawah standard dished	do = 138,0000 in	di = 137,3750 in	Ls = 53,4664 in	ts = 0,1875 in	tha = 0,1875 in	ha = 23,2164 in	H = 102,8991 in	Carbon steel SA-7 Grade 3	2		
42.	Pompa sentrifugal	L-157	<i>Centrifugal pump</i>	Efisiensi = 70%	Daya = 1/3 hp	D pipa = 0,0889 m	Kapasitas = 139,9306 gpm			Carbon steel	1			

No	Nama Alat	Kode	Spesifikasi				Jumlah		
			Tipe	Dimensi				Bahan	
43.	Storage vinase	F-156	Tangki berbentuk silinder, tutup atas standard dished dan tutup bawah flat	do	=	440,0000	in	Carbon steel SA-7 Grade 3	1
				di	=	439,3750	in		
				Ls	=	658,4026	in		
				ts	=	0,5625	in		
				tha	=	0,5000	in		
				ha	=	74,2544	in		
				H	=	735,6570	in		
44.	Absorber	D-160	<i>Dikerjakan :Novike Bela Sumanik (10.14.008)</i> <i>Bab VI Perancangan Alat Utama</i>						2
45.	Shell & tube HE	E-161	HE 1-2	do	=	3/4	in	Carbon steel SA 53 Grade B	1
				BWG	=	10			
				L	=	20	ft		
				Nt	=	26	buah		
				PT	=	1	in		
				de	=	1,23	in		
46.	Pompa sentrifugal	L-162	<i>Centrifugal pump</i>	Efisiensi	=	70%		Carbon steel	1
				Daya	=	1/3	hp		
				D pipa	=	0,0334	m		
				Kapasitas	=	24,6382	gpm		
47.	Tangki produk harian	F-156	Tangki berbentuk silinder, tutup atas standard dished dan tutup bawah flat	do	=	168,0000	in	Carbon steel SA-7 Grade 3	1
				di	=	167,3750	in		
				Ls	=	240,2252	in		
				ts	=	0,1875	in		
				tha	=	0,1875	in		
				ha	=	28,2864	in		
				H	=	271,5116	in		

## 5.2. Rincian Spesifikasi Peralatan

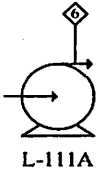
### 1. Tangki pembibitan I (R-110)



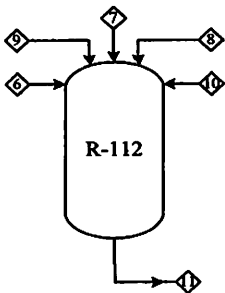
Fungsi	:	Tempat mengembangbiakan ragi agar dapat beradaptasi sesuai kondisi operasi
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Untuk mengembangbiakan ragi tahap I agar ragi dapat beradaptasi sesuai kondisi operasi pemilihan alat ini telah sesuai dengan standard pabrik bioethanol
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard dishead
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-129 Grade A</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	:	Berdasarkan faktor $f$ ( <i>Stress Tensil</i> ) yang memadai dengan bahan
Tipe Pengelasan	:	<i>Double welding butt joint</i>
Pemilihan Corrosion allowance	:	Berdasarkan tingkat korosi dari bahan tersebut, jika bahan menimbulkan korosi maka digunakan <i>corrosion allowance</i> yang besar dan begitupun sebaliknya.
Faktor Korosi (C)	:	0,125 in
Dimensi tangki:		
Volume tangki ( $V_T$ )	:	441,4309 ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	:	82,7230 in
Diameter luar ( $D_o$ )	:	84,0000 in
Diameter dalam ( $D_i$ )	:	83,3750 in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	:	124,0845 in
Tebal silinder (	:	0,1875 in
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	:	0,1875 in
Tinggi tutup atas ( $h_a$ )	:	14,0904 in
Tinggi tangki (H)	:	155,2652 in

**Dimensi Jaket:**

Diameter dalam ( $d_{i_j}$ )	:	89,6250	in
Diameter luar ( $d_{o_j}$ )	:	90	in
Tebal jaket ( $t_j$ )	:	0,1875	in
Tebal tutup bwh ( $t_{hb_j}$ )	:	0,5	in
Tinggi tutup bwh ( $hb_j$ )	:	14,2810	in
Jumlah tangki	:	1	buah

**2. Pompa sentrifugal (L-111A)**

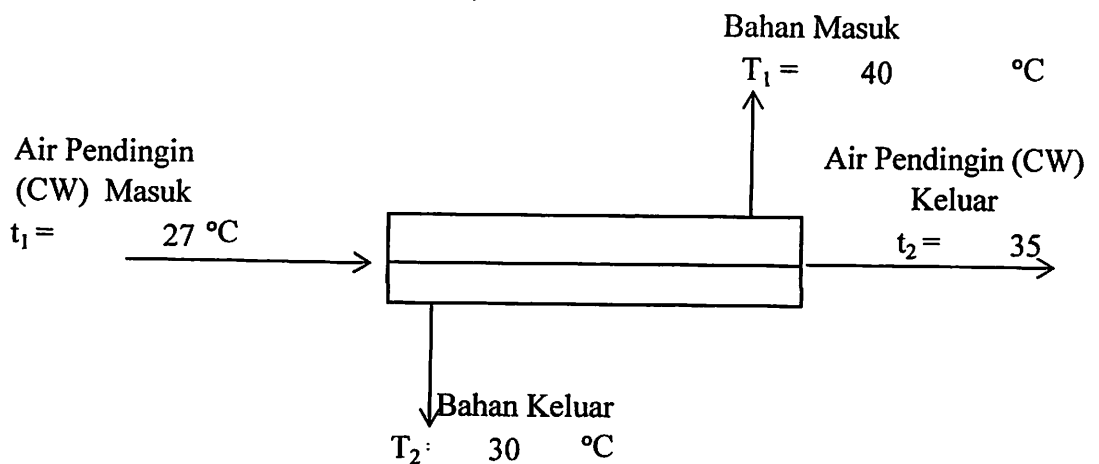
Fungsi	:	Mengalirkan larutan dari tangki pembibitan I (R-110) ke tangki bibit ke II (R-112)
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Pemilihan jenis pompa berdasarkan perhitungan, yang mana dari hasil perhitungan diplotkan gambar 5.6 hal 182 (Coulson and Richardson. 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa pompa bertipe Centrifugal single stage
Tipe	:	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Effisiensi	:	70%
Daya pompa	:	1/3 hp
Diameter pipa	:	0,0422 m
Jumlah	:	2 buah

**3. Tangki pembibitan II (R-112)**

Fungsi	:	Tempat pembibitan tahap II agar ragi dapat beradaptasi sesuai dengan kondisi operasi sebelum masuk ke prefermentor
--------	---	--

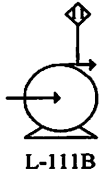
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Untuk mengembangbiakan ragi tahap ke II terdapat dua tangki pembibitan agar ragi yang digunakan tidak terlalu banyak dan menghemat kebutuhan steam yang digunakan hal ini berarti menghemat biaya oprasional dalam pemilihan alat ini telah sesuai dengan standard pabrik bioethanol
Tipe	: Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard dished
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-129 Grade A</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	: Berdasarkan faktor $f$ ( <i>Stress Tensil</i> ) yang memadai dengan bahan
Pemilihan Corrosion allowance	: Berdasarkan tingkat korosi dari bahan tersebut, jika bahan menimbulkan korosi maka digunakan <i>corrosion allowance</i> yang besar dan begitupun
Faktor Korosi (C)	: 1/8 in
Tipe Pengelasan	: <i>Double welding butt joint</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	: 1765,7238 ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	: 131,3146 in
Diameter luar ( $D_o$ )	: 132,0000 in
Diameter dalam ( $D_i$ )	: 131,3750 in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	: 196,9718 in
Tebal silinder ( $t_s$ )	: 0,1875 in
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	: 0,1875 in
Tinggi tutup atas ( $h_a$ )	: 22,2024 in
Tinggi tangki (H)	: 244,3766 in
Jumlah Tangki	: 1 Buah

#### 4. *Plate heat exchanger (E-113)*



Fungsi	: Mempertahankan suhu 30°C pada tangki bibit II (R-112), tanpa merubah fase
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Berdasarkan pada bahan baku (Molase) yang digunakan dalam pabrik tidak ditreatment terlebih dahulu sehingga dapat menyebabkan korosi sehingga menggunakan PHE untuk mempermudah dalam maintance karena bentuknya plate yang mudah untuk bongkar pasang
Tipe PHE yang digunakan	: <i>Gasketed PHE</i>
Gap between plate	: 6 mm
Surface area (A)	: 15 m <sup>2</sup>
Bahan	: <i>Stainless steel</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	: Berdasarkan bahan yang digunakan bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai
Jumlah	: 1 Buah

### 5. Pompa sentrifugal (L-111B)



Fungsi	: Mengalirkan defoarmer dari tangki pembibitan I (R-112) ke prefermentor(R-120)
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Pemilihan jenis pompa berdasarkan perhitungan, yang mana dari hasil perhitungan diplotkan gambar 5.6 hal 182 (Coulson and Richardson. 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa pompa bertipe Centrifugal single stage
Tipe	: <i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah stage	: <i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	: 3500 rpm
Effisiensi	: 70%
Daya pompa	: 1/3 hp
Diameter pipa	: 0,0889 m
Kapasitas pompa	: 182,4734 gpm
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Jumlah	: 1 buah

## 6. Storage asam sulfat (F-114)

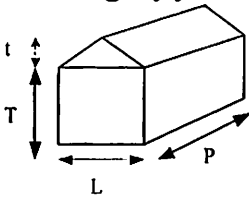


F-114

Fungsi	:	Tangki penyimpanan asam sulfat sebagai bahan penunjang bioethanol
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Berdasarkan bahan yang digunakan yaitu asam sulfat sehingga memilih storage untuk menampung asam sulfat yang dibutuhkan pabrik dan telah sesuai standard pabrik bioethanol
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup samping kanan dan kiri standard dished
Bahan konstruksi	:	<i>High alloy steel</i> SA-167 Grade 3-304
Pemilihan Bahan Kontruksi	:	Berdasarkan faktor $f$ ( <i>Stress Tensil</i> ) yang memadai dengan bahan baku yang digunakan yaitu asam sulfat yang sangat korosif sehingga menggunakan high alloy steel
Pemilihan Corrosion allowance	:	Berdasarkan tingkat korosi dari bahan tersebut, jika bahan menimbulkan korosi maka digunakan <i>corrosion allowance</i> yang besar dan begitupun sebaliknya.
Faktor Korosi (C)	:	1/8 in
Tipe Pengelasan	:	<i>Double welding butt joint</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	:	565,0316 ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	:	89,8179 in
Diameter luar ( $D_o$ )	:	96 in
Diameter dalam ( $D_i$ )	:	95,375 in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	:	134,7268 in
Tebal silinder ( $t_s$ )	:	0,1875 in
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	:	0,1875 in
Tinggi tutup atas ( $h_a$ )	:	16,1184 in
Tinggi tangki (H)	:	169,9636 in
Jumlah tangki	:	1 buah

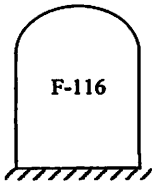


### 7. Gudang *dry yeast* (F-115)



Fungsi	: Tempat penyimpanan <i>dry yeast</i>
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Berdasarkan bahan baku <i>dry yeast</i> yang berbentuk serbuk sehingga tidak memerlukan tempat yang besar untuk menampung bahan.
Lebar	: 3 m
Tinggi	: 3,1 m
Tipe	: Gudang, (dengan atap berbahan seng)
Panjang	: 3 m
Jumlah	: 1 buah

### 8. Storage molase (F-113)



Fungsi	: Tangki penyimpanan molasse yang merupakan bahan baku utama pembuatan bioethanol
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Sebagai penyimpanan bahan baku utama yaitu molase digunakanlah storage hal ini telah sesuai dengan standard pabrik bioethanol
Tipe	: Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas standard dished dan tutup bawah flat
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-129 Grade A</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	: Berdasarkan faktor $f$ ( <i>Stress Tensil</i> ) yang memadai dengan bahan baku yang digunakan yaitu molase
Pemilihan Corrosion allowance	: Berdasarkan tingkat korosi dari bahan tersebut, jika bahan menimbulkan korosi maka digunakan <i>corrosion allowance</i> yang besar dan begitupun sebaliknya.
Faktor Korosi (C)	: 0,0938 in
Allowed stress (f)	: 10000,0000 Psi
Faktor Pengelasan (E)	: 0,8
Tipe Pengelasan	: <i>Double welding butt joint</i>

Volume tangki ( $V_T$ )	:	353144,754	ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	:	784,7313	in
Diameter luar ( $D_o$ )	:	792,0000	in
Diameter dalam ( $D_i$ )	:	791,3750	in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	:	1177,0969	in
Tebal silinder ( $t_s$ )	:	2,6875	in
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	:	2,6875	in
Tinggi tutup atas ( $h_a$ )	:	133,7424	in
Tinggi tangki ( $H$ )	:	1313,8393	in
Jumlah tangki	:	6	buah

### 9. Storage Nutrisi (F-117)



Fungsi	:	Tangki penyimpanan nutrisi sebagai bahan baku penunjang pembuatan bioethanol
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Sebagai penyimpanan bahan baku penunjang yaitu nutrisi digunakanlah storage hal ini telah sesuai dengan standard pabrik bioethanol
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas berbentuk standard dished dan bawah flat
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-7 Grade 3</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	:	Berdasarkan faktor $f$ yang memadai dengan bahan baku yang digunakan yaitu molase
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-7 Grade 3</i>
Allowed stress ( $f$ )	:	12.650,0000 Psi
Pemilihan Corrosion allowance	:	Berdasarkan tingkat korosi dari bahan tersebut, jika bahan menimbulkan korosi maka digunakan <i>corrosion allowance</i> yang besar dan begitupun sebaliknya.
Faktor Korosi ( $C$ )	:	0,0938 in
Faktor Pengelasan ( $E$ )	:	0,8
Tipe pengelasan	:	<i>Double welding butt joint</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	:	1200,6922 ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	:	117,9996 in

Diameter luar ( $D_o$ )	:	120,0000	in
Diameter dalam ( $D_i$ )	:	119,3750	in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	:	176,9994	in
Tebal silinder ( $t_s$ )	:	0,1875	in
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	:	0,1875	in
Tinggi tangki ( $H$ )	:	200,1738	in
Jumlah tangki	:	1	buah

### 10. Storage Defoamer (F-118)



Fungsi	:	Tangki penyimpanan defoamer sebagai bahan baku penunjang pembuatan bioethanol yang berfungsi menghilangkan buih
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Sebagai penyimpanan bahan baku penunjang yaitu defoamer digunakanlah storage hal ini telah sesuai dengan standard pabrik bioethanol
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas berbentuk standard dished dan tutup bawah flat
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-7 Grade 3</i>
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-7 Grade 3</i>
Allowed stress ( $f$ )	:	12.650,0000 Psi
Pemilihan Corrosion allowance	:	Berdasarkan tingkat korosi dari bahan tersebut, jika bahan menimbulkan korosi maka digunakan <i>corrosion allowance</i> yang besar dan begitupun sebaliknya.
Faktor Korosi ( $C$ )	:	0,09375 in
Faktor Pengelasan ( $E$ )	:	0,8
Tipe Pengelasan	:	<i>Double welding butt joint</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	:	1377,2645 ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	:	123,5215 in
Diameter luar ( $D_o$ )	:	126,0000 in
Diameter dalam ( $D_i$ )	:	125,3750 in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	:	185,2822 in
Tebal silinder ( $t_s$ )	:	0,1875 in

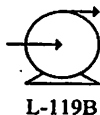
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	:	0,1875	in
Tinggi tutup atas ( $h_a$ )	:	21,1884	in
Tinggi tangki (H)	:	209,4706	in
Jumlah tangki	:	1	buah

### 11. Pompa sentrifugal (L-119A)



Fungsi	:	Mengalirkan asam sulfat dari storage (F-114) ke tangki pembibitan I dan II (R-110) dan (R-112)
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Pemilihan jenis pompa berdasarkan perhitungan, yang mana dari hasil perhitungan diplotkan gambar 5.6 hal 182 (Coulson and Richardson, 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa pompa bertipe Centrifugal single stage
Tipe	:	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Multi stage</i>
Kecepatan putaran	:	1750 Rpm
Effisiensi	:	70%
Daya pompa	:	0,333333333 hp
Diameter pipa	:	0,0103 m
Kapasitas pompa	:	0,9316 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Stainless steel</i>
Jumlah	:	1 buah

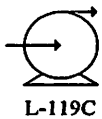
### 12. Pompa sentrifugal (L-119B)



Fungsi	:	Mengalirkan nutrisi dari storage nutrisi (F-117) ke tangki pembibitan 1 dan 2 (R-110 & R-112) dan ke prefermentor (R-120)
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Pemilihan jenis pompa berdasarkan perhitungan, yang mana dari hasil perhitungan diplotkan gambar 5.6 hal 182 (Coulson and Richardson, 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa pompa bertipe Centrifugal single stage
Tipe	:	<i>Centrifugal pump</i>

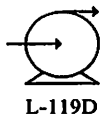
Tinggi tutup atas ( $h_a$ )	:	20,1744	in
Tinggi tangki (H)	:	200,1738	in
Effisiensi	:	70%	
Daya pompa	:	1/3	hp
Diameter pipa	:	0,5400	m
Kapasitas pompa	:	0,4458	gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel</i>	
Jumlah	:	1	buah

### 13. Pompa sentrifugal (L-119C)



Fungsi	:	Mengalirkan defoamer dari storage (F-118) ke prefermentor (R-120) dan fermentor (R-130)
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Pemilihan jenis pompa berdasarkan perhitungan, yang mana dari hasil perhitungan diplotkan gambar 5.6 hal 182 (Coulson and Richardson, 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa pompa bertipe Centrifugal single stage
Tipe	:	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Multi stages</i>
Kecepatan putaran	:	1750 rpm
Effisiensi	:	70%
Daya pompa	:	1/3 hp
Diameter pipa	:	0,5400 m
Kapasitas pompa	:	2,2818 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel</i>
Jumlah	:	1 buah

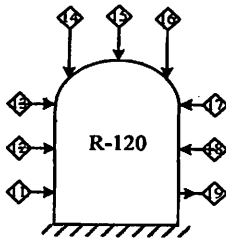
### 14. Pompa gear (L-119D)



Fungsi	:	Mengalirkan Larutan glukosa dari storage molasse (F-116) ke tangki pembibitan 1 (R-110), tangki pembibitan 2 (R-112), prefermentor (R-120) dan ke fermentor (R-130)
--------	---	---

Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Pemilihan jenis pompa berdasarkan perhitungan , yang mana dari hasil perhitungan diplotkan gambar 5.6 hal 182 (Coulson and Richardson. 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa pompa bertipe Centrifugal single stage
Tipe	: <i>Centrifugal-gear pump</i>
Jumlah stage	: <i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	: 3500 rpm
Effisiensi	: 70%
Daya pompa	: 1/3 hp
Diameter pipa	: 0,1683 m
Kapasitas pompa	: 537,1967 gpm
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Jumlah	: 1 buah

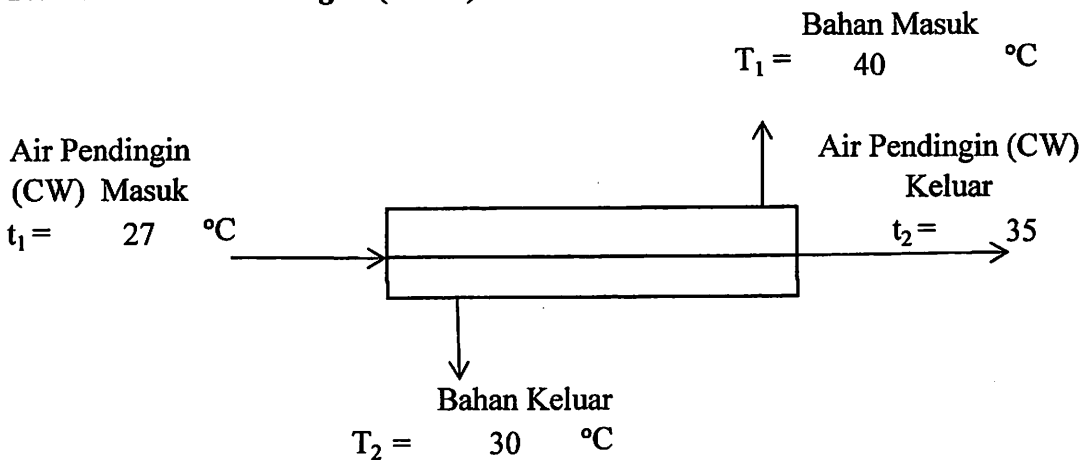
### 15. Pre-fermentor (R-130)



Fungsi	: Tangki pembibitan terakhir agar ragi dapat beradaptasi dengan kondisi fermentasi
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Untuk mengembangbiakan ragi tahap terakhir agar ragi dapat beradaptasi sesuai kondisi fermentasi pemilihan alat ini telah sesuai dengan standard pabrik bioethanol
Tipe	: Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas berbentuk standard dished dan tutup bawah flat
Jumlah stage	: <i>Multi stages</i>
Kecepatan putaran	: 1750 Rpm
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-129 Grade A</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	: Berdasarkan faktor $f$ ( <i>Stress Tensil</i> ) yang memadai dengan bahan baku yang digunakan yaitu molase
Allowed stress ( $f$ )	: 10000,0000 Psi

Pemilihan Corrosion allowance	:	Berdasarkan tingkat korosi dari bahan tersebut, jika bahan menimbulkan korosi maka digunakan <i>corrosion allowance</i> yang besar dan begitupun sebaliknya.
Faktor Korosi (C)	:	0,0938 in
Faktor Pengelasan (E)	:	0,8
Tipe Pengelasan	:	<i>Double welding butt joint</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	:	17657,2377 ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	:	289,0975 in
Diameter luar ( $D_o$ )	:	294,0000 in
Diameter dalam ( $D_i$ )	:	293,3750 in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	:	433,6462 in
Tebal silinder ( $t_s$ )	:	0,5000 in
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	:	0,4375 in
Tinggi tutup atas ( $h_a$ )	:	49,5804 in
Tinggi tangki (H)	:	486,2266 in
Jumlah tangki	:	2 Buah

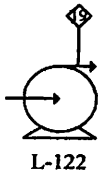
#### 16. Plate heat exchanger (E-121)



Fungsi	:	Mempertahankan suhu kisaran $30\text{ }^\circ\text{C}$ pada tangki prefermentor (R-130), tanpa merubah fase
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Berdasarkan pada bahan baku yang digunakan dalam pabrik tidak ditreatment sehingga dapat menyebabkan korosi sehingga menggunakan PHE untuk mempermudah dalam maintance karena bentuknya plate yang mudah untuk bongkar pasang
Tipe PHE yang digunakan	:	<i>Gasketed PHE</i>
Gap between plate	:	6 mm

Surface area (A)	:	30	m <sup>2</sup>
Bahan	:	<i>Stainless steel</i>	
Pemilihan Bahan Kontruksi	:	Berdasarkan bahan yang digunakan bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai	
Jumlah	:	2	Buah

### 17 Pompa sentrifugal (L-122)



Fungsi	:	Mengalirkan larutan gula dari prefermentor (R-120) ke fermentor (R-130) untuk proses fermentasi	
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Pemilihan jenis pompa berdasarkan perhitungan, yang mana dari hasil perhitungan diplotkan gambar 5.6 hal 182 (Coulson and Richardson, 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa pompa bertipe Centrifugal single stage	
Tipe	:	<i>Centrifugal pump</i>	
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>	
Kecepatan putaran	:	3500	rpm
Effisiensi	:	70%	
Daya pompa	:	3/4	hp
Diameter pipa	:	0,2191	m
Kapasitas pompa	:	1229,4676	gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel</i>	
Jumlah	:	2	buah

### 18. Blower (G-123)



Fungsi	:	Membantu memberikan udara pada proses pembibitan ragi
--------	---	---



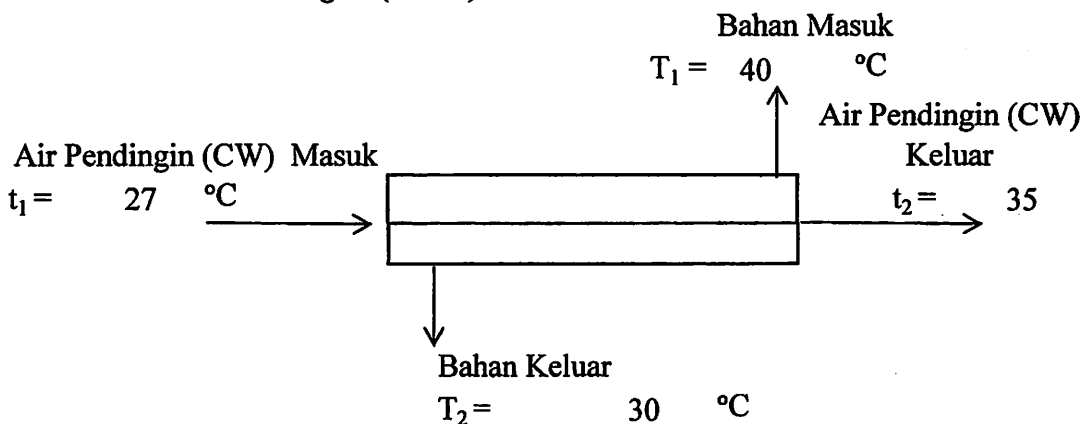
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Pemilihan blower mempunyai multi fungsi yang dapat menghemat biaya pengadaan alat yang mana fungsinya untuk aerasi dan pendinginan, juga berfungsi sebagai agitator tangki
Tipe	: <i>Centrifugal blower</i>
Effisiensi	: 70%
Daya pompa	: 1,5 hp
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Jumlah	: 1 Buah

### 19. Fermentor (R-130)

*Dikerjakan :Alivia alviarty (10.14.013)*

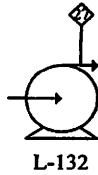
*Bab VI Perancangan Alat Utama*

### 20. Plate heat exchanger (E-131)



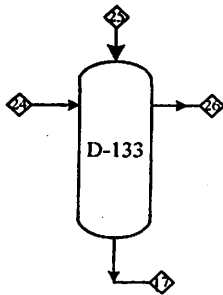
Fungsi	: Mendinginkan larutan dengan mengalirkan air pendingin, yang fungsinya tanpa merubah fase
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Berdasarkan pada bahan baku (Molase) yang digunakan dalam pabrik tidak ditreatment terlebih dahulu sehingga dapat menyebabkan korosi sehingga menggunakan PHE untuk mempermudah dalam maintance karena bentuknya plate yang mudah untuk bongkar pasang
Tipe PHE yang digunakan	: <i>Gasketed PHE</i>
Gap between plate	: 6 mm
Surface area (A)	: 30 m <sup>2</sup>
Bahan	: <i>Stainless steel</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	: Berdasarkan bahan yang digunakan bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai
Jumlah	: 4 Buah

### 21. Pompa Sentrifugal (L-132)



Fungsi	: Mengalirkan larutan hasil fermentasi dari tangki fermentor (R-130) ke buffer tank (F-136)
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Pemilihan jenis pompa berdasarkan perhitungan, yang mana dari hasil perhitungan diplotkan gambar 5.6 hal 182 (Coulson and Richardson, 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa pompa bertipe Centrifugal single stage
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah stage	: <i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	: 3500 rpm
Effisiensi	: 70%
Daya pompa	: 3/4 hp
Diameter pipa	: 0,2191 m
Kapasitas pompa	: 1159,1902 gpm
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Jumlah	: 4 buah

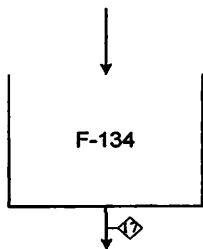
### 22. Scrubber (H-133)



Fungsi	: Memisahkan uap etanol yang terikut gas dengan CO <sub>2</sub>
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Untuk memisahkan kandungan ethanol yang terikut CO <sub>2</sub> agar dapat digunakan kembali pemilihan alat ini telah sesuai dengan standard pabrik bioethanol
Tipe	: Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard dished
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-283 Grade A

Pemilihan Bahan Kontruksi	: Berdasarkan faktor $f$ ( <i>Stress Tensil</i> ) yang memadai dengan bahan baku yang digunakan yaitu molase
Tipe Pengelasan	: <i>Double welding butt joint</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	: 423,7737 ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	: 45,0236 in
Diameter luar ( $D_o$ )	: 48,0000 in
Diameter dalam ( $D_i$ )	: 47,3750 in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	: 450,2359 in
Tebal silinder ( $t_s$ )	: 0,1875 in
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	: 1/5 in
Tinggi tutup atas ( $h_a$ )	: 0,2060 in
Tinggi tangki ( $H$ )	: 135 in
Jumlah tangki	: 1 Buah

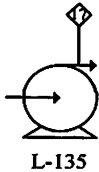
### 23. Tangki air scrubber (F-134)



Fungsi	: Menampung air cucian scrubber
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Untuk menampung etanol yang akan di gunakan kembali dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik bioethanol
Tipe	: Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas dan tutup bawah flat
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-7 Grade 3</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	: Berdasarkan faktor $f$ ( <i>Stress Tensil</i> ) yang memadai dengan bahan baku yang digunakan
Allowed stress ( $f$ )	: 12650,0000 Psi
Pemilihan Corrosion allowance	: Berdasarkan tingkat korosi dari bahan tersebut, jika bahan menimbulkan korosi maka digunakan <i>corrosion allowance</i> yang besar dan begitupun sebaliknya.
Faktor Korosi ( $C$ )	: 0,0938 in
Faktor Pengelasan ( $E$ )	: 0,8
Tipe Pengelasan	: <i>Double welding butt joint</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	: 423,7737 ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	: 85,3425 in

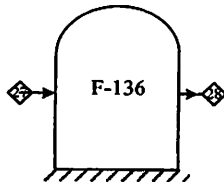
Diameter luar ( $D_o$ )	:	90	in
Diameter dalam ( $D_i$ )	:	89	in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	:	128	in
Tebal silinder ( $t_s$ )	:	0,1875	in
Tinggi tangki ( $H$ )	:	128	in
Jumlah tangki	:	1	Buah

#### 24. Pompa sentrifugal (L-135)



Fungsi	:	Mengalirkan larutan ethanol yang sudah terpisah dari $CO_2$ untuk di recycle kembali ke prefermentor (R-120)
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Pemilihan jenis pompa berdasarkan perhitungan, yang mana dari hasil perhitungan diplotkan gambar 5.6 hal 182 (Coulson and Richardson, 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa pompa bertipe Centrifugal single stage
Tipe	:	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Effisiensi	:	70%
Daya pompa	:	1/3 hp
Diameter pipa	:	0,0422 m
Kapasitas pompa	:	41,9197 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel</i>
Jumlah	:	1 buah

#### 25. Buffer tank (F-136)

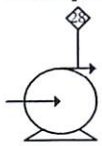


Fungsi	:	Tangki untuk menjaga agar umpan ke sand cyclone, separator, dan distilasi tidak fluktuatif
--------	---	--



Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Untuk menjaga umpan agar tidak fluktoatif dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik bioethanol
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas berbentuk standard dished dan tutup bawah flat
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-129 Grade A</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	:	Berdasarkan faktor $f$ ( <i>Stress Tensil</i> ) yang memadai dengan bahan baku yang digunakan
Pemilihan Corrosion allowance	:	Berdasarkan tingkat korosi dari bahan tersebut, jika bahan menimbulkan korosi maka digunakan <i>corrosion allowance</i> yang besar dan begitupun sebaliknya.
Faktor Korosi (C)	:	0,094 in
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-129 Grade A</i>
Allowed stress (f)	:	10000,0000 Psi
Tipe pengelasan	:	<i>Double welding butt joint</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	:	17657,2377 ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	:	289,0974706 in
Diameter luar ( $D_o$ )	:	294,0000 in
Diameter dalam ( $D_i$ )	:	293,3750 in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	:	433,6462 in
Tebal silinder ( $t_s$ )	:	0,5000 in
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	:	0,4375 in
Tinggi tutup atas ( $h_a$ )	:	49,5804 in
Tinggi tangki (H)	:	486,2266 in
Jumlah tangki	:	1 Buah

**26. Pompa sentrifugal (L-137)**



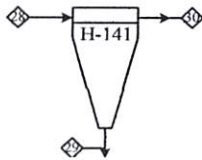
L-137

Fungsi	:	Mengalirkan larutan ethanol dari buffer tank (F-143) ke sand cyclone (H-151)
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Pemilihan jenis pompa berdasarkan perhitungan, dapat diambil kesimpulan bahwa pompa bertipe Centrifugal single stage
Tipe	:	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm



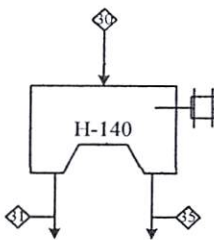
Effisiensi	:	70	%
Daya pompa	:	1/3	hp
Diameter pipa	:	0,0889	m
Kapasitas pompa	:	193,1984	gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel</i>	
Jumlah	:	8	buah

### 27. *Sand cyclone (H-141)*



Fungsi	:	Memisahkan partikel-partikel pengotor, seperti pasir untuk menghindari penyumbatan nozzle di separator. Alat ini merupakan pemisahan dengan sentrifugasi antara liquid-solid.
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Untuk menghindari penyumbatan di nozzle dari partikel partikel pengotor sehingga dipilih sand cyclone dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik bioethanol
Type	:	<i>Sedimentation equipment - turbular bowl hydrocyclone</i>
Efisiensi	:	90%
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	:	Berdasarkan bahan yang digunakan bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai
Q/Σ	:	3,88806E-05 m/s
Jumlah	:	2 buah

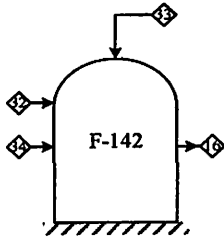
### 28. *Centrifuge separators (H-140)*



Fungsi	:	Memisahkan heavy phase dan light phase
--------	---	--

Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Memisahkan secara sentrifugasi dan cairan yeast cream (heavy phase) dan etanol (light phase) sehingga dipilih centrifuge separators dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik
Separation type	: <i>Liquid-liquid</i>
Operation mode	: <i>Continuous</i>
Orientation	: <i>Vertical</i>
Drive position	: <i>Overhung</i>
Rate (Q)	: 43.666,92 kg/jam
	: 0,01 m <sup>3</sup> /s
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	: Berdasarkan bahan yang digunakan bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai
Jumlah	: 4 buah

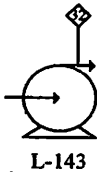
### 29. Acid washing tank (F-142)



Fungsi	: Tangki untuk pencucian asam dengan asam sulfat encer 4% agar ragi dapat digunakan kembali dalam tangki prefermentor
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Untuk mencuci cairan yest cream dengan asam sulfat encer sehingga dipilih acid washing tank dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik bioethanol
Tipe	: Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas berbentuk standard dished dan tutup bawah flat
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-212 Grade B</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	: Berdasarkan bahan yang digunakan bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai
Allowed stress (f)	: 17500,0000 Psi

Pemilihan Corrosion allowance	:	Berdasarkan tingkat korosi dari bahan tersebut, jika bahan menimbulkan korosi maka digunakan <i>corrosion allowance</i> yang besar dan begitupun sebaliknya.
Faktor Korosi (C)	:	0,063 in
Faktor Pengelasan (E)	:	0,8
Tipe pengelasan	:	<i>Double welding butt joint</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	:	2472,0133 ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	:	150,1137 in
Diameter luar ( $D_o$ )	:	156,0000 in
Diameter dalam ( $D_i$ )	:	155,3750 in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	:	225,1705 in
Tebal silinder ( $t_s$ )	:	0,1875 in
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	:	0,1875 in
Tinggi tangki (H)	:	26,2584 in
Tinggi tutup ( $h_a$ )	:	254,4289 in
Jumlah tangki	:	1 Buah

### 30. *Centrifugal pump* (L-143)



Fungsi

: Mengalirkan larutan dari yeast cream dari acid washing tank (F-142) ke yeast cream tank (R-144)

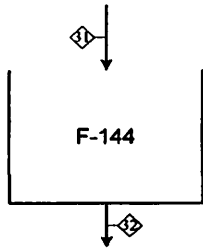
Dasar pertimbangan pemilihan alat

: Pemilihan jenis pompa berdasarkan perhitungan, yang mana dari hasil perhitungan diplotkan gambar 5.6 hal 182 (Coulson and Richardson. 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa pompa bertipe Centrifugal single stage

Tipe	:	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Effisiensi	:	70%
Daya pompa	:	1/3 hp
Diameter pipa	:	0,0889 m
Kapasitas pompa	:	205,9691 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel</i>
Jumlah	:	1 buah



### 31. Tangki yeast cream (F-144)



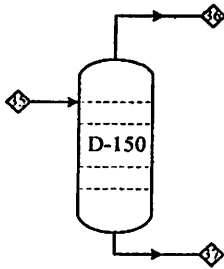
Fungsi	:	Tangki penyimpanan yeast cream tank untuk di recycle kembali ke prefermentor (R-120)
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Untuk menampung cairan yeast cream sehingga dipilih tangki yeast cream dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik bioethanol
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas dan tutup bawah flat
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-212 Grade B</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	:	Berdasarkan bahan yang digunakan bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai
Allowed stress (f)	:	17500,0000 Psi
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-212 Grade B</i>
Pemilihan Corrosion allowance	:	Berdasarkan tingkat korosi dari bahan tersebut, jika bahan menimbulkan korosi maka digunakan <i>corrosion allowance</i> yang besar dan begitupun sebaliknya.
Faktor Korosi (C)	:	0,125 in
Faktor Pengelasan (E)	:	0,8
Tipe pengelasan	:	<i>Double welding butt joint</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	:	4590,8818 ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	:	188,8366 in
Diameter luar ( $D_o$ )	:	192 in
Diameter dalam ( $D_i$ )	:	191,3750 in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	:	283,2549 in
Tebal silinder (ts)	:	0,25 in
Tinggi tangki (H)	:	283,2549 in
Jumlah tangki	:	1 Buah

### 32. Centrifugal pump (L-145)



Fungsi	: Mengalirkan larutan dari yeast cream tank (R-144) untuk di recycle kembali ke prefermentor (R-120)
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Pemilihan jenis pompa berdasarkan perhitungan, yang mana dari hasil perhitungan diplotkan gambar 5.6 hal 182 (Coulson and Richardson, 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa pompa bertipe Centrifugal single stage
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah stage	: <i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	: 3500 rpm
Effisiensi	: 70%
Daya pompa	: 1/3 hp
Diameter pipa	: 0,0889 m
Kapasitas pompa	: 205,969 gpm
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Jumlah	: 1 buah

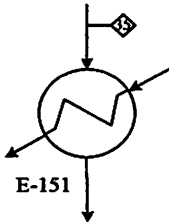
### 33. Kolom purifier (D-150)



Fungsi	: Untuk memurnikan ethanol tahap pertama dengan % fraksi massa di destilat 0,62
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Memisahkan berdasarkan titik didihnya agar diperoleh grade yang tinggi sehingga dipilih kolom destilasi (Kolom purifier) dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik bioethanol
Tipe	: <i>Destilasi</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-129 Grade A</i>

Pemilihan Bahan Kontruksi	:	Berdasarkan bahan yang akan dipisahkan bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai
Tipe pengelasan	:	<i>Double welded butt join</i>
Diameter luar (Do)	:	36,375 in
Diameter dalam (Di)	:	36 in
Tinggi silinder (Ls)	:	144 in
Tebal silinder (ts)	:	0,1875 in
Tebal tutup (tha,thb)	:	0,1875 in
Tinggi tutup (ha,hb)	:	6,084 in
Tinggi (H)	:	156,168 in
Jumlah tray	:	20 tray
Jarak antar tray (T)	:	18 in
Jumlah	:	1 Buah

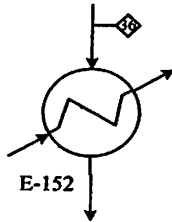
#### 34. Pre-heater (E-151)



Fungsi	:	Media pemanas, tanpa merubah fase, yang mana medium pemanas menggunakan vinase dari produk bawah purifier colomn
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Dikarenakan berfungsi sebagai pemanas umpan yang akan masuk distilasi tanpa ada perubahan fase sehingga dipilih pre-heater dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik bioethanol
Tipe	:	Reboiler 1-2
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA 53 Grade B</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	:	Berdasarkan bahan yang akan dipisahkan bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai
Q	:	104.680,820 BTU
Bagian shell:		
Ids	:	10 in
n'	:	1 in
B	:	2 in

**Bagian tube:**

do	:	3/4	in	$P_T$	:	1	in
BWG	:	10		de	:	0,95	in
l	:	10	ft	a'	:	0,1263	ft <sup>2</sup>
Nt	:	52	buah	a''	:	0,1963	ft <sup>2</sup> /ft
n	:	2		di	:	0,482	in
Susunan	:	Square					
Surface area (A)	:	186,872 ft <sup>2</sup>					
Jumlah	:	1 Buah					

**35. Kondensor (E-152A)**

Fungsi	:	Media pendingin dengan perubahan fase dari gas menjadi cair, media pendingin yang digunakan adalah cooling water
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Dikarenakan berfungsi sebagai pendingin yang mana berfungsi merubah fase gas menjadi cair sehingga dipilih kondensor dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik bioethanol
Tipe	:	Kondensor 1-2
Bahan konstruksi	:	Carbon Steel SA 53 Grade B
Pemilihan Bahan Kontruksi	:	Berdasarkan bahan yang akan dipisahkan bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai
Q	:	9.560.808 BTU

**Bagian shell:**

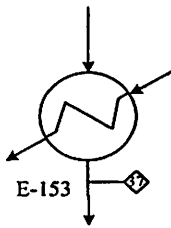
Ids	:	23,25	in
n'	:	4	
B	:	4,65	in

**Bagian tube:**

do	:	3/4	in	$P_T$	:	1	in
BWG	:	18		de	:	1,23	in
l	:	34	ft	a'	:	0,1707	ft <sup>2</sup>
Nt	:	324	buah	a''	:	0,1963	ft <sup>2</sup> /ft
n	:	2		di	:	1,12	in

Susunan : Square  
 Surface area (A ) : 2050,288 ft<sup>2</sup>  
 Jumlah : 1 Buah

### 36. Reboiler (E-153A)



Fungsi : Medium pemanas dengan perubahan fase dari cair menjadi gas, dimana media pemanasnya menggunakan steam

Dasar pertimbangan pemilihan alat : Dikarenakan berfungsi sebagai pemanas yang mana merubah fase cair menjadi gas sehingga dipilih reboiler dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik bioethanol

Tipe : Kondensor 1-2

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel SA 53 Grade B*

Pemilihan Bahan Kontruksi : Berdasarkan bahan yang akan masuk bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai

Q : 9890881,2037 BTU

Bagian shell:

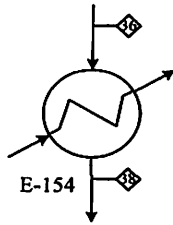
Ids	:	13,25	in
n'	:	4	
B	:	2,65	in

Bagian tube:

do	:	3/4	in	P <sub>T</sub>	:	1	in
BWG	:	18		de	:	1,23	in
l	:	24	ft	a'	:	0,1707	ft <sup>2</sup>
Nt	:	90	buah	a"	:	0,1963	ft <sup>2</sup> /ft
n	:	2		di	:	0,652	in

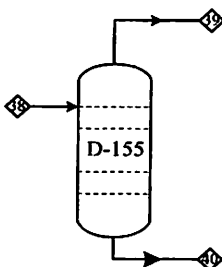
Susunan : Square  
 Surface Area (A ) : 403,7311 ft<sup>2</sup>  
 Jumlah : 1 Buah

### 37. Shell and tube HE (E-154)



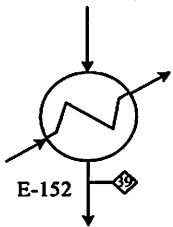
Fungsi	:	Media pendingin dengan menggunakan cooling water dan tanpa merubah fase			
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Dikarenakan berfungsi sebagai pendingin yang mana tanpa merubah sehingga dipilih s&t HE dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik bioethanol			
Tipe	:	HE 1-2			
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA 53 Grade B</i>			
Pemilihan Bahan Kontruksi	:	Berdasarkan bahan yang akan masuk bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai			
Q	:	108796,4816 BTU			
Bagian shell:					
Ids	:	10 in			
n'	:	1			
B	:	2 in			
Bagian Tube:					
do	:	1 1/4 in	P <sub>T</sub>	:	1 4/7 in
BWG	:	18	de	:	1,23 in
l	:	20 ft	a'	:	0,3015 ft <sup>2</sup>
Nt	:	12 buah	a''	:	0,3271 ft <sup>2</sup> /ft
n	:	2	di	:	1,12 in
Susunan	:	Square			
Surface Area (A)	:	14,32787 ft <sup>2</sup>			
Jumlah	:	1 Buah			

### 38. Kolom Rectifier (D-155)



Fungsi	: Memurnikan ethanol tahap dua, dengan % fraksi massa di destilat adalah 0,93
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Memisahkan berdasarkan titik didihnya agar diperoleh grade yang tinggi sehingga dipilih kolom destilasi 2 (Kolom Rectifier) dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik bioethanol
Tipe	: Destilasi
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-129 Grade A
Pemilihan Bahan Konstruksi	: Berdasarkan bahan yang akan dipisahkan bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai
Tipe pengelasan	: Double welded butt join
Diameter luar (Do)	: 24,3750 in
Diameter dalam (Di)	: 24,0000 in
Tinggi silinder (Ls)	: 552,0000 in
Tebal silinder (ts)	: 0,1875 in
Tebal tutup (tha,thb)	: 0,1875 in
Tinggi tutup (ha,hb)	: 4,056 in
Tinggi (H)	: 560,112 in
Jumlah tray	: 43 tray
Jarak antar tray (T)	: 24 in
Jumlah	: 1 Buah

### 39. Kondensor (E-152B)



Fungsi	: Media pendingin yang merubah fase dari gas menjadi cair, media pendingin yang digunakan adalah cooling water
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Dikarenakan berfungsi sebagai pendingin yang mana berfungsi merubah fase gas menjadi cair sehingga dipilih kondensor dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik bioethanol
Tipe	: Kondensor 1-2
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA 53 Grade B

Pemilihan Bahan Kontruksi : Berdasarkan bahan yang akan dipisahkan bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai

Q : 3.768.315 BTU

Bagian Shell:

Ids : 12 in

n' : 1

B : 2,4 in

Bagian Tube:

do : 3/4 in

BWG : 8

l : 26 ft

Nt : 76 buah

n : 2

$P_T$  : 1 in

de : 0,73 in

a' : 0,1707 ft<sup>2</sup>

a" : 0,1963 ft<sup>2</sup>/ft

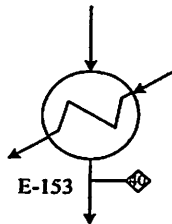
di : 1,12 in

Susunan : Square

Surface area (A) : 362,3985 ft<sup>2</sup>

Jumlah : 1 Buah

#### 40. Reboiler (E-153B)



Fungsi : Media pemanas yang merubah fase dari cair menjadi gas, dimana media pemanasnya menggunakan steam

Dasar pertimbangan pemilihan alat : Dikarenakan berfungsi sebagai pemanas yang mana merubah fase cair menjadi gas sehingga dipilih reboiler dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik bioethanol

Tipe : Kondensor 1-2

Bahan konstruksi : *Carbon Steel* SA 53 Grade B

Pemilihan Bahan Kontruksi : Berdasarkan bahan yang akan masuk bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai

Q : 9890881,2037 BTU



## Bagian shell:

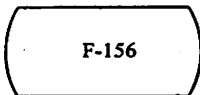
Ids	:	12	in
n'	:	4	
B	:	2,4	in

## Bagian tube:

do	:	3/4	in	$P_T$	:	1	in
BWG	:	18		de	:	1,23	in
l	:	28	ft	a'	:	0,1707	ft <sup>2</sup>
Nt	:	76	buah	a"	:	0,1963	ft <sup>2</sup> /ft
n	:	2		di	:	1,12	in

Susunan	:	Square
Surface Area (A)	:	374,3103 ft <sup>2</sup>
Jumlah	:	1 Buah

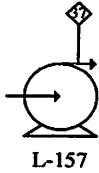
## 41. Accumulator (F-156)



Fungsi	:	Menampung destilat agar laju alir ke kolom destilasi ke 2 tidak fluktoatif
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Sebagai penampung distilat agar umpan tidak fluktoatif sehingga dipilih accumulator pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik bioethanol
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas berbentuk standard dished dan tutup bawah flat
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-7 Grade 3</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	:	Berdasarkan faktor f ( <i>Stress Tensil</i> ) yang memadai dengan bahan
Allowed stress (f)	:	12650,0000 Psi
Pemilihan Corrosion allowance	:	Berdasarkan tingkat korosi dari bahan tersebut, jika bahan menimbulkan korosi maka digunakan <i>corrosion allowance</i> yang besar dan begitupun sebaliknya.
Faktor Korosi (C)	:	0,0625 in
Faktor Pengelasan (E)	:	0,8
Tipe Pengelasan	:	<i>Double welded butt join</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	:	35,31448 ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	:	35,6443
Diameter luar ( $D_o$ )	:	138 in

Diameter dalam (Di)	:	137,375 in
Tinggi silinder (L <sub>s</sub> )	:	53,46638 in
Tebal silinder (t <sub>s</sub> )	:	0,1875 in
Tebal tutup atas (t <sub>ha</sub> )	:	0,1875 in
Tinggi tutup atas (h <sub>a</sub> )	:	23,2164 in
Tinggi tangki (H)	:	102,8991 in
Jumlah	:	2 Buah

#### 42. Centrifugal pump (L-157)



Fungsi	:	Mengalirkan sisa vinase dari preheater (E-151) untuk diolah menjadi pupuk yang pabriknya terpisah dari pabrik utama
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Pemilihan jenis pompa berdasarkan perhitungan, yang mana dari hasil perhitungan diplotkan gambar 5.6 hal 182 (Coulson and Richardson, 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa pompa bertipe Centrifugal single stage
Tipe	:	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah stage	:	<i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	:	3500 rpm
Effisiensi	:	70%
Daya pompa	:	1/3 hp
Diameter pipa	:	0,0889 m
Kapasitas pompa	:	139,931
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel</i>
Jumlah	:	1 buah

#### 43. Storage vinnase (F-158)



Fungsi	:	Menyimpanan produk samping ethanol berupa vinase yang akan diolah menjadi pupuk
--------	---	---

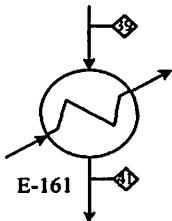
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Untuk menampung produk samping berupa vinase pemilihan alat ini telah sesuai dengan standard pabrik bioethanol
Tipe	: Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas berbentuk standard dished dan tutup bawah flat
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-7 Grade 3</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	: Berdasarkan faktor $f$ ( <i>Stress Tensil</i> ) yang memadai dengan bahan baku yang digunakan
Allowed stress ( $f$ )	: 10000,0000 Psi
Pemilihan Corrosion allowance	: Berdasarkan tingkat korosi dari bahan tersebut, jika bahan menimbulkan korosi maka digunakan <i>corrosion allowance</i> yang besar dan begitupun sebaliknya.
Faktor Korosi ( $C$ )	: 0,0625 in
Faktor Pengelasan ( $E$ )	: 0,8
Tipe Pengelasan	: <i>Double welding butt joint</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	: 61800,3320 ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	: 438,9351 in
Diameter luar ( $D_o$ )	: 440,0000 in
Diameter dalam ( $D_i$ )	: 439,3750 in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	: 658,4026 in
Tebal silinder (	: 0,5625 in
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	: 0,5000 in
Tinggi tutup atas ( $h_a$ )	: 74,2544 in
Tinggi tangki ( $H$ )	: 735,6570 in
Jumlah tangki	: 1 Buah

#### 44. Adsorber (D-160)

*Dikerjakan : Novike Bela Sumanik (10.14.008)*

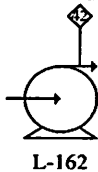
*Bab VI Perancangan Alat Utama*

#### 45. Shell and tube HE (E-161)



Fungsi	: Media pendingin, tanpa merubah fase. Media pendingin yang digunakan adalah cooling water		
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Dikarenakan berfungsi sebagai pendingin yang mana tanpa merubah sehingga dipilih s&t HE dan pemilihan alat ini telah sesuai standard pabrik		
Tipe	: HE 1-2		
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 53 Grade B</i>		
Pemilihan Bahan Kontruksi	: Berdasarkan bahan yang akan masuk bersifat korosif atau tidak kemudian disesuaikan dengan material yang paling memadai		
Q	: 263483,5327 BTU		
Bagian shell:			
Ids	: 8	in	
n'	: 4		
B	: 1,6	in	
Bagian tube:			
do	: 3/4	in	$P_T$ : 1 in
BWG	: 10		de : 1,23 in
l	: 20	ft	a' : 0,3015 ft <sup>2</sup>
Nt	: 26	buah	a" : 0 ft <sup>2</sup> /ft
n	: 20		di : 1,12 in
Susunan	: Square		
Surface Area (A)	: 34,1568 ft <sup>2</sup>		
Jumlah	: 1 Buah		

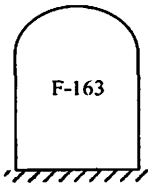
#### 46. Centrifugal pump (L-162)



Fungsi	: Mengalirkan larutan ethanol dengan grade yang tinggi yaitu 99,6% ke tangki penampung produk
Dasar pertimbangan pemilihan alat	: Pemilihan jenis pompa berdasarkan perhitungan, yang mana dari hasil perhitungan diplotkan gambar 5.6 hal 182 (Coulson and Richardson. 1993) dapat diambil kesimpulan bahwa pompa bertipe Centrifugal single stage
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah stage	: <i>Single stage</i>
Kecepatan putaran	: 1750 rpm

Effisiensi	:	70%
Daya pompa	:	1/3 hp
Diameter pipa	:	0,0334 m
Kapasitas pompa	:	24,6382 gpm
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel</i>
Jumlah	:	1 buah

#### 47. Tangki produk harian (F-163)



Fungsi	:	Menyimpan produk ethanol
Dasar pertimbangan pemilihan alat	:	Untuk menampung produk samping berupa vinase pemilihan alat ini telah sesuai dengan standard pabrik bioethanol
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas berbentuk standard dished dan tutup bawah flat
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-129 Grade A</i>
Pemilihan Bahan Kontruksi	:	Berdasarkan faktor <i>f (Stress Tensil)</i> yang memadai dengan bahan baku yang digunakan
Allowed stress ( <i>f</i> )	:	10000,0000 Psi
Pemilihan Corrosion allowance	:	Berdasarkan tingkat korosi dari bahan tersebut, jika bahan menimbulkan korosi maka digunakan <i>corrosion allowance</i> yang besar dan begitupun sebaliknya.
Faktor Korosi ( <i>C</i> )	:	0,0625 in
Tipe Pengelasan	:	<i>Double welding butt joint</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	:	3001,7304 ft <sup>3</sup>
Diameter dalam tangki ( $D_T$ )	:	160,1501 in
Diameter luar ( $D_o$ )	:	168,0000 in
Diameter dalam ( $D_i$ )	:	167,3750 in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	:	240,2252 in
Tebal silinder ( $t$ )	:	0,1875 in
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	:	0,1875 in
Tinggi tutup atas ( $h_a$ )	:	28,2864 in
Tinggi tangki ( $H$ )	:	271,5116 in
Jumlah tangki	:	10 Buah

## **BAB VI**

### **PERANCANGAN ALAT UTAMA**

#### **6.1. Fermentor**

Fermentor berfungsi sebagai tempat terjadinya reaksi penguraian gula menjadi etanol dengan menggunakan ragi. Proses fermentasi dioperasikan secara batch. Proses fermentasi dijalankan dalam kondisi anaerobik dan temperatur dijaga di antara 30-35 °C. Tangki fermentor menggunakan agitator jenis three blade propeller agitator with axial flow pattern dengan putaran sekitar 16 rpm. Selain pengadukan dilakukan dengan menggunakan agitator, digunakan pula pompa sirkulasi untuk meningkatkan homogenitas dari larutan dalam tangki fermentor. Untuk menghindari terjadinya vortex, dalam tangki fermentor terdapat 4 baffle. Reaksi pembentukan etanol merupakan reaksi eksotermis. Oleh karena itu, dibutuhkan pendingin untuk mengatur temperatur dalam tangki fermentasi. Pendingin yang digunakan merupakan jenis PHE (plate heat exchanger) yang diletakkan setelah pompa sirkulasi. Pendingin yang digunakan adalah air pendingin. Dalam tangki fermentor, molase larutan dari pre fermentor diumpankan. Setelah seluruh molase masuk ke dalam fermentor, tidak ada aliran masuk lagi ke fermentor. Larutan fermentasi disirkulasi dan diaduk selama kurang lebih 20 jam untuk memastikan seluruh gula yang terkandung dalam molase hampir teruraikan. Target kadar etanol hasil fermentasi ini adalah di atas 10% v/v dan % gula sisa < 0,01. Larutan hasil fermentasi ini kemudian dialirkan ke tangki intermediet. Karbon dioksida sebagai hasil samping dikeluarkan dari fermentor menuju scrubber.

### 6.1.1. Penentuan dimensi reaktor

#### A. Penentuan volume reaktor

Volume tangki	=	500,0000	m <sup>3</sup>	
	=	500.000,0000	L	
	=	17.657,2377	ft <sup>3</sup>	
Volume isi	=	0,7000	Volume total	
	=	12.360,0664	ft <sup>3</sup>	
Volume ruang kosong	=	0,3000	Volume total	
	=	5.297,1713	ft <sup>3</sup>	
Volume bagian silinder (V <sub>1</sub> )	=	$\frac{\pi}{4} d^2 L_s$		
Volume bagian atas (V <sub>2</sub> )	=	0,0847	d <sup>3</sup>	
Tinggi bagian silinder (L <sub>s</sub> )	=	1,5	d	

#### B. Penentuan diameter tangki

Volume total	=	$\frac{\pi}{4} d^2 L_s$	+	0,0847 d <sup>3</sup>
17.657,2377 ft <sup>3</sup>	=	1,1781 d <sup>3</sup>	+	0,0847 d <sup>3</sup>
17.657,2377 ft <sup>3</sup>	=	1,2628 d <sup>3</sup>		
d <sup>3</sup>	=	13.982,6388	ft <sup>3</sup>	
Diameter (d)	=	24,0915	ft	
	=	7,3432	m	
	=	289,0975	in	

#### C. Penentuan tinggi silinder dan tinggi liquid dalam tangki

Tinggi silinder (L <sub>s</sub> )	=	36,1372	ft
	=	11,0147	m
	=	433,6462	in
Tinggi liquid dlm silinder (L <sub>l</sub> )	=	27,1147	ft
	=	8,2647	m
	=	325,3764	in

**Data Perencanaan**

Faktor korosi ( C )	=	0,0938	in
Pengelasan (E)	=	Double welded butt join	
	=	0,8000	
Suhu proses (T)	=	30,0000	°C
	=	86,0000	°F
Bahan konstruksi	=	Carbon steel SA-129 Grade A	
<i>Maks. allowable stress</i> (f)	=	10.000,0000	Psi
Densitas bahan fermentasi ( $\rho$ )	=	0,9984	kg/l
Densitas bahan konstruksi ( $\rho$ )	=	450,0000	lb/ft <sup>3</sup>

**Penentuan tekanan desain**

Tekanan (Pi)	=	$P_{\text{operasi}}$	+	$P_{\text{hidrostatik}}$
$P_{\text{operasi}}$	=	14,6960		Psia
$P_{\text{hidrostatik}}$	=	$\frac{\rho \times g \times L_s}{144 \times 32,174}$		
	=	11,7358		Psia
	=	0,8092		bar
Pi	=	11,7358		Psig

**D. Penentuan tebal silinder**

Tebal silinder (ts)	=	$\frac{p_i d_i}{2(fE - 0,6 p_i)} + C$	
	=	0,3060	in
	$\approx$	0,3125	in

**E. Penentuan *outside* diameter**

<i>Outside</i> diameter (Do)	=	$d_i$	+	2ts
	=	289,7094		in



**Hasil standarisasi**

Tebal silinder (ts)	=	0,3125	in
	=	0,0260	ft
	=	0,0079	m
<i>Outside</i> diameter (Do)	=	294,0000	in
	=	24,5000	ft
	=	7,4677	m
<i>Inside</i> diameter (di)	=	293,3750	in
	=	24,4479	ft
	=	7,4518	m
Tinggi silinder (Ls)	=	36,6719	ft
	=	11,1777	m
	=	440,0625	in
Tinggi liquid dlm silinder (Lls)	=	26,3298	ft
	=	8,0254	m
	=	315,9573	in

Do, di, dan ts telah distandardisasi dengan standard ASME.

$$r = 294,0000 \text{ in}$$

**Pengecekan terhadap Ls/Di**

$$Ls/Di < 2,8000$$

$$Ls/Di = 1,4781$$

Memenuhi

**F. Penentuan dimensi tutup bawah**

Tebal tutup bawah (thb)	=	0,3125	in
	=	0,0260	ft
	=	0,0079	m

**G. Penentuan dimensi tutup atas**

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal tutup atas (tha)} &= \frac{0,885 p_i r}{2(fE - 0,1p_i)} + C \\
 &= 0,2846 \quad \text{in} \\
 &\approx 0,3125 \quad \text{in} \\
 \text{Tinggi tutup atas (ha)} &= 0,1690 \quad \text{d} \\
 &= 49,5804 \quad \text{in} \\
 &= 4,1317 \quad \text{ft} \\
 &= 1,2594 \quad \text{m} \\
 \text{Straight flange (sf)} &= 3,0000 \quad \text{in} \\
 &= 0,2500 \quad \text{ft} \\
 &= 0,0762 \quad \text{m} \\
 \text{Inside corner radius (icr)} &= 0,9375 \quad \text{in} \\
 &= 0,0781 \quad \text{ft} \\
 &= 0,0238 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

**H. Penentuan tinggi fermentor**

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi fermentor (H)} &= L_s + ha + sf \\
 &= 486,2266 \quad \text{in} \\
 &= 40,5189 \quad \text{ft} \\
 &= 12,3503 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

**6.1.2. Perancangan pengaduk**

Perbandingan geometri sistem pengadukan standard:

$$\begin{aligned}
 Da/di &= 0,5000 \\
 W/Da &= 0,2000 \\
 L/Da &= 0,2500 \\
 C/di &= 0,3333 \\
 J/di &= 0,0833 \\
 H/di &= 1,0000
 \end{aligned}$$

Dimana:

di	=	Diameter dalam tangki
Da	=	Diameter impeller (pengaduk)
W	=	Lebar pengaduk
L	=	Jarak batang pengaduk dengan tepi
C	=	Tinggi pengaduk dari dasar tangki
J	=	Lebar baffel

**A. Penentuan diameter pengaduk**

$$\begin{aligned} Da/di &= 0,5000 \\ Da &= 146,6875 \quad \text{in} \\ &= 12,2240 \quad \text{ft} \\ &= 3,7259 \quad \text{m} \end{aligned}$$

**B. Penentuan lebar pengaduk**

$$\begin{aligned} W/Da &= 0,2000 \\ W &= 29,3375 \quad \text{in} \\ &= 2,4448 \quad \text{ft} \\ &= 0,7452 \quad \text{m} \end{aligned}$$

**C. Penentuan jarak batang pengaduk dengan tepi**

$$\begin{aligned} L/Da &= 0,2500 \\ L &= 36,6719 \quad \text{in} \\ &= 3,0560 \quad \text{ft} \\ &= 0,9315 \quad \text{m} \end{aligned}$$

**D. Penentuan tinggi pengaduk dari dasar tangki**

$$\begin{aligned} C/di &= 0,3333 \\ C &= 97,7917 \quad \text{in} \\ &= 8,1493 \quad \text{ft} \\ &= 2,4839 \quad \text{m} \end{aligned}$$

**E. Penentuan lebar baffel**

$$\begin{aligned}
 J/d_i &= 0,0833 \\
 J &= 24,4479 \quad \text{in} \\
 &= 2,0373 \quad \text{ft} \\
 &= 0,6210 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

**F. Penentuan daya pengaduk**

$$\begin{aligned}
 \rho &= 998,3527 \quad \text{kg/m}^3 \\
 N &= 16,0000 \quad \text{rpm} \\
 \mu &= 19,2000 \quad \text{g/cm.s} \\
 &= 1.920,0000 \quad \text{cp} \\
 &= 1,9200 \quad \text{Pa.s} \\
 N_{re} &= \frac{D a^2 \times N \times \rho}{\mu} \\
 &= 1.924,9334
 \end{aligned}$$

Jenis aliran merupakan aliran transisi, aliran *viscous*.

Dari *Figure 3.4.4.* <sup>[19]</sup> diperoleh:

$$\begin{aligned}
 N_p &= 1,0000 \\
 P &= 13.594,1081 \quad \text{J/s} \\
 &= 13,5941 \quad \text{kW} \\
 &= 18,2300 \quad \text{hp}
 \end{aligned}$$

Kehilangan-kehilangan daya:

Kebocoran daya pada proses & bearing diperkirakan 10% dari daya masuk

Kebocoran *belt* atau *gear* diperkirakan 20% dari daya masuk

$$\begin{aligned}
 P &= 23,6990 \quad \text{hp} \\
 &\approx 24,0000 \quad \text{hp}
 \end{aligned}$$

**G. Penentuan jenis pengaduk**

Jenis pengaduk yang digunakan adalah *Propeller agitator with axial flow pattern* dikarenakan viskositasnya di bawah 3 Pa.s.

**H. Penentuan panjang dan diameter batang/poros pengaduk**

$$T = \frac{63025 H}{N}$$

$$H = \text{daya motor}$$

$$N = \text{putaran pengaduk}$$

$$T = \text{Momen putar}$$

$$S = \text{maks. design shering stress yang diujikan}$$

$$H = 24,0000 \quad \text{hp}$$

$$N = 16,0000 \quad \text{rpm}$$

$$T = 94.537,5000$$

Untuk bahan *Hot-rolled steel* SAE 1040 mengandung karbon 0,400 dengan batas = 45.000,0000 psi

$$S = \% \text{karbon} \times \text{tekanan maks.} \\ = 18.000,0000 \quad \text{psi}$$

Maka didapatkan diameter poros (D):

$$D = \sqrt{\frac{16 T}{\pi S}} \\ = 5,1732 \quad \text{in}$$

$$l = h - Z_i$$

dimana:

$$h = L_s + h_a = 483,2266 \quad \text{in}$$

$$L = \text{panjang pengaduk} = 36,6719 \quad \text{in}$$

$$Z_i = \text{jarak impeller dari dasar tangki} = 97,7917 \quad \text{in}$$

$$l = \text{panjang batang/poros} = 385,4349 \quad \text{in}$$

**6.1.3. Perancangan nozzle****A. Nozzle input molase**

$$\text{Size} = 6,0000 \quad \text{in}$$

$$\text{OD} = 6,6250 \quad \text{in}$$

$$n = 0,4320 \quad \text{in}$$

$$J = 8,0000 \quad \text{in}$$

$$H = 11,0000 \quad \text{in}$$

**B. Nozzle input bahan dari pre fermentor**

<i>Size</i>	=	8,0000	in
OD	=	8,6250	in
n	=	0,5000	in
J	=	8,0000	in
H	=	13,0000	in

**C. Nozzle input asam sulfat dan defoamer**

<i>Size</i>	=	0,7500	in
OD	=	1,3130	in
n	=	<i>Coupling</i>	

**D. Nozzle output karbon dioksida**

<i>Size</i>	=	4,0000	in
OD	=	4,5000	in
n	=	0,3370	in
J	=	6,0000	in
H	=	9,0000	in

**E. Nozzle output bahan dari fermentor**

<i>Size</i>	=	8,0000	in
B	=	13,0000	in
C	=	12,3750	in
D <sub>p</sub>	=	9,3750	in
D <sub>R</sub>	=	16,5000	in
E	=	18,0000	in

**C. Penentuan detail manhole**

Diameter hole (dn) = 24,0000 in

Detail hole :

Size of fillet (Weld A & B):

<i>Weld A</i>	=	0,1875	in
<i>Weld B</i>	=	0,3125	in

R	=	0,3125	in
L	=	53,5000	in
W	=	64,0000	in
D <sub>P</sub>	=	28,5000	in
Inside diameter of man hole frame (Min & max ID):			
Min ID	=	24,0000	in
Max ID	=	26,3750	in
D <sub>R</sub>	=	30,2500	in
D <sub>C</sub>	=	32,7500	in

#### 6.1.4. Perancangan sambungan tutup dengan dinding reaktor

Bagian tutup reaktor dan bagian shell dihubungkan secara *flange* dan *bolting* untuk mempermudah perbaikan dan perawatan reaktor.

Desain tekanan	=	14,6960	psi
Desain temperatur	=	35,0000	°C
<i>Flange material</i>	=	ASTM A-201, grade B	
<i>Bolting material</i>	=	ASTM A-193, grade B-7	
<i>Gasket material</i>	=	Asbestos	
<i>Outside diameter (Do)</i>	=	294,0000	in
<i>Inside diameter (di)</i>	=	293,3750	in
Tebal silinder (ts)	=	0,3125	in
<i>Allowable stress (bolting)</i>	=	20.000,0000	psi
<i>Allowable stress (flange)</i>	=	15.000,0000	psi
<i>Flange type</i>	=	<i>Loose type flange</i>	

#### A. Perhitungan Gasket

$$do/di = \sqrt{\frac{y - p.m}{y - p(m+1)}}$$

Asumsi tebal gasket = 0,0625 in, dan dari *fig . 12.11* <sup>[20]</sup> diperoleh:

y	=	3.700,0000	psia
m	=	2,7500	
do/di	=	1,0020	

Asumsi:

$$\begin{aligned}
 D_i &= D_o = 294,0000 \quad \text{in} \\
 D_o &= 294,5921 \quad \text{in} \\
 \text{Minimum gasket} &= 0,2960 \quad \text{in} \\
 &\approx 0,3125 \quad \text{in} \\
 \text{Diameter rata-rata gasket } (b_o) &= 294,2960 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

## B. Perhitungan moment

Total moment pada kondisi operasi :

$$\begin{aligned}
 M_o &= M_D + M_G + M_T \\
 &= 8.016.688,5395 \quad \text{lb-in}
 \end{aligned}$$

Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan uap dalam) :

$$\begin{aligned}
 W &= \left( \frac{A_m + A_b}{2} \right) f_a \\
 &= 1.073.353,6956 \quad \text{lb}
 \end{aligned}$$

Jarak Radial dari beban gasket yang bereaksi terhadap *bolt circle* :

$$\begin{aligned}
 h_G &= \frac{C - G}{2} \\
 &= 7,6957 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

Momen *Flange* ( $M_a$ ):

$$\begin{aligned}
 M_a &= W \times h_G \\
 &= 8.260.234,9100 \quad \text{lb-in}
 \end{aligned}$$

Dalam Kondisi operasi :

$$\begin{aligned}
 W &= W_{m_1} \\
 &= 1.022.507,3912 \quad \text{lb}
 \end{aligned}$$

Perhitungan momen  $M_D$ :

$$\begin{aligned}
 M_D &= H_D \times h_D \\
 &= 7.821.448,7517 \quad \text{lb-in}
 \end{aligned}$$

Tekanan Hidrostatik pada daerah *flange* ( $H_D$ ):

$$\begin{aligned}
 H_D &= 0,7850 \times B^2 \times p \\
 &= 997.156,8130 \quad \text{lb}
 \end{aligned}$$



Jarak jari-jari dari *bolt circle* pada  $H_D$  ( $h_D$ ):

$$\begin{aligned} h_D &= \frac{C - B}{2} \\ &= 7,8438 \quad \text{in} \end{aligned}$$

Perhitungan komponen moment ke  $M_G$ :

$$\begin{aligned} M_G &= H_G \times h_G \\ &= 179.628,5970 \quad \text{in-lb} \end{aligned}$$

Perbedaan antara beban baut *flange* dengan gaya hidrostatis total:

$$\begin{aligned} H_G &= W - H \\ &= Wm_1 - H \\ &= 23.341,3481 \quad \text{lb} \end{aligned}$$

Perhitungan komponen moment ke  $M_T$ :

$$\begin{aligned} M_T &= H_T \times h_T \\ &= 15.611,1909 \quad \text{lb-in} \end{aligned}$$

Perbedaan antara hidrostatis total dengan gaya hidrostatis dalam area *flange* :

$$\begin{aligned} H_T &= H - H_D \\ &= 2.009,2301 \quad \text{lb} \\ h_T &= \frac{h_D + h_G}{2} \\ &= 7,7697 \quad \text{in} \end{aligned}$$

### C. Perhitungan tebal flange

$$\begin{aligned} t &= \sqrt{\frac{Y \times M}{f \times B}} \\ k &= A/B \\ k &= 1,0729 \\ Y &= 49,0000 \quad [20] \\ M &= 8.016.688,5395 \quad \text{in-lb} \\ t &= 9,4379 \quad \text{in} \end{aligned}$$

### D. Jumlah dan ukuran Baut (*Bolting*)<sup>[20]</sup>

$$\begin{aligned} \text{Beban gasket agar tdk bocor} &= Wm_2 = Hy = bGy\pi \\ &= 1.068.478,5963 \quad \text{lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban baut agar tidak bocor (Hp)} &= 2 \cdot \pi \cdot b \cdot G \cdot m \cdot p \\
 &= 23.341,3481 \text{ lb} \\
 \text{Beban tekanan dalam (H)} &= \pi/4 \cdot G^2 \cdot p \\
 &= 999.166,0431 \text{ lb} \\
 \text{Total beban pd kondisi operasi (Wm}_1\text{)} &= H + Hp \\
 &= 1.022.507,3912 \text{ lb} \\
 \text{Luas minimum bolting area (Am}_1\text{)} &= Wm_1/f_b \\
 &= 51,1254 \text{ in}^2 \\
 \text{Bolt size} &= 3,0000 \text{ in} \\
 \text{Root area} &= 5,6210 \text{ in}^2 \\
 \text{Jumlah bolting} &= Am_2/\text{root area} \\
 &= 9,0954 \\
 &\approx 10,0000 \text{ buah} \\
 \text{Bolt spacing distance preference (B}_s\text{)} &= 6,2500 \text{ in} \\
 \text{Minimum radial distance (R)} &= 3,6250 \text{ in} \\
 \text{Edge distance (E)} &= 2,8750 \text{ in} \\
 \text{Bolting circle diameter (C)} &= D_i \text{ shell} + 2(14,5 \cdot t_s + R) \\
 &= 309,6875 \text{ in} \\
 \text{Diameter luar flange} &= OD \\
 &= C + 2E \\
 &= 315,4375 \text{ in} \\
 \text{Cek lebar gasket:} \\
 A_b \text{ actual} &= \text{jumlah bolt} \times \text{root area} \\
 &= 56,2100 \text{ in}^2 \\
 \text{Lebar gasket minimum (L)} &= A_b \text{ actual} \times \frac{f}{2 \times \pi \times y \times g} \\
 &= 0,1233 \text{ in} \\
 \text{Karena L} &< 3,0000 \text{ in} \\
 \text{Maka perhitungan bolt optimum:} &\text{Memadai}
 \end{aligned}$$

### 6.1.5. Perancangan *bearing plate* dan baut <sup>[20]</sup>

Berat fermentor (*approximate*):

Berat silinder	=	36.508,4025	lb
Berat tutup atas	=	3.680,8877	lb
Berat pengaduk	=	3.362,0660	lb
Berat poros pengaduk	=	200,7307	lb
Berat perlengkapan lainnya	=	2.187,6043	lb
Total berat	=	45.939,6912	lb

Reencana desain:

Diameter luar bearing plate	=	314,0000	in
Diameter dalam bearing plate	=	290,0000	in
Lebar bearing plate	=	12,0000	in
Jumlah baut	=	10,0000	buah
Diameter baut	=	0,7500	in
Root area	=	0,3020	in <sup>2</sup>
<i>d</i>	=	25,1667	ft
<i>Water content of cement</i>	=	6,0000	U.S. Gal.
Tinggi (h) <i>gusset</i>	=	12,0000	in
<i>n</i>	=	10,0000	
<i>Trial fc</i> ( <i>bolt circle</i> )	=	1.000,0000	psi
<i>fc max</i>	=	1.200,0000	psi
<i>Trial fs</i>	=	10.000,0000	psi

$$k = \frac{1}{1 + \left( \frac{fshell}{n.fc} \right)}$$

$$= 0,5000$$

$$t_3 \text{ (proposed)} = 12,0000 \quad \text{in}$$

$$fc \text{ (bolt circle)} = fc \times \frac{2kd + t_3}{2kd}$$

$$= 1.100,0000 \quad \text{psi}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 2,0000 \\
 C_t &= 2,0000 \\
 z &= 0,3930 \\
 j &= 0,7860
 \end{aligned}$$

Menentukan momen karena angin:

$$\begin{aligned}
 P_w &= 25,0000 \quad \text{lb/sq-ft} \\
 d_{eff} &= 300,0000 \quad \text{in} \\
 M_{wind} &= \frac{1}{2} P_w X^2 d_{eff} \\
 &= 6.156.674,1673 \quad \text{in-lb} \\
 &= 513.056,1806 \quad \text{ft-lb} \\
 W_{dw} &= 45.939,6912 \quad \text{lb} \\
 F_t &= \frac{M_{wind} - W_{dw} z d}{j d} \\
 &= 2.966,9716 \quad \text{lb}
 \end{aligned}$$

Evaluasi  $F_c$  dengan persamaan 10.9<sup>[20]</sup>:

$$\begin{aligned}
 F_t &= f_s t_1 r C_t \\
 t_1 &= \frac{A}{\pi d} \\
 &= 0,0032 \quad \text{in} \\
 f_s &= 3.086,4292 \quad \text{psi} \\
 F_c &= 48.906,6628 \quad \text{lb}
 \end{aligned}$$

Evaluasi  $f_c$  dengan persamaan 10.18<sup>[20]</sup>:

$$\begin{aligned}
 F_c &= (t_2 + n t_1) r f_c C_c \\
 t_2 &= t_3 - t_1 \\
 &= 11,9968 \quad \text{in} \\
 f_c &= 161,5569 \quad \text{psi}
 \end{aligned}$$

Pengecekan nilai  $k$  dengan persamaan 10.3<sup>[20]</sup>:

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{1}{1 + \left( \frac{f_s}{n f_c} \right)} \\
 &= 0,3436
 \end{aligned}$$

$$\text{Pengecekan kembali harga konstan untuk } k = 0,3436$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 1,6240 \\
 C_t &= 2,3470 \\
 z &= 0,4284 \\
 j &= 0,7829 \\
 F_t &= \frac{M_{wind} - W_{dw}zd}{jd} \\
 &= 900,9474 \quad \text{lb} \\
 f_s &= 798,6655 \quad \text{psi} \\
 F_c &= 46.840,6386 \quad \text{lb} \\
 f_c &= 190,5591 \quad \text{psi} \\
 k &= 0,7047
 \end{aligned}$$

$$\text{Pengecekan kembali harga konstan untuk } k = 0,7047$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 2,4564 \\
 C_t &= 1,5159 \\
 z &= 0,3439 \\
 j &= 0,7819 \\
 F_t &= \frac{M_{wind} - W_{dw}zd}{jd} \\
 &= 5.868,4269 \quad \text{lb} \\
 f_s &= 8.054,2263 \quad \text{psi} \\
 F_c &= 51.808,1181 \quad \text{lb} \\
 f_c &= 139,3460 \quad \text{psi} \\
 k &= 0,1475
 \end{aligned}$$

$$\text{Diperkirakan harga } k = 0,4261$$

$$\begin{aligned}
 f_s \text{ compressive} &= 1.393,4601 \quad \text{psi} \\
 f_c \text{ max induced} &= 145,8436 \\
 b &= 94,8761 \quad \text{in} \\
 l &= 12,0000 \quad \text{in} \\
 l/b &= 0,1265 \\
 M_x &= 0,0030 \quad fcb^2 = 3.885,4487 \quad \text{in-lb} \\
 M_y &= -0,4727 \quad fcl^2 = -9.926,9794 \quad \text{in-lb} \\
 M_{max} &= -9.926,9794 \quad \text{in-lb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_4 &= \sqrt{\frac{6M \text{ max}}{\text{allowable}}} \\
 &= 2,4405 \quad \text{in} \\
 t_5 &= 2,4405 \quad \text{in} \\
 t_6 &= 0,9152 \quad \text{in} \\
 h &= 12,0000 \quad \text{in} \\
 b &= 8,0000 \quad \text{in} \\
 A &= 10,0304 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

#### 6.1.6. Perancangan pondasi

Berat *bearing plate* dan *compression ring* = 14.471,7489 lb

Berat total tangki dan *support* = 60.411,4401 lb

Rencana desain:

Luas pondasi atas = 77.437,1173  $\approx$  115.000,0000 in<sup>2</sup>

Luas pondasi bawah = 125.000,0000 in<sup>2</sup>

Tinggi = 78,7400 in

Luas pondasi rata-rata = 120.000,0000 in<sup>2</sup>

Volume pondasi = 9.448.800 in<sup>3</sup>

Bahan konstruksi = Semen-batu-pasir

Densitas = 137 lb/ft<sup>3</sup>

Berat pondasi = 749.124 lb

Menghitung tekanan tanah:

*Save bearing power minimum* = 5,0000 ton/ft<sup>2</sup>

*Save bearing power maximum* = 10,0000 ton/ft<sup>2</sup>

Kemampuan tekan tanah = 22.046,0000 lb/ft<sup>2</sup>

Tekanan alat terhadap tanah = 898,9483 lb/ft<sup>2</sup>

#### 6.1.7. Kesimpulan perancangan

A. Dimensi reaktor:

Diameter Luar (Do) = 294,0000 in

Diameter Dalam (Di) = 293,3750 in

Tinggi silinder (Ls) = 433,6462 in

Tebal Silinder (ts) = 0,3125 in

Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	=	0,3125	in
Tinggi tutup atas ( $h_a$ )	=	49,5804	in
Tinggi Reaktor (H)	=	486,2266	in

B. Detail pengaduk:

Tipe	=	<i>Propeller agitator, axial flow pattern</i>
Diameter impeller ( $D_a$ )	=	146,6875 in
Tinggi impeller dari dasar (C)	=	97,7917 in
Lebar impeller (W)	=	29,3375 in
Panjang impeller (L)	=	36,6719 in
Nomor daya ( $N_p$ )	=	1,0000
Daya (P)	=	24,0000 hp
Diameter poros (D)	=	5,1732 in
Panjang poros/batang (l)	=	385,4349 in

C. Detail nozzle :

Nozzle	Size	OD	n	J	H
	in	in	in	in	in
A	6,00	6,63	0,43	8,00	11,00
B	8,00	8,63	0,50	8,00	13,00
C	0,75	1,31	Coup	-	-
D	4,00	4,50	0,34	6,00	9,00

Nozzle	Size	B	C	$D_p$	$D_R$	E
E	8,00	13,00	12,38	9,38	16,50	18,00

Detail manhole :

Diameter hole (dn)	=	24,0000	in
Weld A	=	0,1875	in
Weld B	=	0,3125	in
R	=	0,3125	in
L	=	53,5000	in
W	=	64,0000	in
$D_p$	=	28,5000	in
Min ID	=	24,0000	in
Max ID	=	26,3750	in

$$D_R = 30,2500 \quad \text{in}$$

$$D_C = 32,7500 \quad \text{in}$$

D. Detail penutup atas:

Detail gasket:

$$\text{Bahan Konstruksi} = \text{Asbestos}$$

$$\text{Gasket faktor} = 2,7500$$

$$\text{Min design seating stress (y)} = 3.700,0000 \quad \text{psia}$$

$$\text{Lebar gasket} = 294,2960 \quad \text{in}$$

Detail *bolthing* :

$$\text{Bahan Kontruksi} = \text{ASTM A-193, grade B-7}$$

$$\text{Allowable stress (f)} = 20.000,0000 \quad \text{lb/in}^2$$

$$\text{Ukuran baut} = 3,0000 \quad \text{in}$$

$$\text{Jumlah baut} = 10,0000 \quad \text{buah}$$

$$\text{Bolt spacing minimum (Bs)} = 6,2500 \quad \text{in}$$

$$\text{Min. Radial distance (R)} = 3,6250 \quad \text{in}$$

$$\text{Edge distange (E)} = 2,8750 \quad \text{in}$$

Detail flange pada tangki:

$$\text{Bahan Kontruksi} = \text{ASTM A-201, grade B}$$

$$\text{Allowable stress (f)} = 15.000,0000 \quad \text{lb/in}^2$$

$$\text{Type Flange} = \text{Loose type flange}$$

$$\text{Tebal Flange} = 9,4379 \quad \text{in}$$

E. Detail *bearing* dan baut:

$$\text{Panjang bolting area (t}_1\text{)} = 0,0032 \quad \text{in}$$

$$\text{Concrete width (t}_2\text{)} = 11,9968 \quad \text{in}$$

$$\text{Panjang bearing plate (t}_3\text{)} = 12,0000 \quad \text{in}$$

$$\text{Tebal bearing plate (t}_4\text{)} = 2,4405 \quad \text{in}$$

$$\text{Tebal compression ring (t}_5\text{)} = 2,4405 \quad \text{in}$$

$$\text{Tebal gusset (t}_6\text{)} = 0,9152 \quad \text{in}$$

$$\text{Tinggi gusset (h)} = 12,0000 \quad \text{in}$$

$$\text{Jumlah baut} = 10,0000 \quad \text{buah}$$

$$\text{Diameter baut} = 0,7500 \quad \text{in}$$

$$\text{Jarak gusset (b)} = 8,0000 \quad \text{in}$$

$$A = 10,0304 \quad \text{in}$$



## F. Detail pondasi

Panjang atas	=	339,1165	in
Lebar atas	=	339,1165	in
Panjang bawah	=	353,5534	in
Lebar bawah	=	353,5534	in
Tinggi	=	39,3700	in

**6.2. Adsorber**

Fungsi adsorber adalah memurnikan distilat dari D-155 dengan molekul sieve. Molekul yang digunakan dalam proses ini adalah molekul sieve 3A yang memiliki masa pakai 5 tahun yang tiap gramnya dapat menyerap air sebanyak  $\pm 25\%$  beratnya. Fraksi massa etanol di produk minimal 0,995. Produk selanjutnya disimpan di daily tank. Renenerasi unit thermal swing cair terdiri dari dua bed, satu bed melakukan adsorbsi dan lainnya melakukan regenerasi. Satu bed mengadsorb aliran hingga 8 jam, sementara bed satunya dikosongkan cairannya, dipanaskan dan didinginkan, kemudian diisi kembali. Waktu regenerasi adalah 5 jam. Dalam 1 hari, dilakukan 2 kali adsorbsi dan 2 kali regenerasi. 4 jam digunakan untuk pemaparan udara panas, dan 1 jam untuk pendinginan kolom. Udara disuplai dengan blower, udara dilewatkan dengan heat exchanger dengan media pemanas steam dan media pendingin cooling water. Air dalam kolom akan berubah fasa menjadi gas, kemudian dihisap dengan pompa vakum yang kemudian didinginkan dengan kondensor. Dalam adsorber adsorben disangga dengan benar di bagian atas dan bawah dengan menggunakan lapisan bola-bola inert yang bertumpukan. Bola-bola tersebut terbuat dari bahan keramik, dan terdiri dari lapisan-lapisan bola yang bertumpukan dengan diameter yang berbeda-beda di bawah bed, bersamaan dengan lapisan bola-bola inert paling atas diatas bed. Adapun mekanisme regenerasi dan pengisian bead dirincikan dalam bab VIII.

### 6.2.1. Penentuan kapasitas tangki

Kapasitas penyerapan air	=	0,2500	gr air/gr bahan
Banyaknya air yang harus diserap	=	292,1590	kg/jam
Masa pakai molekul paska regenerasi	=	12,0000	jam
Total kapasitas penyerapan	=	3.505,9085	kg
Kebutuhan molekul	=	14.023,6340	kg
	≈	15.000,0000	kg
Jumlah tangki	=	2,0000	buah
Kebutuhan molekul tiap tangki	=	15.000,0000	kg
Densitas	=	0,8000	gr/ml
Kebutuhan molekul tiap tangki	=	18.750,0000	L
	=	662,1464	ft <sup>3</sup>

### 6.2.2. Penentuan dimensi reaktor

#### A. Penentuan volume reaktor

Volume tangki	=	23,5000	m <sup>3</sup>
	=	23.500,0000	L
	=	829,8902	ft <sup>3</sup>
Volume isi	=	0,8000	Volume total
	=	663,9121	ft <sup>3</sup>
Volume ruang kosong	=	0,2000	Volume total
	=	165,9780	ft <sup>3</sup>
Volume bagian silinder (V <sub>1</sub> )	=	$\frac{\pi}{4}d^2L_s$	
Volume tutup dan bawah (V <sub>2</sub> & V <sub>3</sub> )	=	0,0847	d <sup>3</sup>
Tinggi bagian silinder (L <sub>s</sub> )	=	7	d

#### B. Penentuan diameter tangki

Volume total	=	$\frac{\pi}{4}d^2L_s$	+	2	0,0847	d <sup>3</sup>	
829,8902	ft <sup>3</sup>	=	5,4978	d <sup>3</sup>	+	0,169	d <sup>3</sup>
829,8902	ft <sup>3</sup>	=	5,6672	d <sup>3</sup>			
d <sup>3</sup>		=	146,4378	ft <sup>3</sup>			

Diameter (d)	=	5,2709	ft
	=	1,6066	m
	=	63,2507	in

### C. Penentuan tinggi silinder

Tinggi silinder (Ls)	=	36,8963	ft
	=	11,2461	m
	=	442,7552	in

#### Data Perencanaan

Faktor korosi (C)	=	0,0625	in
Pengelasan (E)	=	<i>Double welded butt join</i>	
	=	0,8000	
Suhu proses (T)	=	30 °C	= 86 °F
Bahan konstruksi	=	<i>Carbon steel SA-283 Grade A</i>	
<i>Maks. allowable stress</i> (f)	=	10.350,0000	Psi
Densitas molekul ( $\rho$ )	=	0,8000	kg/l
	=	49,9423	lbm/ft <sup>3</sup>
Tinggi <i>skrit</i>	=	3,0000	ft
	=	0,9144	m
Densitas bahan konstruksi ( $\rho$ )	=	450,0000	lb/ft <sup>3</sup>

#### Penentuan tekanan desain

Densitas <i>feed</i> ( $\rho$ )	=	0,8011	kg/l
Tekanan (Pi)	=	$P_{\text{operasi}}$	+ $P_{\text{hidrostatik}}$
$P_{\text{operasi}}$	=	14,6960	Psia
$P_{\text{atmosfer}}$	=	101.320,0000	Pa
$P_{\text{hidrostatik}}$	=	476.000,0000	Pa
	=	0,0145	Psig
Pi	=	14,7105	Psig

**D. Penentuan tebal silinder**

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal silinder (ts)} &= \frac{p_i d_i}{2(fE - 0,6 p_i)} + C \\
 &= 0,1187 \quad \text{in} \\
 &\approx 0,2500 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

**E. Penentuan *outside* diameter**

$$\begin{aligned}
 \text{Outside diameter (Do)} &= d_i + 2ts \\
 &= 63,4882 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

**Hasil standardisasi**

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal silinder (ts)} &= 0,2500 \quad \text{in} \\
 &= 0,0208 \quad \text{ft} \\
 &= 0,0064 \quad \text{m} \\
 \text{Outside diameter (Do)} &= 66,0000 \quad \text{in} \\
 &= 5,5000 \quad \text{ft} \\
 &= 1,6764 \quad \text{m} \\
 \text{Inside diameter (di)} &= 65,3750 \quad \text{in} \\
 &= 5,4479 \quad \text{ft} \\
 &= 1,6605 \quad \text{m} \\
 r &= 66,0000 \quad \text{in} \\
 \text{Tinggi silinder (Ls)} &= 38,1354 \quad \text{ft} \\
 &= 11,6238 \quad \text{m} \\
 &= 457,6250 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

**F. Penentuan dimensi tutup atas dan bawah**

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal tutup (tha/thb)} &= \frac{0,885 p_i r}{2(fE - 0,1 p_i)} + C \\
 &= 0,1144 \quad \text{in} \\
 &\approx 0,1875 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

Tinggi tutup (ha/hb)	=	0,1690	d
	=	11,0484	in
	=	0,9207	ft
	=	0,2806	m
<i>Straight flange</i> (sf)	=	2,5000	in
	=	0,2083	ft
	=	0,0635	m
<i>Inside corner radius</i> (icr)	=	0,7500	in

#### H. Penentuan tinggi adsorber

Tinggi (H)	=	Ls	+	ha.hb
	=	578,8035		in
	=	48,2336		ft
	=	14,7018		m

#### 6.2.3. Regenerasi dan isi packed bed

Laju alir	=	4.707,4440	kg/jam
Densitas <i>feed</i>	=	996,0000	kg/m <sup>3</sup>
	=	62,1803	lbm/ft <sup>3</sup>
V max	=	61,5ρ <sup>-0,485</sup>	
	=	8,2976	ft/menit
	=	2,5291	m/menit
	=	0,0422	m/s
V min	=	4,74/ρ	
	=	0,0762	ft/menit
	=	0,0004	m/s

V adalah kecepatan superfisial dalam ft/menit.

#### A. Regenerasi distribusi gas

Massa air terperangkap	=	2.045,1133	kg
Massa uap	=	2.724,4740	kg
	=	6.006,4684	lbm
Hg	=	908,5041	btu/lbm



Hf	=	180,1531	btu/lbm
Panas yang dibutuhkan	=	4.374,8174	btu
	=	1.103,1540	kcal
Suhu udara panas masuk	=	150,0000	°C
Suhu udara panas keluar	=	110,0000	°C
$\rho$ udara panas	=	0,8359	kg/m <sup>3</sup>
$\mu$ udara panas	=	0,00003	kg/ms
$c_p$ udara panas	=	1,0176	kJ/kgK
	=	0,2430	kcal/kgC
Kebutuhan udara panas	=	113,4738	kg/jam
	=	2%	laju alir
Kebutuhan steam	=	2,1842	kg/jam*
Kebutuhan air pendingin	=	95,9744	kg/jam*
*) Perjam dalam waktu regenerasi.			
Waktu regenerasi perhari	=	5,0000	jam
Waktu pemaparan steam	=	4,0000	jam
Waktu pemaparan pendingin	=	1,0000	jam
Kebutuhan steam dalam 1 hari	=	0,7281	kg/jam
Kebutuhan cw dalam 1 hari	=	7,9979	kg/jam

## B. Bola-bola penyangga dan layout kolom adsorber

Adsorben dalam kolom adsorber disangga dengan menggunakan lapisan bola-bola inert yang bertumpukan dibagian atas dan bawah. Bola-bola tersebut terbuat dari bahan keramik. Setiap lapisan bola bertumpukan dengan diameter yang berbeda-beda.

Bagian bawah bed:

Ketinggian bola inert	=	150,0000	mm
	=	0,1500	m
Ukuran bola lapisan pertama	=	13,0000	mm
Ukuran bola lapisan kedua	=	6,0000	mm
Volume lapisan bola inert	=	0,3248	m <sup>3</sup>



Bagian atas bed:

Ukuran bola lapisan atas	=	13,0000	mm
Ketinggian bola inert	=	100,0000	mm
	=	0,1000	m
Volume lapisan bola inert	=	0,2166	m <sup>3</sup>

Bagian tengah bed:

Volume adsorben	=	18,7500	m <sup>3</sup>
Tinggi lapisan adsorben	=	8,6578	m
Tinggi silinder terisi	=	8,9078	m
Tinggi silinder kosong	=	2,3383	m
Jarak distributor : bola inert	=	0,9000	m
Tipe <i>packing suport</i>	=	<i>Sieve tray</i>	
Diameter lubang tray	=	1,0000	mm
Tekanan maksimum tray	=	50,0000	psi
Tebal <i>tray</i>	=	0,0675	in
	≈	0,1875	in

#### 6.2.4. Perancangan nozzle

##### A. *Nozzle input dan output udara kering dan uap air*

Size	=	4,0000	in
OD	=	4,5000	in
n	=	0,3370	in
J	=	6,0000	in
H	=	9,0000	in

##### B. *Nozzle input dan output feed adsorber*

Size	=	1,0000	in
OD	=	1,5760	in
n	=	<i>Coupling</i>	
J	=	6,0000	in
H	=	5,0000	in

### C. Penentuan detail *manhole*

Diameter hole (dn) = 24,0000 in

Detail hole :

*Size of fillet (Weld A & B):*

*Weld A* = 0,1875 in

*Weld B* = 0,3125 in

R = 0,3125 in

L = 53,5000 in

W = 64,0000 in

D<sub>P</sub> = 28,5000 in

*Inside diameter of man hole frame (Min & max ID):*

Min ID = 24,0000 in

Max ID = 26,3750 in

D<sub>R</sub> = 30,2500 in

D<sub>C</sub> = 32,7500 in

#### 6.2.5. Perancangan sambungan tutup dengan dinding shell

Bagian tutup dan bagian *shell* dihubungkan secara *flange* dan *bolting* untuk mempermudah perbaikan dan perawatan reaktor.

Desain tekanan = 14,7105 psi

Desain temperatur = 30,0000 °C

*Flange material* = ASTM A-201, grade B

*Bolting material* = ASTM A-193, grade B-7

*Gasket material* = Asbestos

*Outside diameter (Do)* = 66,0000 in

*Inside diameter (di)* = 65,3750 in

Tebal silinder (ts) = 0,2500 in

*Allowable stress (bolting)* = 20.000,0000

*Allowable stress (flange)* = 15.000,0000

*Flange type* = *Loose type flange*



**A. Perhitungan Gasket**

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

Asumsi tebal gasket = 0,0625 in, dan dari *fig. 12.11* <sup>[20]</sup> diperoleh:

$$y = 3.700,0000 \text{ psia}$$

$$m = 2,7500$$

$$d_o/d_i = 1,0020$$

Asumsi:

$$D_i = D_o = 65,8750 \text{ in}$$

$$D_o = 66,0078 \text{ in}$$

$$\text{Minimum gasket} = 0,0664 \text{ in}$$

$$\approx 0,1875 \text{ in}$$

$$\text{Diameter rata-rata gasket (b}_o) = 65,9414 \text{ in}$$

**B. Perhitungan tebal flange**

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

$$k = A/B$$

$$k = 1,2973$$

Fig. 12.22 hal. 238 <sup>[20]</sup>

$$Y = 40,0000$$

$$M = 370.232,0823$$

$$t = 3,8677 \text{ in}$$

**C. Jumlah dan ukuran Baut (Bolting) <sup>[20]</sup>**

$$\begin{aligned} \text{Beban gasket agar tdk bocor} &= Wm_2 = H_y = bGy\pi \\ &= 143.645,0986 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban baut agar tidak bocor (H}_p) &= 2 \cdot \pi \cdot b \cdot G \cdot m \cdot p \\ &= 3.141,0783 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban tekanan dalam (H)} &= \pi/4 \cdot G^2 \cdot p \\ &= 50.212,6309 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total beban pd kondisi operasi (Wm}_1) &= H + H_p \\
 &= 53.353,7092 \quad \text{lb} \\
 \text{Luas minimum bolting area (Am}_2) &= Wm_1/f_a \\
 &= 2,6677 \quad \text{in}^2 \\
 \text{Bolt size} &= 1 \frac{1}{8} \quad \text{in} \\
 \text{Root area} &= 0,6930 \quad \text{in}^2 \\
 \text{Jumlah bolt} &= Am_2/\text{root area} \\
 &= 3,8495 \\
 &\approx 4,0000 \quad \text{buah} \\
 \text{Bolt spacing distance preference (B}_s) &= 6,2500 \quad \text{in} \\
 \text{Minimum radial distance (R)} &= 3,6250 \quad \text{in} \\
 \text{Edge distance (E)} &= 2,8750 \quad \text{in} \\
 \text{Bolting circle diameter (C)} &= D_i \text{ shell} + 2(14,5 \cdot t_s + R) \\
 &= 79,8750 \quad \text{in} \\
 \text{Diameter luar flange} &= OD \\
 &= C + 2E \\
 &= 85,6250 \quad \text{in} \\
 \text{Cek lebar gasket:} \\
 A_b \text{ actual} &= \text{jumlah bolt} \times \text{root area} \\
 &= 2,7720 \quad \text{in}^2 \\
 \text{Lebar gasket minimum (L)} &= A_b \text{ actual} \times \frac{f}{2 \times \pi \times y \times g} \\
 &= 0,0271 \quad \text{in} \\
 \text{Karena } L &< 1,1250 \quad \text{in} \\
 \text{Maka perhitungan bolt optimum:} &\quad \text{Memadai}
 \end{aligned}$$

#### D. Perhitungan moment

Total moment pada kondisi operasi :

$$\begin{aligned}
 M_o &= M_D + M_G + M_T \\
 &= 370.232,0823 \quad \text{lb-in}
 \end{aligned}$$

Untuk keadaan *bolting up* (tanpa tekanan uap dalam) :

$$\begin{aligned} W &= \left( \frac{A_m + A_b}{2} \right) f_a \\ &= 54.396,8546 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jarak radial dari beban gasket yang bereaksi terhadap *bolt circle* :

$$\begin{aligned} h_G &= \frac{C - G}{2} \\ &= 6,9668 \text{ in} \end{aligned}$$

*Momen Flange (Ma)*:

$$\begin{aligned} M_a &= W \times h_G \\ &= 378.971,9898 \text{ lb-In} \end{aligned}$$

Dalam Kondisi operasi :

$$\begin{aligned} W &= W_{m_1} \\ &= 53.353,7092 \text{ lb} \end{aligned}$$

Perhitungan momen  $M_D$ :

$$\begin{aligned} M_D &= H_D \times h_D \\ &= 348.969,5306 \text{ lb-in} \end{aligned}$$

Tekanan Hidrostatik pada daerah *flange* ( $H_D$ ):

$$\begin{aligned} H_D &= 0,7850 \times B^2 \times p \\ &= 50.301,9143 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jarak jari-jari dari *bolt circle* pada  $H_D$  ( $h_D$ ):

$$\begin{aligned} h_D &= \frac{C - B}{2} \\ &= 6,9375 \text{ in} \end{aligned}$$

Perhitungan komponen moment ke  $M_G$ :

$$\begin{aligned} M_G &= H_G \times h_G \\ &= 21.883,2633 \text{ in-lb} \end{aligned}$$

Perbedaan antara beban baut *flange* dengan gaya hidrostatik total:

$$\begin{aligned} H_G &= W - H \\ &= W_{m_1} - H \\ &= 3.141,0783 \text{ lb} \end{aligned}$$

Perhitungan komponen moment ke  $M_T$ :

$$\begin{aligned} M_T &= H_T \times h_T \\ &= -620,7116 \quad \text{lb-in} \end{aligned}$$

Perbedaan antara hidrostatik total dengan gaya hidrostatik dalam area *flange* :

$$\begin{aligned} H_T &= H - H_D \\ &= -89,2834 \quad \text{lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_T &= \frac{h_D + h_G}{2} \\ &= 6,9521 \quad \text{in} \end{aligned}$$

#### 6.2.6. Perancangan *bearing plate*, *skrit*, dan baut <sup>[20]</sup>

Berat fermentor (*approximate*):

Berat silinder	=	7.685,3057	lb
Berat tutup	=	184,1409	lb
Berat perlengkapan lainnya	=	393,4723	lb
Total berat	=	8.262,9189	lb

Reencana desain:

Diameter luar <i>bearing plate</i>	=	86,0000	in
Diameter dalam <i>bearing plate</i>	=	62,0000	in
Lebar <i>bearing plate</i>	=	12,0000	in
Jumlah baut	=	6,0000	buah
Diameter baut	=	3,0000	in
<i>Root area</i>	=	5,6210	in <sup>2</sup>
<i>d</i>	=	6,1667	ft
<i>n</i>	=	10,0000	
<i>Trial fc</i> ( <i>bolt circle</i> )	=	3.000,0000	psi
<i>fc max</i>	=	3.125,0000	psi
<i>Trial fs</i>	=	40.000,0000	psi

$$k = \frac{1}{1 + \left( \frac{fshell}{n.fc} \right)}$$

$$= 0,4286$$

$$t_3 \text{ (proposed)} = 12,0000 \quad \text{in}$$

$$f_c \text{ (bolt circle)} = f_c \times \frac{2kd + t_3}{2kd}$$

$$= 2.825,3425 \text{ psi}$$

$$C_c = 1,8330$$

$$C_t = 2,1606$$

$$z = 0,4091$$

$$j = 0,7846$$

Menentukan momen karena angin:

$$P_w = 25,0000 \text{ lb/sq ft}$$

$$d_{eff} = 72,0000 \text{ in}$$

$$M_{wind} = 301.512.190,0626 \text{ in lb}$$

$$= 301.512.190,0626 \text{ psi}$$

$$= 25.126.015,8386 \text{ ft lb}$$

$$W_{dw} = 8.262,9189 \text{ lb}$$

$$F_t = \frac{M_{wind} - W_{dw}zd}{jd}$$

$$= 5.188.958,1909 \text{ lb}$$

Evaluasi  $F_c$  dengan persamaan 10.9<sup>[20]</sup>:

$$F_t = f_s t_1 r C_t$$

$$t_1 = \frac{A}{\pi d}$$

$$= 0,1451 \text{ in}$$

$$f_s = 41.805,4703 \text{ psi}$$

$$F_c = 5.197.221,1098 \text{ lb}$$

Evaluasi  $f_c$  dengan persamaan 10.18<sup>[20]</sup>:

$$F_c = (t_2 + nt_1) r f_c C_c$$

$$t_2 = t_3 - t_1$$

$$= 11,8549 \text{ in}$$

$$f_c = 6.457,4164 \text{ psi}$$

Pengecekan nilai k dengan persamaan 10.3 <sup>[20]</sup>:

$$k = \frac{1}{1 + \left( \frac{f_s}{nf_c} \right)}$$

$$= 0,6070$$

Pengecekan kembali harga konstan untuk k = 0,6070

$$C_c = 2,2396$$

$$C_t = 1,7483$$

$$z = 0,3673$$

$$j = 0,7839$$

$$F_t = \frac{M_{wind} - W_{dw}zd}{jd}$$

$$= 4.480,3297 \quad \text{lb}$$

$$f_s = 477,4289 \quad \text{psi}$$

$$F_c = 50.420,0210 \quad \text{lb}$$

$$f_c = 148,7389 \quad \text{psi}$$

$$k = 0,7570$$

Pengecekan kembali harga konstan untuk k = 0,7570

$$C_c = 2,5726$$

$$C_t = 1,3913$$

$$z = 0,3313$$

$$j = 0,7809$$

$$F_t = \frac{M_{wind} - W_{dw}zd}{jd}$$

$$= 6.615,4298 \quad \text{lb}$$

$$f_s = 9.892,4991 \quad \text{psi}$$

$$F_c = 52.555,1210 \quad \text{lb}$$

$$f_c = 134,9697 \quad \text{psi}$$

$$k = 0,1201$$

Diperkirakan harga k = 0,4385

$$f_s \text{ compressive} = 1.349,6968 \quad \text{psi}$$

$$f_c \text{ max induced} = 159,9244 \quad \text{psi}$$

b	=	38,7463	in		
l	=	12,0000	in		
l/b	=	0,3097			
Mx	=	0,0072	fc <sup>2</sup>	=	1.739,9716 in-lb
My	=	-0,4331	fc <sup>2</sup>	=	-9.973,9850 in-lb
Mmax	=	-9.973,9850	in-lb		
t <sub>4</sub>	=	$\sqrt{\frac{6M \text{ max}}{\text{allowable}}}$			
	=	2,4046	in		
t <sub>5</sub>	=	2,4046	in		
t <sub>6</sub>	=	0,9017	in		
a	=	5,0000	in		
m	=	23,3001	in		
h	=	12,0000	in		
p	=	112.420,0000	sq-in		
r	=	33,0000	in		
tskrit	=	1,2204	in		
A	=	10,0034	in		
b	=	8,0000	in		

### 6.2.7. Perancangan liquid distributor

Laju alir	=	4.707,4440	kg/jam
	=	10.378,0311	lbm/jam
Densitas	=	789,06	kg/m <sup>3</sup>
	=	49,2593	lbm/ft <sup>3</sup>
Viskositas	=	1,2991	cp
	=	0,00087	lbm/ft.s
	=	0,00130	kg/m.s

Rate Volumetric	=	$\frac{\text{Rate}}{\text{Densitas}}$	=	$\frac{10.378,0311 \text{ lbm/h}}{49,2593 \text{ lbm/ft}^3}$
	=	210,6817		ft <sup>3</sup> /jam
	=	0,0016572		m <sup>3</sup> /s
	=	5,9659		m <sup>3</sup> /h
	=	26,2685		gpm
Panjang pipa utama	=	1,5605		m
Luas area pipa	=	0,0006		m <sup>2</sup>
	=	0,0037		ft <sup>2</sup>
Tipe distributor	=	<i>Spray nozzle distributor</i>		
Flow rate	=	5,1307		gpm/ft
Orifice diameter	=	0,2350		in
Jumlah nozzle	=	156,0000		
Jumlah pipa	=	40,0000		

#### 6.2.8. Perancangan pondasi

Berat <i>bearing plate</i> dan <i>compression ring</i>	=	3.493,8271	lb
Berat total tangki dan <i>support</i>	=	11.756,7460	lb
Rencana desain:			
Luas pondasi atas	=	5.808,8048	≈ 8.000,0000 in <sup>2</sup>
Luas pondasi bawah	=	10.000,0000	in <sup>2</sup>
Tinggi	=	39,3700	in
Luas pondasi rata-rata	=	9.000,0000	in <sup>2</sup>
Volume pondasi	=	354.330	in <sup>3</sup>
Bahan konstruksi	=	Semen-batu-pasir	
Densitas	=	137	lb/ft <sup>3</sup>
Berat pondasi	=	28.092	lb
Menghitung tekanan tanah:			
<i>Save bearing power minimum</i>	=	5,0000	ton/ft <sup>2</sup>
<i>Save bearing power maximum</i>	=	10,0000	ton/ft <sup>2</sup>
Kemampuan tekan tanah	=	22.046,0000	lb/ft <sup>2</sup>
Tekanan alat terhadap tanah	=	449,4742	lb/ft <sup>2</sup>



### 6.2.9. Kesimpulan perancangan

#### A. Dimensi reaktor:

Diameter luar ( $D_o$ )	=	66,0000	in
Diameter dalam ( $D_i$ )	=	65,3750	in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	=	442,7552	in
Tebal silinder ( $t_s$ )	=	0,2500	in
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	=	0,1875	in
Tinggi tutup atas ( $h_a$ )	=	11,0484	in
Tinggi ( $H$ )	=	578,8035	in

#### B. Detail nozzle :

Nozzle	Size	OD	n	J	H
	in	in	in	in	in
A	4,00	4,50	0,34	6,00	9,00
B	1,00	1,58	Coup.	-	-

#### Detail hole :

$$d_n = 24,0000 \text{ in}$$

#### Size of fillet (Weld A & B):

$$\text{Weld A} = 0,1875 \text{ in}$$

$$\text{Weld B} = 0,3125 \text{ in}$$

$$R = 0,3125 \text{ in}$$

$$L = 53,5000 \text{ in}$$

$$W = 64,0000 \text{ in}$$

$$D_p = 28,5000 \text{ in}$$

#### Inside diameter of man hole frame (Min & max ID):

$$\text{Min ID} = 24,0000 \text{ in}$$

$$\text{Max ID} = 26,3750 \text{ in}$$

$$D_R = 30,2500 \text{ in}$$

$$D_C = 32,7500 \text{ in}$$

#### C. Detail penutup atas:

##### Detail gasket:

$$\text{Bahan Konstruksi} = \text{Asbestos}$$

$$\text{Gasket faktor} = 2,7500$$

$$\text{Min design seating stress (y)} = 3.700,0000 \text{ psia}$$

### 6.2.9. Kesimpulan perancangan

#### A. Dimensi reaktor:

Diameter luar (Do)	=	66,0000	in
Diameter dalam (Di)	=	65,3750	in
Tinggi silinder (Ls)	=	442,7552	in
Tebal silinder (ts)	=	0,2500	in
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	=	0,1875	in
Tinggi tutup atas (ha)	=	11,0484	in
Tinggi (H)	=	578,8035	in

#### B. Detail nozzle :

Nozzle	Size	OD	n	J	H
	in	in	in	in	in
A	4,00	4,50	0,34	6,00	9,00
B	1,00	1,58	Coup.	-	-

#### Detail hole :

$$dn = 24,0000 \text{ in}$$

#### Size of fillet (Weld A & B):

$$\text{Weld A} = 0,1875 \text{ in}$$

$$\text{Weld B} = 0,3125 \text{ in}$$

$$R = 0,3125 \text{ in}$$

$$L = 53,5000 \text{ in}$$

$$W = 64,0000 \text{ in}$$

$$D_p = 28,5000 \text{ in}$$

#### Inside diameter of man hole frame (Min & max ID):

$$\text{Min ID} = 24,0000 \text{ in}$$

$$\text{Max ID} = 26,3750 \text{ in}$$

$$D_R = 30,2500 \text{ in}$$

$$D_C = 32,7500 \text{ in}$$

#### C. Detail penutup atas:

##### Detail gasket:

$$\text{Bahan Konstruksi} = \text{Asbestos}$$

$$\text{Gasket faktor} = 2,7500$$

$$\text{Min design seating stress } (y) = 3.700,0000 \text{ psia}$$

## BAB VII

### INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Untuk mendapatkan kualitas dan kuantitas produk sesuai dengan yang diharapkan serta keselamatan baik karyawan maupun alat proses, perlu adanya peralatan atau instrumentasi yang berfungsi sebagai pengontrol jalannya proses, serta rincian keselamatan dan kesehatan kerja. Instrumentasi digunakan untuk mengetahui dan mengendalikan jalannya proses agar produksi menjadi optimal. Keselamatan kerja digunakan untuk mencegah kerugian nyawa, materi, alat-alat, sarana, dan prasarana pabrik yang dapat timbul sewaktu-waktu.

#### 7.1. Instrumentasi

Instrumentasi merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu industri. Jenis-jenis instrumentasi ini dapat berupa suatu petunjuk (*indicator*) perekam (*recorder*) dan pengontrol (*controller*). Di industri kimia khususnya banyak variabel-variabel proses yang perlu diukur atau dikontrol keadaan operasinya baik secara otomatis maupun manual. Penggunaan instrumentasi yang otomatis mempunyai tujuan untuk menghasilkan produk yang baik dan kebutuhan tenaga kerja dapat diminimalisasikan. Pada pra rencana pabrik ini, instrument yang digunakan ada yang digunakan secara manual ataupun otomatis tergantung dengan faktor teknis dan faktor ekonomisnya. Dengan adanya instrument ini diharapkan:

- a. Kondisi operasi suatu peralatan tetap terjaga pada kondisi yang aman dan sesuai.
- b. Laju produksi berjalan sesuai dengan batas-batas rencana yang telah dibuat.
- c. Membantu mempermudah pengoperasian alat.
- d. Lebih menjamin keselamatan dan efisiensi kerja serta peralatan sehingga biaya produksi rendah.

Alat-alat instrumentasi dipasang untuk mengendalikan variabel-variabel proses yang dilakukan. Menurut cara kerjanya alat-alat instrument dibagi menjadi:

##### a. Alat-alat otomatis

Alat ini merupakan instrument yang digunakan hanya sebagai petunjuk dan pencatat saja.

b. Alat-alat manual

Alat ini merupakan instrument yang secara otomatis digunakan sebagai pengontrol.

Dalam suatu instrument, terdapat beberapa bagian alat yang pemakaiannya berfungsi sebagai berikut:

a. Indikator

Bagian ini berfungsi untuk menunjukkan pengukuran secara langsung.

b. *Recorder*

Bagian ini berfungsi untuk mencatat suatu kondisi proses yang merupakan kelengkapan instrumen tipe penunjuk, misalnya pena pada jarum penunjuk pengukur tekanan.

c. *Controller*

Bagian ini berfungsi untuk mengendalikan kondisi proses dan operasi.

d. *Sensor (transducer)*

Bagian ini berfungsi untuk kontak langsung dengan objek yang diukur untuk mengubah besaran fisik menjadi besaran listrik.

e. *Sensor error detector*

Bagian ini berfungsi untuk mengatur kesalahan yang terjadi antara keluaran aktual dengan keluaran yang diinginkan.

f. Penggerak daya (*agitator*)

Bagian ini berfungsi untuk mengendalikan aliran energi ke sistem yang dikendalikan. Bagian ini juga disebut sebagai elemen pengendali akhir. Elemen pengeluaran ini harus mampu menggerakkan beban ke suatu besaran yang diinginkan.

Pada pra rencana pabrik ini, instrument yang digunakan adalah:

1. *Level control (LC)*

Instrument ini berfungsi untuk mengatur ketinggian fluida yang ada dalam tangki *storage* maupun *process vessel* agar tidak melebihi batas yang telah ditentukan.

2. *Temperature controller (TC)*

Instrument ini berfungsi untuk mengatur temperatur agar beroperasi pada temperatur konstan.

3. *Flow controller (FC)*

Instrument ini berfungsi untuk mengendalikan laju air fluida melalui perpipaan sehingga aliran yang masuk ke peralatan proses tetap konstan.

#### 4. *Pressure controller (PC)*

Instrument ini dipasang pada peralatan untuk mengatur tekanan agar beroperasi pada tekanan atmosferik.

#### 5. *pH controller (pHC)*

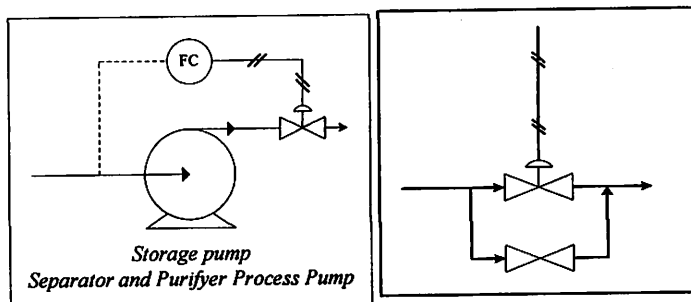
Instrument ini dipasang mengatur pH agar beroperasi pada pH proses.

Pemasangan alat kontrol pada masing-masing peralatan proses tertera di tabel 7.1.

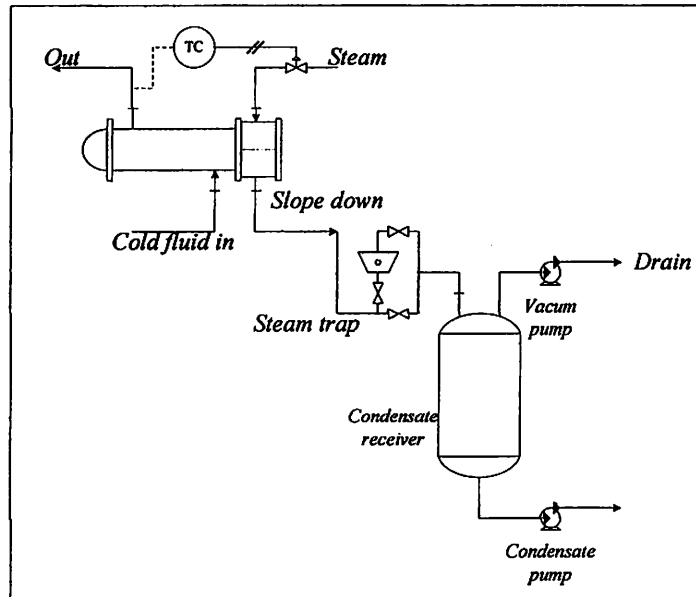
Gambar alur pengendalian sebagian tergambar dalam *flow sheet*.

Tabel 7.1. Pemasangan alat kontrol pada peralatan proses produksi

No.	Kode alat	Nama alat	Instrumen pengendali
1.	L	Pompa	FC
2.	R-111 R-112 R-120 R-130	Tangki bibit 1 Tangki bibit 2 Pre fermentor Fermentor	TC LC pHC
3.	E-113 E-121 E-131 E-151 E-152 E-153 E-154	Kondensor Reboiler	TC FC LC
4.	D-160	Adsorber	FC



Gambar 7.1. Pengendalian aliran pada pompa dan jalur *valve*



Gambar 7.2. Pengendalian aliran pada reboiler

## 7.2. Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja merupakan faktor yang perlu mendapatkan perhatian, sebab mengabaikan keselamatan kerja dapat mengakibatkan hal-hal yang tidak diinginkan, baik terhadap karyawan maupun peralatan yang digunakan. Keselamatan kerja yang terjamin secara psikologis dapat membuat para pekerja yang terlibat didalamnya merasa aman dan tenang serta lebih berkonsentrasi pada pekerjaan yang ditangani. Dengan demikian secara tidak langsung dalam pra rencana pabrik bioetanol ini, memanfaatkan sumber daya manusia guna tercapainya tujuan yang diharapkan. Usaha pemeliharaan keselamatan kerja dan keamanan pabrik semata-mata ditujukan kepada karyawan atau tenaga kerja saja, tetapi juga terhadap peralatan yang ada. Keselamatan kerja umumnya memiliki tujuan diantaranya:

- a. Memberikan batasan terhadap efisiensi kerja alat. Kerusakan alat dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja.
- b. Mengidentifikasi dan menanggulangi suatu bahaya yang terjadi.
- c. Mengontrol adanya bahaya saat proses dan mengendalikan variabel yang mempengaruhi proses.
- d. Mengontrol adanya bahaya untuk pengamanan. <sup>[16]</sup>

### 7.2.1. Pencegahan dan penanggulangan bahaya

Diharapkan peralatan yang ada dapat digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama. Usaha-usaha untuk mencegah atau mengurangi terjadinya bahaya-bahaya yang muncul dipabrik diantaranya:

#### 1. Bangunan pabrik

Bangunan pabrik meliputi gedung maupun unit peralatan, hal-hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

- Kontruksi bangunan pabrik mendapatkan perhatian yang cukup tinggi.
- Peralatan petunjuk untuk pengamanan terhadap bahaya yang alamiah seperti angin, petir dan sebagainya perlu diperhatikan kelengkapannya.

#### 2. Ventilasi

Pada ruang proses maupun ruang lainnya, pertukaran udara diusahakan dengan baik sehingga dapat memberikan kesegaran kepada karyawan serta dapat menghindari gangguan terhadap pernafasan. Dengan demikian dapat diharapkan efisiensi kerja meningkat.

#### 3. Alat-alat bergerak

Pada peralatan yang bergerak sebaiknya diberi tempat tertutup (batas) dan diberijarak yang cukup antara masing-masing peralatan sehingga mempermudah penanganannya dan perbaikannya ditinjau dari segi keamanannya.

#### 4. Perpipaan

Pada perpipaan dalam proses ini yang perlu diperhatikan, antara lain:

- Jalur proses yang terletak diatas permukaan tanah lebih baik daripada yang diletakkan dibawah tanah karena hal ini dapat menimbulkan bahaya apabila terjadi kebocoran dan sulit untuk mengetahui letak kebocoran.
- *Fire stop* dan *drain* harus dipasang pada jarak yang telah diatur.
- Pengaturan dari perpipaan dan *valve* penting untuk pengamanan operasi. Bila terjadi kebocoran pada *check valve* sebaiknya diatasi dengan pemasangan *block valve* disamping *check valve*.
- Sebelum pipa-pipa dipasang sebaiknya dilakukan tes hidrostatis yang bertujuan mencegah terjadinya stress yang berlebihan pada bagian-bagian tertentu atau pada bagian pondasi.

- Identifikasi jalur perpipaan:

- a. Pipa putih : untuk mengalirkan produk etanol
- b. Pipa merah : untuk mengalirkan air pemadam kebakaran
- c. Pipa cokelat : untuk mengalirkan molase
- d. Pipa biru : untuk mengalirkan air pendingin
- e. Pipa abu : untuk mengalirkan gas karbon dioksida dan steam
- f. *Colorless pipe* : untuk mengalirkan bahan penunjang, spentless, dan vinase

5. Karyawan

Para karyawan terutama para operator perlu diberi bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan keselamatan jiwanya maupun keselamatan orang lain.

6. Listrik

Pada saat pengoperasian alat atau perbaikan instalasi listrik hendaknya selalu menggunakan alat pengaman yang disediakan oleh pabrik. Dengan demikian dalam pengoperasiannya maupun pada saat perbaikan para pekerja dapat terjaga keselamatannya. Hal-hal yang perlu diperhatikan diantaranya:

- Peralatan-peralatan yang sangat penting seperti switcher dan transformator sebaiknya diletakkan ditempat yang aman atau tersendiri.
- Peralatan listrik dibawah tanah sebaiknya diberi tanda-tanda tertentu dengan jelas. Sebaiknya disediakan pembangkit tenaga (*power supply*) cadangan.

**7.2.2. Pencegahan dan penanggulangan bahaya kebakaran**

Penyebab kebakaran dapat berupa:

- Kemungkinan terjadinya kebakaran biasanya dari utilitas, laboratorium, unit proses.
- Terjadinya loncatan bunga api listrik pada saklar dan stop kontak serta instrumentasi yang lain.

Cara penanggulangan kebakaran:

a. Pencegahan kebakaran

- Menempatkan alat-alat utilitas yang cukup jauh dari *power plant*, tetapi praktis dari unit operasi.
- Bangunan seperti *workshop*, laboratorium, kantor sebaiknya diletakkan berdekatan dengan unit operasi.



- Bila terpaksa antara unit yang satu dengan unit yang lain dipisahkan dengan dinding beton agar dapat dihindarkan dari pengaruh kebakaran dari satu unit ke unit lainnya.
  - Dinding beton (*fire ball*) sebaiknya dibuat disekitar semua *storage tank* yang berisi bahan-bahan yang mudah terbakar.
  - Pemasangan isolasi pada seluruh kabel-kabel transmisi yang ada.
  - Penyediaan alat pemadam kebakaran disetiap bagian pabrik untuk mencegah sementara merembetnya kebakaran menjalar ke bagian yang lain.
  - Menyediakan unit operasi pemadam kebakaran yang dilengkapi dengan alat-alat penanggulangan kebakaran yang lengkap.
- b. Pengamanan dan pengontrol terhadap kebakaran
- Apabila terjadi kebakaran, api harus dilokalisir dan diusahakan dapat diketahui kemungkinan apa saja yang dapat terjadi dan bagaimana cara mengatasinya dan dengan segera menghubungi unit pemadam kebakaran setempat.

### 7.2.3. Pengamanan alat

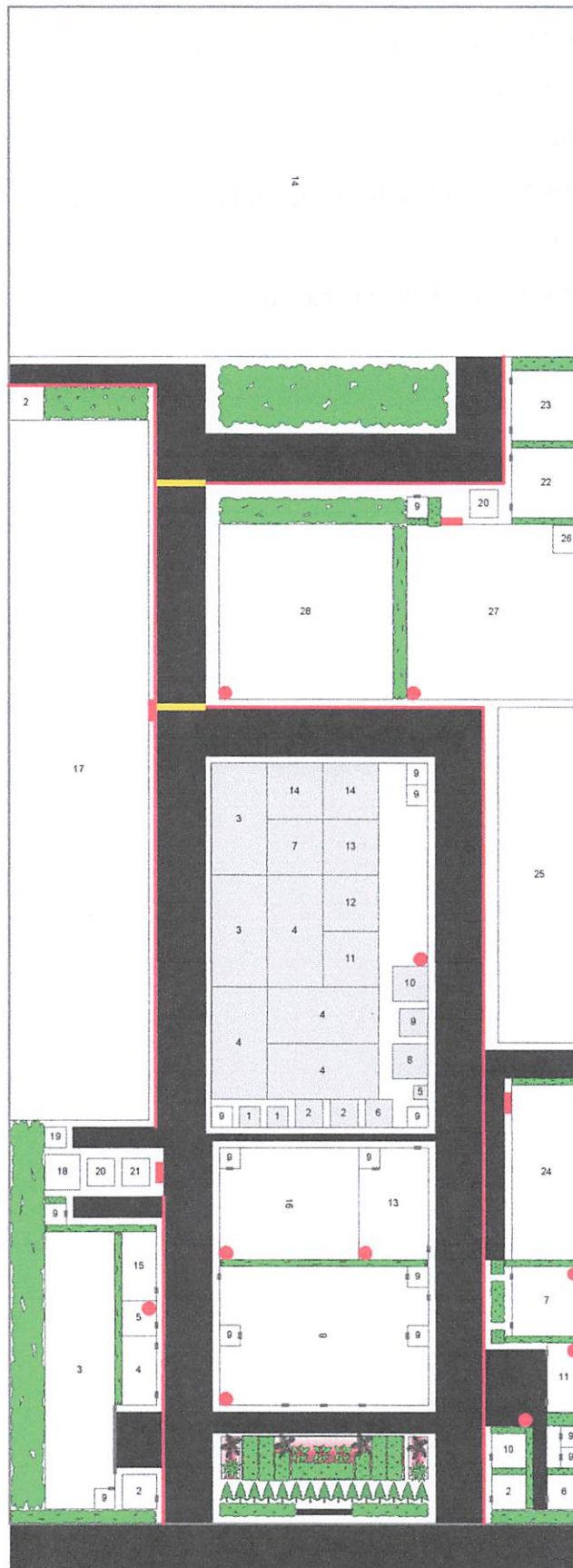
Untuk menghindari kerusakan alat seperti peledakan atau kebakaran maka pada alat-alat tertentu perlu dipasang suatu pengamanan seperti *safety valve*, isolasi dan pemadam kebakaran.

### 7.2.4. Keselamatan kerja karyawan







Para karyawan terutama para operator perlu diberi bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan jiwanya maupun orang lain. Dengan disiplin dan kesadaran khususnya operator maka dapat tercipta etos kerja yang tinggi dan aman, sehingga dapat mengurangi kecelakaan kerja bahkan harus diusahakan tanpa adanya kecelakaan kerja.

Tabel 7.2. Jenis alat pelindung yang harus digunakan

No.	Alat pelindung	Lokasi Penggunaan
1.	Helm	Gudang, bagian proses, storage, utilitas (Seluruh line pabrik)
2.	Masker	Gudang, bagian proses, storage, laboratorium, utilitas
3.	Sarung tangan tebal	Gudang, bagian proses, storage, utilitas
4.	Sepatu safety	Gudang, bagian proses, storage, utilitas
5.	Isolasi panas	Utilitas, boiler, heater
6.	Respirator	Bagian proses (terutama saat <i>maintanace</i> alat), storage bahan padat
7.	Sarung tangan plastik	Laboratorium
8.	Jas lab	Laboratorium
9.	Baju kedap asam	Storage asam sulfat
10.	Penutup telinga	Utilitas (terutama boiler dan kompresor), Unit proses (terutama separator)
11.	<i>Savety glasses</i>	Laboratorium




Gambar 7.3. Jalur evakuasi dan pemadam kebakaran



-  : Lokasi APRAR (Alat Pemadam Api Ringan)
-  : Pemadam kebakaran
-  : Penyebrangan
-  : Gerbang darurat (setiap gerbang memiliki pos penjaga)
-  : Jalur evakuasi
-  : Jalur pipa hydrant (pemadam kebakaran)



Di area *storage* bahan baku, terdapat bahan-bahan kimia yang dalam perlakuannya harus mengikuti aturan yang ada untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

Tabel 7.3. Identifikasi bahaya dan pertolongan pertama terhadap bahan

Bahan	Identifikasi	Bahaya kesehatan	Tindakan pertolongan pertama								
Amonium Fosfat	 <table border="1" data-bbox="566 505 727 662"> <tr> <td>Health</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Fire</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Reactivity</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Personal Protection</td> <td>E</td> </tr> </table>	Health	1	Fire	0	Reactivity	0	Personal Protection	E	Sedikit berbahaya dalam kasus kontak mata (iritasi), kontak kulit (iritasi), tertelan, dan terhirup.	<p><b>Kontak mata:</b> Periksa dan lepaskan lensa kontak. Segera basuh mata dengan banyak air selama minimal 15 menit. Air dingin dapat digunakan. Dapatkan perawatan medis dengan segera.</p> <p><b>Kontak kulit:</b> Segera siram kulit dengan banyak air. Gunakan air dingin. Tutupi kulit yang teriritasi dengan anti bakteri. Pastikan pakaian dan sepatu benar - benar bersih sebelum digunakan kembali. Dapatkan perawatan medis.</p> <p><b>Terhirup:</b> Jika terhirup, pindahkan ke tempat dengan udara segar. Jika tidak bernapas, berikan pernapasan buatan. Jika sulit bernapas, berikan oksigen.</p> <p><b>Tertelan:</b> Jangan dipaksa untuk muntah kecuali diarahkan untuk melakukannya oleh tenaga medis. Dilarang memberikan apapun melalui mulut kepada orang tidak sadar. Jika sejumlah besar bahan ini tertelan, teleponlah dokter dengan segera. Kendurkan pakaian ketat seperti kerah, dasi, ikat pinggang atau ikat pinggang.</p>
Health	1										
Fire	0										
Reactivity	0										
Personal Protection	E										

Asam sulfat		<p>Dapat menyebabkan iritasi dan luka bakar. Berbahaya jika teroles. Hindari uap ataupun asapnya. Gunakan dlm ruangan berventilasi. Hindari kontak dgn mata, kulit atau baju. Cuci tangan dengan bersih setelah kontak kulit dan simpan rapat-rapat.</p>	<p><b>Kontak kulit:</b> Bila terjadi kontak, segera basuh kulit dengan air paling sedikit 15 menit saat membersihkan pakaian dan sepatu yang terkontaminasi. Bersihkan secara menyeluruh pakaian dan sepatu sebelum digunakan lagi.</p> <p><b>Kontak mata:</b> Basuh mata dg air selama paling sedikit 15 menit, bukatutup pelupuk mata beberapa kali. Cari pertolongan medis.</p> <p><b>Pernapasan:</b> Segera cari udara segar. Jika tidak bisa bernapas, berikan pernapasan buatan, jika masih sulit bernapas, berikan oksigen.</p> <p><b>Tertelan:</b> Berikan beberapa gelas susu atau air. Akan terjadi beberapa kali muntah, jangan memasukkan apapun kedalam mulut orang yang tidak sadar.</p>
Urea		<p>Berbahaya dalam kasus kontak mata (iritasi), kontak kulit (iritasi), tertelan, dan terhirup.</p>	<p><b>Kontak Mata:</b> Periksa dan lepaskan lensa kontak. Dalam kasus kontak, segera basuh mata dengan banyak air selama minimal 15 menit. Air dingin dapat digunakan. Dapatkan perawatan medis.</p> <p><b>Kontak Kulit:</b> Segera siram kulit dengan banyak air. Tutupi kulit yang teriritasi dengan yg anti bakteri</p> <p><b>Kulit Serius:</b> Cuci dengan sabun desinfektan dan tutupi kulit terkontaminasi dengan krim anti-bakteri. Cari bantuan medis.</p> <p><b>Terhirup:</b> Jika terhirup, pindahkan ke udara segar. Jika tidak bernapas, berikan pernapasan buatan. Jika sulit bernapas, berikan oksigen.</p>

			<p><b>Tertelan:</b>          Jangan dipaksa untuk muntah kecuali diarahkan untuk melakukannya oleh tenaga medis. Dilarang memberikan apapun melalui mulut kepada orang tidak sadar. Jika sejumlah besar bahan ini tertelan, teleponlah dokter dengan segera. Kendurkan pakaian ketat seperti kerah, dasi, ikat pinggang atau ikat pinggang.</p>
Etanol		<p>Berbahaya dalam kasus kontak mata (iritasi), kontak kulit (iritasi), tertelan, dan terhirup.</p>	<p><b>Kontak Mata:</b>          Periksa dan lepaskan lensa kontak. Dalam kasus kontak, segera basuh mata dengan banyak air selama minimal 15 menit. Air dingin dapat digunakan. Dapatkan perawatan medis.</p> <p><b>Kontak Kulit:</b>          Segera siram kulit dengan banyak air. Tutupi kulit yang teriritasi dengan yg anti bakteri</p> <p><b>Kulit Serius:</b>          Cuci dengan sabun desinfektan dan tutupi kulit terkontaminasi dengan krim anti-bakteri. Cari bantuan medis.</p> <p><b>Terhirup:</b>          Jika terhirup, pindahkan ke udara segar. Jika tidak bernapas, berikan pernapasan buatan. Jika sulit bernapas, berikan oksigen.</p> <p><b>Tertelan:</b>          Jangan dipaksa untuk muntah kecuali diarahkan untuk melakukannya oleh tenaga medis. Dilarang memberikan apapun melalui mulut kepada orang tidak sadar. Jika sejumlah besar bahan ini tertelan, teleponlah dokter dengan segera. Kendurkan pakaian ketat seperti kerah, dasi, ikat pinggang atau ikat pinggang.</p>

Tabel 7.4. Penyimpanan bahan-bahan kimia

Bahan	Penyimpanan	Perlindungan pribadi
Amonium Fosfat	Simpan wadah tertutup rapat. Simpan wadah di tempat yang sejuk, berventilasi baik.	Jangan menghirup debu. Jauhkan dari incompatibles seperti oksidator, mengurangi agen, asam, alkali. Gunakan kacamata pengaman, baju savety, respirator, dan sarung tangan. Pastikan untuk menggunakan / respirator atau setara bersertifikat disetujui.
Asam sulfat	Simpan di tempat yang dingin, kering, dan mempunyai ventilasi yang baik. Letakkan jauh dimaterial yang tidak cocok. Jangan lupa mencucitangan setelah memegang.	Gunakan pakaian yang tepat untuk melindungi kulit. Gunakan masker, sarung tangan, dan kaca mata savety.
Urea	Simpan wadah tertutup rapat. Simpan wadah di tempat yang sejuk, berventilasi baik. Jangan simpan di atas 23 ° C (73,4 °F)	Gunakan kacamata pengaman, baju savety, respirator, dan sarung tangan. Pastikan untuk menggunakan / respirator atau setara bersertifikat disetujui.
Etanol	Simpan di tempat terpisah dan disetujui. Simpan dalam wadah tertutup rapat dan tersegel sampai siap untuk digunakan. Hindari semua sumber yang memungkinkan penyulutan (percikan api atau nyala api). Jangan simpan di atas 23 ° C (73,4 ° F).	Gunakan kacamata pengaman, baju savety, respirator, dan sarung tangan.



## BAB VIII

### UTILITAS

#### 8.1. Unit Penyediaan Air

##### 8.1.1. Sistem air pendingin

Kebutuhan air pendingin di pabrik yang akan dibangun adalah untuk pendingin pada tangki fermentor dan untuk pendingin dalam kondensor-kondensor yang digunakan pada sistem distilasi. Kebutuhan air pendingin mencapai 137.000 L/jam. Air pendingin berasal dari air sumur. Air pendingin ini disirkulasi dan dibutuhkan *make up water*. Air pendingin ini tidak di-*treatment* terlebih dahulu untuk mencegah terjadinya korosi. Masalah utama air pendingin adalah terbentuknya *slime*. Oleh karena itu, digunakan senyawa *biocide* untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme atau bahkan membunuh mikroorganisme. Digunakan 2 senyawa *biocide*, yaitu *oxidizing biocide* dan *non-oxidizing biocide*. *Oxidizing biocide* berfungsi untuk membunuh mikroorganisme secara langsung dan hanya diberikan 1 minggu sekali sebanyak 2 kg sedangkan *non-oxidizing biocide* berfungsi untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan diberikan 2 hari sekali sebanyak 0,5 kg.

Setelah digunakan untuk fluida pendingin dalam beberapa jenis alat penukar panas yang digunakan di bidang produksi, air pendingin perlu diregenerasi. Penurunan temperatur air pendingin ini dilakukan dengan menggunakan 2 unit *spray pond*.

*Spray pond* merupakan kolam besar yang terdiri dari banyak pipa dengan banyak *nozzle* untuk menyemburkan air sehingga terjadi pendinginan. Pendinginan di kolam ini juga dibantu oleh angin yang berhembus. Biaya penggunaan *spray pond* lebih murah bila dibandingkan penggunaan *cooling tower* karena hanya menggunakan pompa dan *nozzle*. Temperatur air pendingin ini diharapkan berkisar antara 27-29 °C. <sup>[29][23]</sup>

##### 8.1.2. Sistem penyedia air umpan boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku yang berfungsi sebagai media pemanas, kebutuhannya mencapai 3500 L/jam. Air umpan boiler yang disediakan dengan excess 20% sebagai pengganti *steam* yang hilang yang diperkirakan adanya kebocoran akibat transmisi 20%. Air untuk keperluan ini harus memenuhi syarat-syarat agar air yang digunakan tidak merusak boiler. Syarat-syaratnya antara lain:

- Tampak = jernih
- Karbon dioksida = sangat kecil
- Silika = 0,02 ppm
- Besi = 0,02 ppm
- Tembaga = 0,5 ppm
- Oksigen = 0,02 mg/L
- Kesadahan = sangat kecil
- Minyak = 0,5 ppm

Selain itu memenuhi persyaratan diatas, air umpan boiler harus bebas dari:

- Zat-zat yang menyebabkan korosi, yaitu gas-gas terlarut seperti O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub>.
- Zat-zat yang menyebabkan busa, yaitu zat organik, anorganik dan zat-zat tak larut dalam jumlah yang besar.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan mencegah kerusakan pada boiler, sebelum digunakan sebagai air umpan boiler harus diolah lagi terlebih dahulu melalui:

- Demineralisasi, untuk menghilangkan ion-ion pengganggu.
- Deaerator, untuk menghilangkan gas-gas terlarut. <sup>[29][23]</sup>

### 8.1.3. Sistem penyedia air sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, taman, dan kebutuhan air lainnya. Kebutuhannya sebesar 1900 L/jam. Air sanitasi yang dipergunakan harus memenuhi syarat kualitas sebagai berikut:

#### a. Syarat Fisik

- Berada di bawah suhu udara
- Tidak berwarna
- Tidak berasa
- Tidak berbau
- pH netral
- Tidak berbusa

#### b. Syarat kimia

- Tidak mengandung logam berat seperti Pb, As, Cr, Cd, Hg
- Tidak mengandung zat-zat kimia beracun

#### c. Syarat mikrobiologis

- Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri patogen. <sup>[29][23]</sup>

## 8.2. Unit Penyediaan *Steam*

Bahan baku pembuatan *steam* adalah air umpan boiler. *Steam* yang dibutuhkan dalam proses ini mempunyai kondisi:

- Tekanan = 476 kPa
- Temperatur = 150 °C

Zat-zat yang terkandung dalam umpan boiler yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler adalah:

- Kadar zat terlarut (*soluble matter*) yang tinggi
- Zat padat terlarut (*suspended solid*)
- Garam-garam kalsium dan magnesium
- Zat organik (*organic matter*)
- Silika, sulfat, asam bebas dan oksida

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler:

### a. Tidak boleh membuih (berbusa)

Busa disebabkan oleh adanya *solid matter*, *suspended matter* dan kebasaaan yang tinggi.

Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa:

- Kesulitan pembacaan tinggi liquid dalam boiler
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat yang mengakibatkan adanya solid - solid yang menempel sehingga mengakibatkan terjadinya korosi

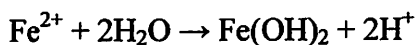
### b. Tidak boleh membentuk kerak dalam boiler

Kerak dalam boiler dapat menyebabkan:

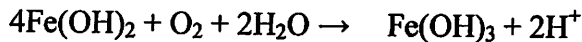
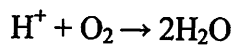
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat
- Kerak yang terbentuk dapat sewaktu-waktu pecah sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat

### c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

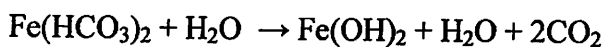
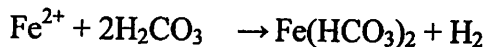
- Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik, serta gas-gas H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan pipa yaitu:



Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi:



Adanya bikarbonat dalam air akan membentuk  $CO_2$ , karena pemanasan dan adanya tekanan,  $CO_2$  yang terjadi akan bereaksi dengan air membentuk asam karbonat. Asam karbonat tersebut akan bereaksi dengan garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan, garam bikarbonat ini akan membentuk  $CO_2$  lagi.



### 8.3. Unit Pengolahan Air

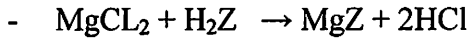
Air tanah digunakan untuk memenuhi kebutuhan air proses, air sanitasi, air pendingin, dan air umpan boiler.

Air dipompa (L-212) menuju *utility water tank* (F-213) sebagai *buffer stock* kebutuhan. Setelah itu air dipompa (L-214) menuju tangki *clarifier* (M-210) untuk ditambah alum sehingga terjadi flokulasi. Air tersebut dipompa (L-215) menuju sand filter (H-216) untuk menghilangkan bau dan warnanya, kemudian ditampung di *clean water tank* (F-217). Air pada bak air bersih siap untuk diolah lagi sesuai dengan fungsinya masing-masing yaitu:

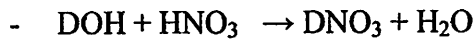
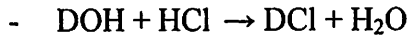
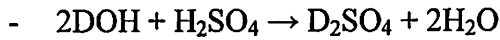
#### a. Pengolahan air umpan boiler

Pelunakan air dilakukan dengan proses pertukaran ion dalam demineralizer yang terdiri dari dua tangki yaitu tangki kation exchanger (D-240A) dan tangki kation exchanger (D-240B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin zeolit (Hidrogen exchanger) dan anion exchanger yang digunakan adalah de-acidite (DOH). Air dari bak penampung air bersih akan dialirkan dengan pompa (L-218) menuju tangki kation exchanger sehingga terjadi reaksi :

- $Ca(HCO_3)_2 + H_2Z \rightarrow CaZ + 2CO_2 + 2H_2O$
- $2NaHCO_3 + H_2Z \rightarrow Na_2Z + 2CO_2 + 2H_2O$
- $Mg(HCO_3)_2 + H_2Z \rightarrow MgZ + 2CO_2 + 2H_2O$
- $CaSO_4 + H_2Z \rightarrow CaZ + H_2SO_4$
- $Na_2SO_4 + H_2Z \rightarrow NaZ + H_2SO_4$
- $MgSO_4 + H_2Z \rightarrow MgZ + H_2SO_4$
- $CaCl_2 + H_2Z \rightarrow CaZ + 2HCl$
- $2NaCl + H_2Z \rightarrow NaZ + 2HCl$



Ion-ion bikarbonat, sulfat, dan klor akan diikat oleh ion Z membentuk  $\text{CO}_2$  dan air,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan  $\text{HCl}$ . Selanjutnya air ini dialirkan ke tangki anion exchanger untuk menghilangkan anion-anion yang tidak dikehendaki dengan reaksi:



Jadi keluaran dari tangki demineralizer adalah garam-garam kalsium, natrium, dan magnesium terikat oleh ion kation exchanger dalam bentuk  $\text{CaZ}$ ,  $\text{NaZ}$ , dan  $\text{MgZ}$ . Sedangkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$  akan terikat oleh anion exchanger dalam bentuk  $\text{D}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{DCl}$ ,  $\text{DNO}_3$ . sehingga setelah keluar dari demineralizer tersebut air telah terbebas dari ion-ion pengganggu. Keluar dari tangki demineralizer air dialirkan pada bak air lunak (F-241). Air lunak ini digunakan sebagai air umpan boiler, yaitu dipompa (L-242A) ke dalam tangki deaerator (D-243) untuk menghilangkan gas-gas impurities pada air umpan boiler dengan pemanasan *steam*. Setelah itu air dipompa (L-244) ke dalam boiler (Q-245) untuk dirubah menjadi *steam*. *Steam* yang terbentuk dialirkan ke peralatan, dan kondensat yang dihasilkan direcycle ke dalam bak air lunak.

#### b. Pengolahan air pendingin

Air dari bak air bersih (F-217) dipompa (L-218) menuju *spray pond* (A-231). Keluar *spray pond* air dipompa menuju peralatan dengan pompa (L-231) dan air sisa pendingin didinginkan kembali pada *spray pond*.

#### c. Pengolahan air sanitasi

Air dari bak air bersih dipompa (L-217) menuju bak klorinasi (F-220) dan ditambahkan desinfektan  $\text{Cl}_2$  sebanyak 1 ppm. Dari bak klorinasi tersebut dipompa (L-221) dan digunakan sebagai air sanitasi.

#### d. Air proses

Air proses diambil dari bak (F-241) dan kemudian dipompa (L-242B) dan dialirkan sebagai air proses. Jumlah kebutuhan air proses adalah 34000 L/jam. <sup>[29][23]</sup>

### 8.4. Kompresor

Kebutuhan udara tekan disediakan oleh 3 unit kompresor. Udara tekan digunakan untuk menggerakkan *control valve* yang merupakan unit pengendali akhir dari sistem pengendalian proses, khususnya di unit distilasi. Kompresor yang digunakan merupakan

jenis *screw compressor*. Tiap unit kompresor ini memiliki kapasitas udara 3,5 m<sup>3</sup>/ jam dengan tekanan 7 bar dan membutuhkan daya 22 kW. Dari tiga unit kompresor yang disediakan, hanya dua unit kompresor yang digunakan dan satu sebagai cadangan. Satu unit kompresor dijalankan tanpa henti sedangkan kompresor satunya dijalankan secara otomatis sesuai dengan kebutuhan udara tekan. Umpan udara yang masuk kompresor ini terlebih dahulu dikeringkan dalam unit *dryer* (desikan). Semua jalur *valve* otomatis memiliki *by-pass* untuk menjaga kemungkinan terjadinya kerusakan pada instrument kontrol sehingga *valve* bisa dibuka secara manual. <sup>[30]</sup>

### 8.5. Power Station

Untuk mengantisipasi terjadinya penurunan daya listrik dan pemadaman listrik dari pihak PLN, digunakan dua unit generator. Generator berbahan bakar biosolar dan memiliki daya 202 KVA. Apabila terjadi pemadaman listrik dari pihak PLN, generator akan otomatis bekerja dalam selang waktu 3-5 menit setelah terjadinya pemadaman listrik.

### 8.6. Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan dapat dibagi berdasarkan warna pipa dan jenis fluida yang dialirkannya sebagai berikut:

- a. Pipa putih : untuk mengalirkan produk etanol
- b. Pipa merah : untuk mengalirkan air pemadam kebakaran
- c. Pipa coklat : untuk mengalirkan molase
- d. Pipa biru : untuk mengalirkan air pendingin
- e. Pipa abu : untuk mengalirkan gas karbon dioksida dan *steam*
- f. *Colorless pipe*: untuk mengalirkan bahan penunjang, *spentless*, dan vinase

## 8.7. Perawatan

### 8.7.1. Mekanik statis

Beberapa pekerjaan yang termasuk tanggung jawab dari seksi mekanik statis adalah sebagai berikut:

- a) *Welding*
- b) Pemasangan dan perawatan pipa
- c) *Workshop*
- d) Fabrikasi suku cadang
- e) Perawatan tangki

### 8.7.2. Mekanik *rotary*

Beberapa pekerjaan yang termasuk tanggung jawab dari seksi mekanik *rotary* adalah sebagai berikut:

- a) Perawatan pompa, kompresor, dan *blower*
- b) Perawatan boiler
- c) Perawatan *conveyor*

### 8.7.3. Mekanik listrik dan instrumentasi

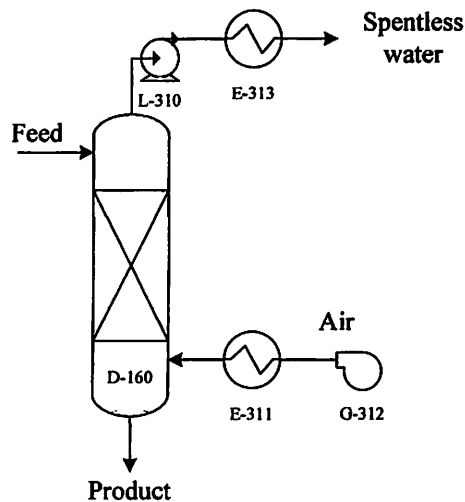
Beberapa pekerjaan yang termasuk tanggung jawab dari seksi mekanik listrik dan instrumentasi adalah sebagai berikut:

- a) Perawatan instalasi listrik
- b) Pemasangan indikator untuk pengendalian proses
- c) Pemasangan dan kalibrasi *control valve*

## 8.8. Unit Regenerasi Adsorber

Etanol dapat dihidrasi baik dalam fase gas ataupun cair. Fase cair membutuhkan regenerasi *thermal swing*. Unit *thermal swing* cair umumnya terdiri dari dua *bed*, satu *bed* melakukan adsorpsi dan lainnya melakukan regenerasi. Satu *bed* mengadsorb aliran hingga 8 jam, sementara *bed* satunya dikosongkan cairannya, dipanaskan dan didinginkan, kemudian diisi kembali. Waktu regenerasi adalah 5 jam. Dalam 1 hari, dilakukan 2 kali adsorpsi dan 2 kali regenerasi. 4 jam digunakan untuk pemaparan udara panas, dan 1 jam untuk pendinginan kolom. Udara disuplai dengan blower (G-312), udara dilewatkan dengan *heat exchanger* (E-311) dengan media pemanas *steam* dan media pendingin

cooling *water*. Air dalam kolom akan berubah fasa menjadi gas, kemudian dihisap dengan pompa vakum (L-310) yang kemudian didinginkan dengan kondensor (E-313).



### 8.8.1. Detail bola-nola penyangga dan layout kolom adsorber

Direkomendasikan bahwa ketika adsorben dimasukkan ke dalam kolom, sebaiknya adsorben tersebut disangga dengan benar di bagian atas dan bawah dengan menggunakan lapisan bola-bola inert yang bertumpukan. Bola-bola tersebut umumnya terbuat dari bahan alumina atau keramik, dan terdiri dari lapisan-lapisan bola yang bertumpukan dengan diameter yang berbeda-beda di bawah *bed*, bersamaan dengan lapisan bola-bola inert paling atas di atas *bed*. Bola-bola inert hanya membutuhkan sedikit investasi tambahan dalam bentuk tunai.

#### A. Bagian bawah *bed*

Sistem penyangga bagian bawah *bed* umumnya dikembangkan dari basis kisi besi. Bagian atas dari sistem penyangga bawah *bed* adalah lapisan kain kawat (ayakan) yang bertumpuk dengan ukuran lubang ayakan (mesh) yang dapat dilewati turun ke bawah adalah sekitar 1 mm (15-20 mesh). Kawat mesh ini umumnya dipotong hingga diameter sekitar 25 mm lebih kecil dari diameter kolom yang memungkinkan adanya pergerakan panas. Celah yang terbentuk biasanya diisi dengan dempul asbestos (*asbestos caulk*). Di atas mesh ini diletakkan bola-bola inert hingga ketinggian paling tidak 15 mm. Bola-bola inert ini umumnya terdiri dari dua lapisan yang dimulai dengan bola-bola ukuran 13 mm (1/2 inchi) pada bagian bawah. Di atas lapisan ini segera diletakkan suatu lapisan yang terdiri dari bola-bola ukuran 6 mm (1/4 inchi), berdasarkan pada prinsip bahwa diameter partikel harus setengahnya bila dilewati cairan yang mengalir ke atas melalui tiap lapisan berturut-turut, hingga tercapai diameter sebesar kira-kira dua kali



dari ukuran *bead* aktif. Tiap lapisan paling tidak harus setinggi 75 mm, sehingga dua lapisan paling tidak setinggi 150 mm. *Molecular sieve* selanjutnya diletakkan diatas *bed* bola-bola inert ini.

#### B. Bagian atas *bed*

Direkomendasikan agar suatu lapisan yang paling tidak setinggi 100 mm dengan ukuran bola 13 mm atau ½ inchi ditambahkan pada bagian paling atas kolom. Ukuran bukan suatu hal yang kritis, gagasannya adalah menambahkan massa atau berat diatas *bed* untuk menjaga agar *bed* tetap terapung dan mencegah fluidisasi dan erosi dalam *bed*. Lapisan ini biasanya dipisahkan dari bagian utama *bed* dengan suatu ayakan atau kasa kawat yang terapung. Direkomendasikan juga agar harus ada suatu jarak plenum paling tidak sebesar 90 cm di bawah *nozzle* input. *Nozzle* masuk idealnya harus menggabungkan tipe distributor yang tepat. Bila hal ini tidak praktis, maka lapisan bola-bola inert bagian paling atas harus ditambah hingga 150 mm. Tanpa lapisan bola-bola paling atas ini, permukaan *molecular sieve* dapat membentuk pusaran menghasilkan efek bukti pasir seperti yang ditunjukkan dalam gambar terlampir. Hal ini pada gilirannya akan memberikan pengaruh yang merugikan terhadap kinerja *bed* adsorben.

#### C. Latar belakang teknis

Ada beberapa alasan teknis atas penempatan bola-bola penyangga, dan poin-poin yang utama disebutkan di bawah ini:

##### 1. Mencegah kebocoran adsorben melalui bagian bawah *bed*

Sistem penyangga *bed* biasanya dirancang untuk menahan suatu gaya paling tidak sebesar 3,5 kp per cm<sup>2</sup> (50 psi). Ini merupakan suatu gaya maksimum yang dapat terbentuk dalam bagian bawah *bed* sebagai akibat dari ekspansi differensial dari *bead* dan besi di bawah pengaruh dari gradien suhu sebesar kira-kira 225 °C yang mungkin terjadi selama periode pemanasan regenerasi. Dengan mengunci *bed* seperti diatas maka pelengkungan dan kebocoran ini dapat dicegah.

##### 2. Mencegah Kerusakan dan pengikisan adsorben menjadi bubuk

Karena adsorben mempunyai koefisien ekspansi yang berbeda dengan besi badan tangki, maka hal ini dapat mengakibatkan gerakan lokal dan menimbulkan abrasi pada adsorben terhadap struktur besi yang tidak bergerak. Tambahan bila bola inert diantara ayakan dengan *bed* adsorben sebenarnya menghilangkan gerakan ini dan juga memberikan suatu cara sederhana dalam mendistribusikan aliran dan mencegah erosi sebagai akibat aliran yang secara langsung mengenai permukaan adsorben.

3. Mencegah Tekanan yang terbentuk sebagai akibat dari bersarangnya adsorben  
 Bila manik (*bead*) yang kecil-kecil ditaburkan ke bola-bola penyangga yang berdiameter jauh lebih besar, maka bead mungkin bersarang diantara bola-bola penyangga. Hal ini menyumbat celah bebas antar bola dan mengakibatkan meningkatkan *pressure drop*. Untuk menghindari hal ini maka ditetapkan suatu nilai maksimum dua kali lipat dari diameter *bead* antara lapisan bola-bola inert berturut-turut.
4. Regenerasi distribusi gas  
*Rate* aliran gas regenerasi mungkin serendah sebesar 5% dari aliran *feed*. Dalam kasus seperti ini aliran mungkin mendekati kondisi aliran laminar, dan menimbulkan *channelling* dan biasanya menimbulkan distribusi aliran yang buruk. Bahkan sejumlah kecil adsorben yang diregenerasi dengan tidak benar mungkin secara dratis mempengaruhi titik embun dari aliran produk pada siklus adsorpsi selanjutnya.
5. Distribusi aliran  
 Bola-bola penyangga memberikan suatu pertahanan pada aliran untuk meminimalkan distribusi aliran parabolik dalam lapisan pembatas dan bahkan di luar aliran diseborang diameter *bed*. Dalam kasus yang ekstrem, suatu lapisan kecil yang terdiri bola-bola inert kecil dapat digunakan untuk mendistribusikan aliran gas inlet.  
 Untuk mempertahankan resin turbulente dalam *bed*, harus dipertahankan *pressure drop* minimum sebesar 2,3 mbar per meter (0,01 psi/ft)  
 Bola-bola penyangga inert biasanya memiliki berat jenis sekitar 1500 kg/m<sup>3</sup> (90 lb/ft<sup>3</sup>) dibandingkan nilai sekitar 750 kg/m<sup>3</sup> untuk *molecular sieve*.

### 8.8.2. Pengisian

*Bed* akan terisi penuh dengan *bead* dengan satu range ukuran. Berikut adalah detail mengenai prosedur pengisian.

#### A. Pemeriksaan tangki

Sebelum memasukkan *molecular sieve*, disarankan agar bagian dalam tangki juga diperiksa, khususnya selama pengisian kembali tangki yang sudah ada. Pemeriksaan berikut ini dapat mencegah terjadinya masalah-masalah besar selama operasi.

- Pastikan bahwa *support grid* telah terpasang dengan benar pada bagian dasar tangki.
- Periksa dempulan (*caulking*) antara ayakan dan dinding tangki.

- Pastikan bahwa ayakan diatas *support grid* bebas dari partikel-partikel *molecular sieve*, bahan penyangga dan debu yang melekat.
- Perhatikan kondisi keran pengambilan contoh, *thermal well*, dll.
- Bila mungkin, periksa kalibrasi *plant hygrometer probe*.
- Bila tangki diisolasi di bagian dalamnya, periksa permukaannya apakah ada kerusakan.

#### B. Pengisian bahan penyangga bagian dasar

Adalah hal yang normal, mengisikan bola-bola inert membentuk lapisan setinggi 15 cm (6 inchi) pada bagian dasar adsorber untuk mencegah ayakan bagian bawah tidak tersumbat, dan untuk mencegah *molecular sieve* melewati ayakan ini. Hal ini dapat dilakukan dengan mengisikan melalui lubang manusia (*manway*) di bagian bawah menara.

CATATAN: Bola-bola keramik seharusnya tidak boleh jatuh bebas dari atas menara karena dapat pecah bila menghantam ayakan bagian bawah menara. Hal ini dapat merusak ayakan, dan juga dapat menimbulkan pressure drop yang berlebihan selama operasi. *Molecular sieve* tidak boleh jatuh bebas lebih dari sekitar 10 meter.

#### C. Pengisian *sieve*

Ada dua dasar pengisian *molecular sieve*, bergantung pada kemasannya.

- Bila *molecular sieve* dikirim dalam drum maka bahan tersebut dapat diisikan dengan cara menaikkan tiap drum ke bagian atas menara dan menuangkannya. Alternatifnya, beberapa drum dinaikkan ke dalam *hopper*, yang kemudian dinaikan ke bagian atas menara dan satu persatu dikeluarkan isinya.
- Bila *molecular sieve* dikirimkan dalam kantong besar, maka tiap-tiap kantong besar dapat dinaikkan ke atas menara. Bagian bawah kantong kemudian disobek dan *molecular sieve* dapat jatuh ke dalam saluran pengisian dan masuk ke dalam tangki.

CATATAN 1: perlu diingat bahwa bagian dalam kantong tidak melekat pada bagian luar kantong, dan berat *molecular sieve* kemungkinan dapat menarik penutup (*liner*) bagian dalam, dan menjatuhkannya ke dalam menara bila tidak diamankan seperti petunjuk diatas. Jika hal ini terjadi, anda harus mencari dan menemukan kembali kantong plastik tersebut dari dalam menara.

CATATAN 2: Adsorben yang sangat kering kemungkinan dapat membentuk listrik statis yang tinggi saat pengisian. Karena itu pada daerah-daerah yang tahan api, kantong adsorben harus dihubungkan dengan tanah.

Setelah semua *molecular sieve* diisikan ke dalam tangki, permukaannya harus diratakan, dan ayakan terapung yang terbuat dari *stainless steel* dengan ukuran kira-kira 20 mesh diletakkan diatas adsorben karena bila bola keramik lebih berat dibandingkan *molecular sieve*, dan akan jatuh ke dalam *bed* adsorben bila tidak dipisahkan.

### 8.8.3. Tindakan khusus

Dalam beberapa aplikasi, kinerja *molecular sieve* sangat sensitif terhadap kandungan uap air dari *molecular sieve*. Dalam kasus-kasus seperti itu, langkah-langkah perlindungan terhadap kontaminasi harus diambil, dan mungkin lebih diperlukan mengelontor kolom yang akan diisi menggunakan udara kering. *Molecular sieve* perlu dilindungi dari kontaminasi baik dari penyerapan uap air dalam udara atmosfer, ataupun dari kontaminan udara lokal lainnya. Drum harus dijaga agar tertutup rapat hingga sesaat sebelum pengisian. Setelah langkah pengisian selesai yang mana harus dilakukan secepat mungkin, kolom harus ditutup dan bila perlu digelontor dengan gas inert kering yang sesuai.

### 8.8.4. Pengisian bahan penyangga bagian atas

Umumnya bola-bola penyangga diisikan pada bagian atas *bed molecular sieve* sehingga membentuk lapisan setebal 12 cm (6 inchi). Lapisan ini berfungsi menekan *bed* kebawah selama operasi aliran ke atas, dan mencegah gesekan yang merusak dari aliran gas terhadap *molecular sieve* selama operasi aliran ke bawah. Lapisan tersebut juga berfungsi sebagai distributor gas yang melalui *molecular sieve*.

Pengisian lapisan bola-bola inert ini harus dilakukan dengan menggunakan ember kecil, atau dengan cara menaikkan tiap drum ke bagian atas menara. Bola-bola tersebut harus diratakan di atas bidang permukaan ayakan.

### 8.8.5. Start-up

Sebelum memulai start-up, hal-hal berikut ini harus dipersiapkan dan siap untuk beroperasi:

- Tangki dan perpipaan harus bersih, tekanan harus dites dan siap untuk beroperasi;
- Semua bagian-bagian pabrik yang bergerak atau berputar harus dicek dan dipersiapkan;
- Pabrik harus dicek untuk memastikan semua benda-benda kosong atau asing termasuk alat-alat untuk konstruksi telah disingkirkan;
- Perpipaan dan tangki disambungkan sesuai dengan gambar proses;
- Berbagai macam aliran proses siap untuk digunakan;

- Instrumentalis dan semua alat pengganti (*sequencer*) otomatis telah dipersiapkan (khususnya indikator kelembaban);
- Utilitas yang dibutuhkan untuk regenerasi telah dipersiapkan;
- Tangki dan perpipaian telah siap sesuai kebutuhan.

#### 8.8.6. Regenerasi awal

Disarankan agar regenerasi awal dilakukan dengan aliran gas yang digunakan dalam standar menjalankan pabrik. Bagaimanapun juga bila gas ini tidak tersedia maka aliran nitrogen atau aliran gas kering (tanpa hidrokarbon *unsaturated*) dapat digunakan sebagai gantinya.

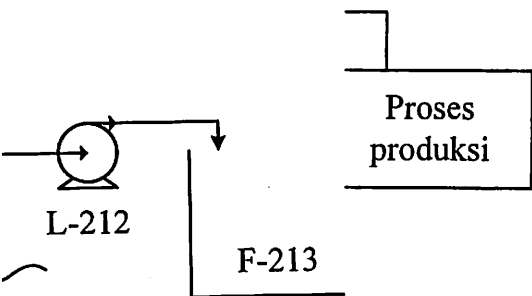
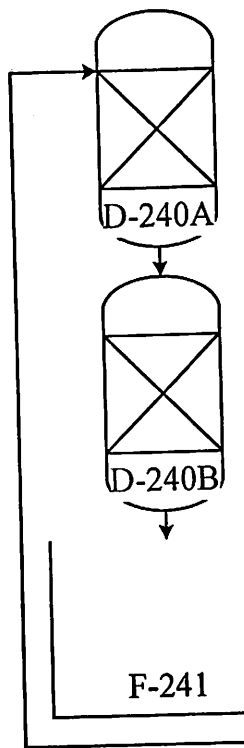
Catatan:

- Nitrogen kering merupakan gas yang lebih dipilih dan mungkin sudah disambungkan alirannya bila tangki harus membuang udara selama *commissioning*.
- *Rate* aliran mungkin perlu diatur untuk memungkinkan adanya perbedaan panas jenis (*specific heat*) dari aliran yang dirancang, tetapi *rate* aliran gas penuh yang telah dirancang harus digunakan untuk memastikan bahwa tidak terjadi *channelling* aliran gas yang melewati *bed*.
- Regenerasi dalam kondisi pabrik biasanya dilakukan pada tekanan 25 atau 30 bar atau kurang. Bila gas digunakan pada tekanan dibawah tekanan desain, harus diperhatikan bahwa *pressure drop* tidak menjadi terlalu tinggi sehingga tidak menimbulkan fluidisasi *bed*, yang mana bila terjadi maka *bed* perlu dipadatkan kembali, atau dapat meniup *molecular sieve* keluar dari tangki.

Prosedur Regenerasi awal

- a. Nyalakan aliran gas regenerasi dan sesuaikan dengan *rate* aliran masa yang dibutuhkan. Anda harus memastikan bahwa aliran ini dibuang dengan aman, khususnya bila aliran atas (*up-stream*) dari unit yang berikutnya belum dicoba untuk dinyalakan dan aliran gas regenerasi dibuang lewat lubang angin.
- b. Nyalakan pemanasan untuk aliran gas, naikkan suhu hingga mencapai spesifikasi selama periode. Jika *refractory* harus dikeringkan, atau *commissioning* lainnya dilakukan pada bagian-bagian pabrik lainnya, maka pemanas ini harus dilakukan sebelumnya.
- c. Pertahankan pemanasan hingga pipa pengeluaran menuju *bed* mencapai suhu konstan 20-30°C dari pipa masuk. Suhu keluar ini harus dimonitor dan diperiksa selama *start-up* awal. Lebih jauh lagi, aliran gas keluar juga harus diperiksa kandungannya selama *start-up* awal. (Waktu pemanasan sekitar 4 jam).

- d. Pertahankan suhu konstan ini selama periode satu jam. Perhatikan bahwa *molecular sieve* dapat terdegradasi sebelum operasi, maka anda harus melindungi *molecular sieve* dari suhu yang sangat tinggi. Suhu maksimum yang aman adalah 325°C.
- e. Hentilah pemanasan.
- f. Dinginkan kolom dengan menghembuskan gas dingin kering sesuai dengan petunjuk pabrik standar, hingga suhu pada pipa pengeluaran (*outlet*) kolom mencapai 40-50°C di atas suhu ambient. (Lama pendinginan sekitar 1 jam).
- g. Kolom siap untuk *start-up* dengan gas proses.
- h. Ulangi instruksi diatas pada tiap kolom bergantian. <sup>[30]</sup>



11 isi

19	Q-245	Boiler
18	L-244	Pompa sentrifugal
17	D-243	Deaerator
16	L-242	Pompa sentrifugal
15	F-241	Tandon air lunak
14	D-240	Kation & anion exchanger
13	L-231	Pompa sentrifugal
12	A-230	Spray pond
11	L-221	Pompa sentrifugal
10	F-220	Tandon air sanitasi
9	L-218	Pompa sentrifugal
8	F-217	Tandon air bersih
7	H-216	Filter pasir
6	L-215	Pompa sentrifugal
5	L-214	Pompa sentrifugal
4	F-213	Tandon air utilitas
3	L-212	Pompa sentrifugal
2	A-211	Filter
1	M-210	Clarifier
<b>NO</b>	<b>KODE</b>	<b>KETERANGAN</b>
<b>JURUSAN TEKNIK KIMIA</b> <b>FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI</b> <b>INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG</b> <b>UTILITAS PRA RENCANA PABRIK BIOETANOL</b> <b>DARI MOLASE DENGAN PROSES SSF DAN</b> <b>PEMURNIAN DENGAN MOLEKUL SIEVE</b> <b>KAPASITAS 42000 KL/TAHUN</b>		
<b>DIRANCANG OLEH</b>  NOVIKE BELA SUMANIK 1014008  ALIVIA ALFIARTY 1014013		<b>MENYETUJUI DOSEN</b> <b>PEMBIMBING</b>   <b>PROF. DR. IR. TRI POESPOWATI,</b> <b>MT.</b>

## **BAB IX**

### **TATA LETAK**

Pembuatan tata letak pabrik merupakan hal penting yang perlu dipertimbangkan, karena tata letak pabrik ini merupakan faktor penentuan apakah proses dari suatu pabrik dapat berjalan dengan lancar atau tidak. Dalam penentuan tata letak pabrik harus diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan:

- Konstruksi yang ekonomis
- Sistem operasi yang baik
- Pemeliharaan yang efisien
- Pengaturan peralatan dan bangunan yang fungsional
- Suasana pabrik yang dapat menimbulkan kegairahan kerja dan menjamin keselamatan kerja yang tinggi bagi karyawan.

Untuk mendapatkan tata letak pabrik yang optimum harus dipertimbangkan beberapa faktor yaitu:

- Ketersediaan tanah: Apakah pabrik terletak pada lokasi yang baru atau merupakan penambahan pabrik yang telah ada.
- Kemungkinan pengembangan pabrik dimasa mendatang: Tersedianya tanah atau lokasi untuk perluasan pabrik di masa – masa yang akan datang.
- Pengaturan terhadap penggunaan ruangan dan elevasi: Setiap alat diberikan ruang yang cukup luas untuk memudahkan pemeliharaan, dan setiap alat disusun berurutan menurut bagian masing-masing sehingga tidak menyulitkan aliran proses. Untuk penggunaan alat kontrol ditempatkan pada posisi yang mudah diawasi oleh operator.
- Keamanan terhadap kebakaran, gas beracun dan bentuk bangunan: Memperhatikan faktor keamanan dan keselamatan kerja misalnya untuk daerah yang mudah menimbulkan kebakaran ditempatkan alat pencegah kebakaran.
- Memperhatikan pembuangan hasil-hasil produksi.
- Tipe dan kualitas produk
- Distribusi bahan baku, bahan jadi, air listrik dan lain-lain
- Keadaan cuaca dan lingkungan.



### **9.1. Tata Ruang Pabrik (*master pilot plant*)**

Dalam tata ruang pabrik atau *master pilot plant* ini hanya berfungsi untuk menunjukkan lokasi dari tiap-tiap unit proses, jalan, dan bangunan yang mana lokasi tersebut akan ditunjukkan dengan petak petak, dipisahkan satu sama lainnya. Secara garis besar master pilot plant dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu:

#### 1. Daerah perkantoran, laboratorium dan ruanag kontrol

- Daerah perkantoran: Pusat kegiatan administrasi perusahaan yang mengatur kelancaran produksi
- Laboratorium dan ruang kontrol: Sebagai pusat pengendali proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses dan produk yang akan dijual.

#### 2. Daerah proses

Adalah area alat-alat proses ditempatkan dan proses berlangsung.

#### 3. Daerah gudang, kantin, musolah, poliklinik, bengkel dan parkir

#### 4. Daerah perumahan dan perluasan

#### 5. Daerah utilitas

Dalam master pilot plant berisikan lokasi dari masing-masing unit proses, jalan, dan bangunan yang mana digambarkan dalam wujud peta yang ditunjukkan dengan petak-petak yang telah dipisahkan satu sama lainnya, sedangkan alat-alat yang tidak ada tidak ditunjukkan.

### **9.2. Tata Letak Peralatan**

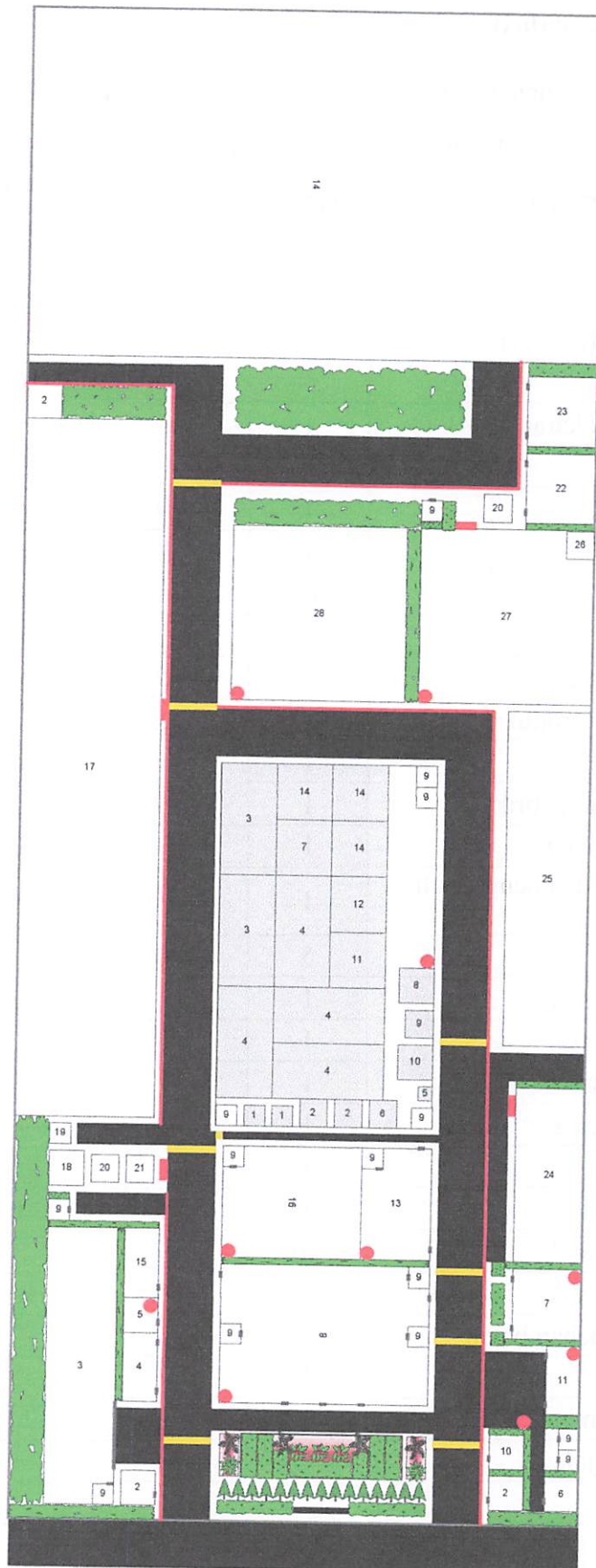
Dalam menentukan tata letak peralatan dari pabrik bietanol ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

- Tujuan tata letak peralatan diletakkan pada ruangan yang cukup antara peralatan antara satu dengan yang lain adalah memudahkan pemeriksaan, perawatan serta dapat menjamin keselamatan
- Peralatan diusahakan disusun berurutan sesuai fungsinya masing-masing agar tidak menyulitkan dalam pengoperasian.
- Tata letak peralatan diusahakan supaya menyenangkan suasana kerja.

### 9.3. Perkiraan Luas Pabrik

Tabel 9.1. Perkiraan perincian luas daerah pabrik bioetanol dari molase (m<sup>2</sup>)

Keterangan dan luas bagian pabrik					
No.	Daerah	Jumlah	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
1.	Taman	1	20	7	140
2.	Pos keamanan	2	5	5	50
3.	Parkiran karyawan dan tamu	1	40	10	400
4.	Mushola	1	5	10	50
5.	Pemadam kebakaran	1	5	5	25
6.	Poliklinik	1	5	5	25
7.	Aula	1	10	10	100
8.	Perkantoran	1	20	30	600
9.	Toilet	14	3	3	126
10.	Perpustakaan	1	5	5	25
11.	Kantin dan koperasi	1	10	5	50
12.	Daerah proses produksi	1	-	-	1673
13.	Ruang kontrol	1	10	15	150
14.	Areal perluasan pabrik	1	50	82	4100
15.	Jembatan timbang	1	5	10	50
16.	Laboratorium dan pengendali mutu	1	15	20	300
17.	<i>Storage tetes</i>	5	20	20	2000
18.	<i>Storage asam sulfat</i>	1	5	5	25
19.	<i>Storage dry yeast</i>	1	3	3	9
20.	<i>Storage nutrisi</i>	1	4	4	16
21.	<i>Storage defomer</i>	1	4	4	16
22.	Bengkel	1	10	10	100
23.	Gudang	1	10	10	100
24.	<i>Storage bioetanol</i>	10	5	5	250
25.	<i>Storage vinasse</i>	4	12	12	576
26.	Areal tangki bahan bakar	1	4	4	16
27.	Utilitas	1	-	-	551
28.	Pengolahan limbah	1	20	20	400
29.	Halaman dan jalan		-	-	3000
Total					14923



Gambar 9.1. Skema Tata Letak Pabrik Bioetanol dari Molase (keterangan di tabel 9.1)

Wilayah proses (nomor 1-13 abu-abu)					
No.	Daerah	Jumlah	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
1.	Tangki pembibitan 1	2	3	3	18
2.	Tangki pembibitan 2	2	4	4	32
3.	Pre Fermentor	2	10	10	200
4.	Fermentor	4	16	16	1024
5.	<i>Scrubber</i>	1	2	2	4
6.	<i>Scrubber wash tank</i>	1	3	3	9
7.	<i>Buffer tank</i>	1	8	8	64
8.	Ruang Separator	1	5	5	25
9.	<i>Acid washing tank</i>	1	4	4	16
10.	<i>Yeast cream tank</i>	1	5	5	25
11.	<i>Purifier column</i>	1	8	8	64
12.	<i>Rectifier column</i>	1	8	8	64
13.	Adsorber	2	8	8	128
Total					1673

\*) Skala gambar (1:1000)



## BAB X

### STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN

Tujuan utama dari setiap perusahaan adalah kelancaran dan kontinuitas suatu pabrik. Dalam pra rencana pabrik bioetanol untuk mencapai suatu target atau sasaran secara efektif dengan hasil produksi yang besar (memuaskan). Oleh karena itu perlu ditunjang dengan struktur organisasi yang baik. Secara umum organisasi dibuat dalam bentuk struktur untuk menciptakan hubungan atau kerjasama antar departement yang terjalin dalam suatu kerangka usaha dalam mencapai tujuan. Struktur organisasi mempunyai tugas memberikan wewenang pada masing-masing perusahaan untuk melaksanakan tugas dan mengatur hubungan struktural anatar fungsi maupun antar orang-perorang dalam hubungan satu dengan yang lainnya pada pelaksanaannya. Untuk memperoleh tujuan utama tersebut, harus dipertimbangkan beberapa elemen dasar yang diperlukan dalam suatu perusahaan sebagai pelaksanaannya. Elemen dasar tersebut sangat diperlukan karena merupakan faktor penentu untuk mencapai keberhasilan dari suatu perusahaan dalam mencapai tujuan bersama di dalam organisasi perusahaan, adapun elemen-elemen dasar tersebut antara lain :

- Manusia (*man*)
- Uang (*money*)
- Bahan (*material*)
- Mesin (*machine*)
- Metode (*method*)
- Pasar (*market*)

#### 10.1. Dasar Perusahaan

Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)  
Lokasi pabrik : Glenmore, Banyuwangi Jawa Timur  
Lapangan Usaha : Memproduksi bioetanol dari molase  
Kapasitas produksi : 42.000 kL/tahun  
Status perusahaan : Swasta  
Status investasi : Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN)



## 10.2. Bentuk Perusahaan

Direncanakan pabrik bioetanol yang akan didirikan berstatus perusahaan swasta nasional yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Pemilihan bentuk perusahaan ini didasarkan atas beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. PT memiliki kekayaan sendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi masing-masing pemegang saham.
2. Modal mudah didapatkan dengan membagi modal atas sejumlah saham-sahamnya, sehingga PT dapat menarik modal dari banyak orang. Penarikan modal yang besar dari masyarakat dapat dialokasikan untuk pengembang atau perluasan usaha.
3. Pemilik saham dan pengurus kedudukannya terpisah satu dengan yang lainnya. Pemilik PT adalah pemegang saham sedangkan pengurus adalah direksi beserta staffnya.
4. Kelangsungan hidup PT terjamin karena tidak bergantung pada pemegang saham dan pemilik yang dapat berganti secara berkala, sehingga PT mempunyai potensi hidup yang kontinyu dibandingkan dengan bentuk perusahaan.
5. Pemegang saham mempunyai tanggung jawab yang terbatas terhadap hutang-hutang perusahaan, sedangkan untuk kelancaran produksi adalah tanggung jawab pimpinan perusahaan.
6. Efisiensi dari manajemen PT, yaitu pemegang saham mempunyai hak memilih orang yang cakap, ahli serta berpengalaman sebagai dewan komisiaris dan direktur utama.

## 10.3. Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi merupakan salah satu faktor penting untuk menunjang kemajuan perusahaan. Untuk struktur organisasi yang digunakan pada pra rencana pabrik bioetanol adalah sistem garis dan staff. Dasar pemilihan sistem garis dan staff adalah sebagai berikut:

1. Kebanyakan digunakan untuk organisasi berskala besar dengan produksi terus menerus atau kontinyu.
2. Terdapat koordinasi yang terorganisir yaitu satu kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga tercipta kedisiplin kerja menjadi lebih baik.
3. Perusahaan sering digunakan untuk produksi secara massal.

4. Tanggung jawab terhadap aktivitas yang dilakukan untuk mewujudkan tercapainya tujuan bersama merupakan tugas dari masing-masing kepala bagian atau manager.
5. Pimpinan tertinggi pabrik adalah seorang direktur yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris. Sedangkan anggota dewan komisaris yang merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan saran kepada direktur.

Adapun beberapa kebaikan yang dapat mendukung pemakaian sistem organisasi staf dan garis adalah sebagai berikut:

1. Setiap organisasi besar dapat menggunakan sistem tersebut apapun tujuannya, tugasnya dan kompleks susunan organisasinya.
2. Adanya staf ahli dapat mempermudah pengambilan keputusan yang sehat.
3. Penggunaan asas "*the right man in the right place*" lebih mudah digunakan.

Dari bebetapa alasan dan keuntungan menggunakan sistem organisasi garis dan staf di atas maka dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan sistem organisasi perusahaan pada Pra Rencana Pabrik Bioetanol yaitu dengan menggunakan sistem organisasi garis dan staf. Berdasarkan departementasi pembagian tanggung jawab dan wewenang dilakukan. Di dalam suatu departemen yang dipimpin oleh seorang manajer yang dibantu oleh asisten manajer kemudian setiap departement tersebut akan dibagi lagi menjadi divisi yang dipimpin oleh seorang divisi manajer yang dibantu oleh asisten divisi manajer. Selanjutnya tiap divisi dibagi menjadi unit-unit.

#### **10.4. Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab**

##### **10.4.1. Pemegang Saham**

Pemegang saham adalah pembeli saham pabrik yang terdiri dari beberapa orang. Pemegang saham itu sendiri adalah pemilik pabrik yang mempunyai modal dimana sesuai dengan jumlah saham yang dimiliki, sedangkan kekayaan pribadi dari pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Penanaman saham dilakukan paling sedikit satu tahun oleh pemegang saham. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yaitu rapat yang diadakan oleh pemegang saham mempunyai kekuasaan tertinggi dalam mengambil suatu keputusan untuk kepentingan perusahaan yaitu memilih direktur dan dewan komisiaris serta dapat menentukan gaji direktur tersebut. RUPS dapat dilakukan paling sedikit sekali dalam setahun, atau selambat-lambatnya enam bulan sejak tahun buku yang bersangkutan

berjalan (neraca telah aktif). Pada rapat umum pemegang saham tersebut, para pemegang saham mempunyai hak sebagai berikut:

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris M
- b. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Direksi
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca untung rugi tahunan

#### **10.4.2. Dewan Komisaris**

Dewan komisaris adalah kumpulan dari para pemegang saham perusahaan yang bertindak sebagai wakil dari pemegang saham. Pemegang saham ialah penanam modal pada pabrik dengan cara membeli saham pabrik. Dewan komisaris diangkat sesuai dengan ketentuan dalam perjanjian yang dapat diperhentikan setiap waktu dalam RUPS apabila tindakan yang dilakukan tidak sesuai dengan kepentingan PT.

Tugas dewan komisaris:

- Mengawasi direktur utama agar tidak merugikan perusahaan.
- Menetapkan kebijakan perusahaan.
- Mengadakan evaluasi atau pengawasan tentang hasil yang diperoleh perusahaan.
- Menyetujui atau menolak rancangan yang diajukan direktur.
- Memberikan masukan pada direktur bila ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan.
- Bertanggung jawab terhadap pabrik secara umum dan memberikan laporan pertanggungjawaban kepada para pemegang saham dalam RUPS.
- Menerima pertanggungjawaban dari para manager pabrik.

#### **10.4.3. Direktur Utama**

Direktur utama merupakan pimpinan eksekutif tertinggi dalam perusahaan. Dalam tugasnya direktur utama yang merupakan pimpinan tertinggi mempunyai tanggung jawab secara keseluruhan selama pabrik berdiri yang mana dalam menempuh tugasnya dibantu dengan direktur teknik produksi dan direktur administrasi.

Tugas dan wewenang direktur utama adalah:

- Menetapkan strategi perusahaan, membuat perencanaan kerja dan menginstruksikan cara-cara pelaksanaannya kepada manager.
- Mengurus harta kekayaan perusahaan.



- Menetapkan sistem organisasi yang dianut dan menetapkan pembagian kerja, tugas, dan tanggung jawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan atau target perusahaan yang telah direncanakan.
- Mempertanggungjawabkan kepada dewan komisaris semua anggaran pembelanjaan dan pendapatan perusahaan.
- Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membantu kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan.
- Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
- Mengkoordinir kerjasama dengan direktur produksi, direktur keuangan dan umum.

Tugas Direktur Teknik dan Produksi antara lain:

- Bertanggung jawab pada direktur utama pada bidang produksi, teknik dan pemasaran.
- Mengkoordinir, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepal-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Tugas Direktur Keuangan dan Umum antara lain:

- Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dan bidang keuangan serta pelayanan umum.
- Mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepal-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

#### **10.4.4. Penelitian dan pengembangan (LITBANG)**

Litbang bersifat independent dan merupakan staf direktur yang ahli teknik dan ahli ekonomi. Litbang bertanggung jawab langsung kepada direktur utama dan bertugas mengembangkan segala aspek perusahaan secara kreatif dan inovatif terutama yang berkaitan dalam peningkatan kualitas produksi dan pemasaran sehingga mampu bersaing dengan produk lain. Litbang membawahi dua departemen:

- Departemen Pemeliharaan
- Departemen Pengembangan

Tugas dan wewenang litbang adalah:

- Pengawasan produksi
- Pengawasan peralatan pabrik
- Perbaikan dan pemeliharaan alat produksi dan utilitas
- Perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi

#### **10.4.5. Direktur Teknik dan Produksi**

Direktur teknik dan produksi diangkat dan diberhentikan oleh direktur utama.

Tanggung jawab direktur teknik dan produksi adalah sebagai berikut:

- Memastikan kelancaran proses produksi, dimulai dari perencanaan produksi, perencanaan bahan baku, perangkat produksi.
- Merencanakan, mengontrol, dan mengawasi semua kegiatan yang berkaitan dari mulai bahan baku sampai menghasilkan produk.
- Perbaikan dan pemeliharaan alat produksi dan alat utilitas.
- Perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi.

#### **10.4.6. Direktur Keuangan dan Administrasi**

Direktur keuangan dan administrasi memiliki ruang lingkup kerja yang lebih luas dari Manager produksi dan teknik.

Tanggung jawab Direktur keuangan dan Administrasi:

- Biaya-biaya produksi
- Laba rugi perusahaan
- Administrasi perusahaan
- Manajemen perusahaan termasuk strategi pemasaran
- Keuangan perusahaan yang berkaitan dengan neraca keuangan
- Hubungan masyarakat
- Masalah ketenagakerjaan
- Mengatu segala kegiatan kerja diluar produksi

#### **10.4.7. Kepala Bagian (Manajer)**

Secara umum tugas kepala bagian atau manajer adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi jalannya suatu pekerjaan sesuai dengan perintah yang di berikan pimpinan perusahaan.

Manager terdiri dari:

*a. Plant Manager*

- Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dan bertanggung jawab pula atas kerja bawahannya.
- Mengkoordinir dan megawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala biro.
- Melakukan tugas-tugas yang diberikan oleh direktur.

*b. Office Manager*

- Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi dan bertanggung jawab pula atas kerja bawahannya.
- Mengkoordinir dan megawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala biro.
- Melakukan tugas-tugas yang diberikan oleh direktur serta menyusun laporan hasil oleh bagian masing-masing.

Kepala bagian terdiri dari:

**a. Kepala Bagian Produksi**

Kepala bagian produksi bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi.

Kepala Bagian produksi membawahi:

Seksi Proses:

- Mengawasi, memantau serta bertanggung jawab atas jalannya proses produksi
- Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.
- Mengatur jadwal pembelian bahan baku, pengiriman serta tanggung jawab atas penyediaan bahan baku dan bahan pembantu dalam pabrik.

Seksi Laboratorium:

- Mengawasi dan menganalisa mutu serta bahan pembuatan
- Mengawasi dan menganalisa mutu produksi
- Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan bagian pabrik
- Membuat laporan berkala kepada Biro Produksi
- Bertanggung jawab atas analisa awal dan akhir.
- Bertanggung jawab atas standart mutu

Seksi Penyediaan bahan baku: Bertanggung jawab atas tersedianya bahan baku yang cukup untuk proses

Seksi Pengolahan limbah: Bertanggung jawab atas limbah yang akan dibuang

**b. Kepala Bagian Teknik**

Bertanggung jawab kepada Direktur Produksi dalam bidang perlatan. Kepala Bagian Teknik mempunyai tugas sebagai berikut:

- Mengatur dan mengawasi segala masalah yang berhubungan dengan peralatan teknis, proses dan utilitas.
- Bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi

Kepala bagian ini membawahi:

**Seksi Utilitas**

- Bertugas mengawasi dan mengatur pelaksanaan penyediaan air pendingin, steam, regenerasi adsorber, bahan bakar dan listrik.
- Bertanggung jawab atas peralatas misalnya boiler.

**Seksi Bengkel**

- Melaksanakan pemeliharaan gedung
- Mengadakan perbaikan terhadap peralatan-peralatan yang mengalami kerusakan.

**c. Kepala Bagian Umum**

Bertanggung jawab kepada direktur teknik, produksi, keuangan dan administrasi dalam bidang personalia, humas, keamanan, dan keselamatan perusahaan.

Kepala bagian ini membawahi:

**Seksi Personalia:**

- Bertugas untuk penerimaan dan pemberhentian karyawan
- Mengadakan pendidikan dan pelatihan kerja bagi karyawan
- Penempatan karyawan
- Kesejahteraan karyawan
- Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi untuk menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis

**Seksi Keamanan dan Keselamatan:**

- Menjaga dan memelihara keamanan daerah sekitar pabrik
- Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas perusahaan di lingkungan pabrik.
- Mengawasi keluar masuknya orang-orang bahkan karyawan maupun bukan karyawan dilingkungan perusahaan

#### Seksi Humas:

- Bertugas mengadakan komunikasi dengan pabrik lain dan masyarakat sekitar pabrik
- Mengatasi persoalan yang ada di luar area perusahaan
- Mengadakan kerja sama dengan pihak lain

#### d. Kepala Bagian Keuangan

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan administrasi dalam bidang keuangan, serta membawahi:

Seksi Pembukuan: Bertugas membukukan segala transaksi keuangan, yang terjadi di perusahaan.

#### Seksi Keuangan:

- Mengadakan perhitungan uang perusahaan
- Mengamankan keuangan perusahaan
- Merencanakan keuangan dimasa yang akan datang
- Membayar gaji karyawan

#### e. Kepala Bagian Pemasaran

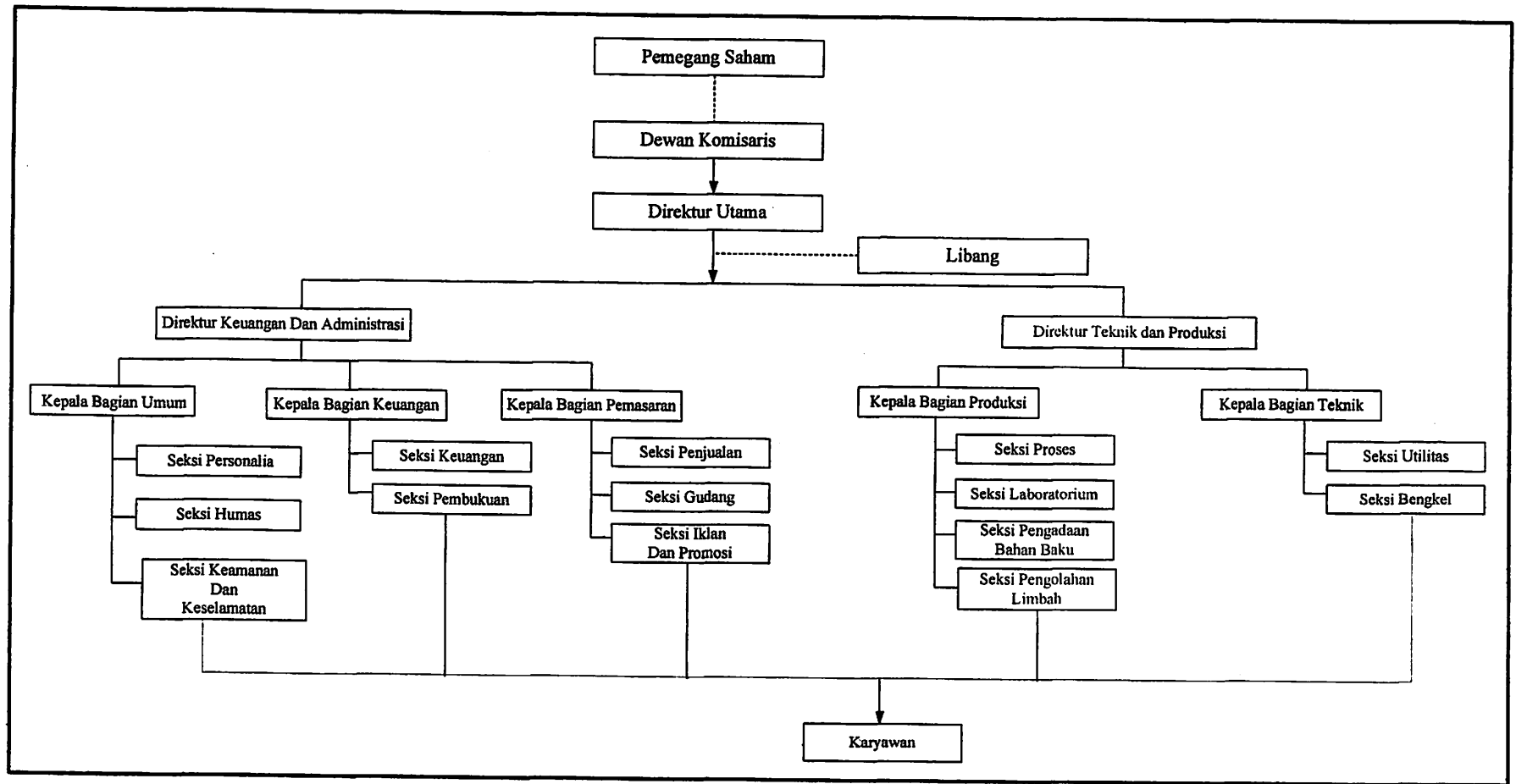
Kepala bagian pemasaran mengatur masalah pemasaran produk, termasuk juga melakukan research marketing agar penentuan harga dapat bersaing di pasaran, menganalisis strategi pemasaran perusahaan maupun kompetitor, mengatur masalah distribusi penjualan produk ke daerah-daerah, melakukan promosi pada berbagai media massa baik cetak maupun elektronik agar produk dapat terserap konsumen atau secara umum bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan administrasi dalam bidang pemasaran.

Seksi-seksi yang ada di bawah kepala bagian pemasaran adalah sebagai berikut:

Seksi Penjualan: Bertanggung jawab untuk mencari pemasaran yang seluas-luasnya dengan memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya serta bertanggung jawab kepada Kepala Departemen Pemasaran mengenai penjualan produk pada berbagai daerah distribusi sekaligus mensurvei kebutuhannya agar dapat dipasok setiap saat.

Seksi Gudang: Bertugas mengatur keluar masuknya produksi dan gudang

Seksi iklan dan promosi: Bertugas mengenalkan produk atau promosi ke berbagai konsumen tentang produk pabrik dan mencari pelanggan baru untuk memperluas pemasaran.



Gambar 10.1. Struktur organisasi pabrik bioetanol dari molase

### 10.5. Jadwal Jam Kerja

Pabrik Bioetanol direncanakan bekerja atau beroperasi selama 318 hari dalam setahun dan 24 jam per sehari, dan sisa harinya dialokasikan untuk perbaikan dan perawatan proses produksi serta *shut down*. Pengaturan jam kerja harus disesuaikan dengan peraturan pemerintah yaitu jumlah jam kerja untuk karyawan adalah 40 jam dalam satu minggu, yang dibedakan dalam dua bagian yaitu:

1. Jam kerja tetap (*non shift*)
2. Jam kerja bergilir (*shift*)

Pembagian jam kerja harus berdasarkan status jabatan dan bidang kerja karyawan.

#### a. Karyawan dengan jam kerja tetap (*non shift*)

Karyawan dengan jam kerja tetap (*non shift*) yaitu karyawan yang tidak menangani operasi pabrik secara langsung, contohnya direktur, kepala kantor/pabrik. Sedangkan kepala pabrik, kepala seksi dan karyawan kantor administrasi dan seksi dibawah tanggung jawab non-teknik atau yang bekerja dipabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinyu. Karyawan non shift bekerja selama 6 hari dalam seminggu (total kerja 45 jam per minggu) sedangkan hari minggu dan hari besar libur.

Pembagian kerja karyawan dengan jam kerja tetap adalah sebagai berikut:

Senin – Kamis

Pagi : 08.00 – 12.00 (istirahat 12.00 – 13.00)

Siang : 13.00 – 16.00

Jum'at

Pagi : 08.00 – 11.30 (istirahat 11.30 – 13.00)

Siang : 13.00 – 16.00

Sabtu

Setengah hari : 08.00 – 13.00

#### b. Karyawan dengan jam kerja bergilir (*Shift*)

Sedangkan karyawan yang menangani proses operasi pabrik secara langsung disebut karyawan dengan jam kerja bergilir (*shift*) atau tidak tetap misalnya: kepala shift, operator, karyawan shift, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Karyawan shift bekerja perhari 24 jam, yang terbagi dalam 3 shift. Pembagian kerja karyawan dengan jam kerja bergilir.

Dibagi menjadi 3 giliran (*shift*) kerja:

- *Shift* I (pagi) : 08.00 – 16.00
- *Shift* II (siang) : 16.00 – 24.00
- *Shift* III (malam) : 24.00 – 08.00

Agar tercipta kelancaran dalam pelaksanaannya maka jam kerja dilakukan secara bergilir, sehingga karyawan dibagi menjadi 4 group yaitu I,II,III, dan IV. Dengan 4 grup dan 3 grup giliran kerja (*shift*) maka 1 grup kerja merupakan grup pengganti (cadangan).

Adapun pengganti shift dari keempat grup tersebut dapat dilihat pada tabel 10.1 berikut:

Tabel 10.1. Jadwal penggantian grup

RE G U	HARI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
II	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P

Keterangan:

P = Pagi, S = Siang, M = Malam, L = Libur

## 10.6. Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan apabila terjadi sesuatu hal yang menyebabkan pekerja tidak dapat melakukan pekerjaannya dikarenakan adanya cedera atau luka. Salah satu tujuan diberikan jaminan sosial kepada karyawan agar kesejahteraan lebih terjamin dan diharapkan akan bekerja lebih giat. Adapun jaminan sosial yang diberikan perusahaan kepada karyawan adalah sebagai berikut:

### 1. Tunjangan

- Tunjangan tahunan dapat diberikan setahun sekali kepada karyawan yaitu dengan penmabahan satu bulan gaji.



- Tunjangan di luar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya dan lama pengabdianya kepada perusahaan tersebut.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan (khusus untuk tenaga kerja shift).

## 2. Insentif atau bonus

Insentive atau bonus dari perusahaan diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan memacu semangat kerja karyawan. Besarnya insentive tergantung berdasarkan golongan dan jabatan. Pemberian insentive untuk golongan operatif (golongan kepala seksi ke bawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang dicapai.

## 3. Perumahan

Perumahan diberikan terutama bagi karyawan yang menduduki jabatan penting, mulai dari direksi sampai kepala seksi.

## 4. Kesehatan

Untuk keperluan kesehatan karyawan perusahaan menyediakan poliklinik yaitu untuk pengobatan karyawan yang menderita sakit, kecelakaan kerja dan biayanya ditanggung oleh perusahaan.

- Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma.
- Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan penuh.

## 5. Cuti

- Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan ijinnya.
- Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter.
- Cuti hamil selama 3 bulan bagi tenaga kerja wanita.
- Cuti untuk keperluan dinas dan perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan. [29]

### 10.7. Penggolongan Dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Karyawan digolongkan berdasarkan tingkat kedudukan dalam sistem organisasi pada pra rancang pabrik bioetanol ini adalah sebagai berikut:

1. Direktur utama
2. Direktur teknik dan administrasi
3. Kepala bagian
4. Kepala seksi
5. Staff kepala seksi
6. Operator

Latar belakang pendidikan yang harus dimiliki oleh karyawan berdasarkan kedudukannya dan struktur organisasi pada pra rencana pabrik bioetanol ini sebagai berikut:

1. Direktur utama : Magister teknik (S<sub>2</sub>)
2. Direktur
  - Direktur teknik : Magister teknik (S<sub>2</sub>)
  - Direktur administrasi : Magister administrasi(S<sub>2</sub>)
3. Direktur LITBANG : Magister teknik (S<sub>2</sub>)
4. Sekretaris direktur : Sarjana administrasi
5. Kepala bagian
  - Kabag teknik : Sarjana teknik mesin
  - Kabag produksi : Sarjana teknik kimia
  - Kabag pemasaran : Sarjana ekonomi-manajemen
  - Kabag umum : Sarjana psikologi
  - Kabag keuangan : Sarjana akuntansi-ekonomi
6. Kepala seksi
  - Seksi utilitas : Sarjana teknik kimia
  - Seksi perawatan : Sajana teknik mesin
  - Seksi K3 : Sarjana teknik industry
  - Seksi proses : Sarjana teknik kimia
  - Seksi laboratorium : Sarjana teknik kimia
  - Seksi gudang : D<sub>3</sub> teknik kimia
  - Seksi personalia : Sarjana psikologi

- Seksi humas : Sarjana psikologi
- Seksi keamanan : Purnawirawan ABRI
- Seksi pemasaran : Sarjana ekonomi
- Seksi keuangan : Sarjana ekonomi
- Karyawan : Diploma dan SLTA
- Satpam : Purnawirawan ABRI
- Dokter : Sarjana dokter
- Kebersihan : SLTP

### 10.8. Perincian Jumlah Karyawan

Perhitungan jumlah tenaga operasional didasarkan pada pembagian proses yang dilakukan. pada pra rencana pabrik bioetanol ini proses yang dilakukan terbagi menjadi:

#### A. Proses Utama

1. Proses persiapan bahan baku
2. Proses fermentasi
3. Proses pemurnia
4. Proses penanganan produk

#### B. Proses Pembantu atau Tambahan

1. Laboratorium
2. Utilitas, terdiri dari:
  - Pengolahan air
  - Boiler
  - Pengolahan limbah

Terdapat 4 tahapan proses yang membutuhkan tenaga operasional. Dengan kapasitas pabrik 42.000 kL/tahun dan beroperasi dalam 318 hari/tahun, maka kebutuhan karyawan proses yang dapat dihitung adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Produksi} &= \frac{42.000 \text{ KL/Tahun}}{329 \text{ hari}} \\
 &= 127,6596 \text{ KL/Hari} = 127659,57 \text{ L/Hari} \quad (1\text{kL}=1000 \text{ L}) \\
 &= 127659,57 \text{ L/Hari} \times 0,794 \quad (\text{Densitas ethanol} = 0,794) \\
 &= 101361,7021 \text{ Kg/Hari} \\
 &= 101,3617 \text{ Ton/Hari} \quad (1\text{Kg}= 1000 \text{ Ton})
 \end{aligned}$$

Dari data diatas, diperoleh jumlah karyawan yang dibutuhkan adalah <sup>[29]</sup> 49 kemudian dikalikan dengan proses yg terjadi pada pabrik bioetanol:

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= 4 \times 49 \\ &= 196 \text{ orang.jam/hari} \end{aligned}$$

Dalam satu hari terdapat 3 shift (1 shift=8 jam), sehingga jumlah karyawan pershift adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah karyawan} &= 196 \text{ orang.jam/hari} : 3 \text{ shift/hari} \\ &= 65 \text{ orang.jam/shif} \end{aligned}$$

1 shift= 8 jam, sehinga jumlah karyawan per shift adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah karyawan} &= 65 \text{ orang.jam/shift} : 8 \text{ jam} \\ &= 8 \text{ orang/shift} \end{aligned}$$

Karena karyawan shift dibagi menjadi 4 regu, dimana 3 regu kerja dan 1 regu libur maka jumlah karyawan proses adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah karyawan} &= 8 \text{ orang/shift} \times 4 \\ &= 32 \text{ orang} \end{aligned}$$

Karyawan administrasi dan karyawan lain (selain karyawan proses) berjumlah 80 orang, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Total karyawan} &= 32 + 82 \\ &= 114 \text{ orang} \end{aligned}$$

Tabel 10.2. Perincian kebutuhan tenaga kerja pabrik bioetanol

No	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik dan Produksi	1
3	Direktur Keuangan dan Adm.	1
4	Staf Litbang	2
5	Kepala Bagian Produksi	1
6	Kepala Bagian Teknik	1
7	Kepala Bagian Umum	1
8	Kepala Bagian Keuangan	1
9	Kepala Bagian Pemasaran	1
10	Kepala Seksi Proses	1
11	Kepala Seksi Laboratorium	1

No	Jabatan	Jumlah
12	Kepala Seksi Bahan Baku	1
13	Kepala Seksi Utilitas	1
14	Kepala Seksi Pemeliharaan	1
15	Kepala Seksi Personalia (SDM)	1
16	Kepala Seksi Keamanan	1
17	Kepala Seksi Pengelolaan Limbah	1
18	Kepala Seksi Pembukuan	1
19	Kepala Seksi Keuangan	1
20	Kepala Seksi Penjualan	1
21	Kepala Seksi Gudang	1
22	Kepala Seksi Iklan dan Promosi	1
23	Karyawan Devisi Proses	8
24	Karyawan Devisi QC	8
25	Karyawan Devisi bahan baku	2
26	Karyawan Devisi Utilitas	5
27	Staf Devisi Bengkel & Perawatan	8
28	Karyawan Devisi Personalia	4
29	Karyawan Devisi Keamanan	6
30	Karyawan Devisi Administrasi	5
31	Karyawan Devisi Pembukuan	4
32	Karyawan Devisi Keuangan	4
33	Karyawan Devisi Penjualan	6
34	Karyawan Devisi Gudang	1
35	Karyawan Devisi Kesehatan	2
36	Karyawan Devisi Kebersihan	15
37	Sopir	4
38	Sekretaris	1
39	Karyawan pemadam Kebakaran	6
40	Dokter	2
Jumlah		114

### **10.9. Status Karyawan dan Status Upah**

Pabrik Bioetanol dari molase memiliki sistem gaji yang berbeda satu sama lain, Sistem upah ini didasarkan berdasarkan kriteria sebagai berikut:

1. Jenjang atau tingkat pendidikan
2. Pengalaman kerja
3. Tanggung jawab dan kedudukan.
4. Keahlian
5. Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja).

Menurut statusnya karyawan pabrik dapat dibagi menjadi golongan sebagai berikut:

#### **1. Karyawan tetap**

Adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan berdasarkan surat keputusan (SK) direksi dan mendapatkan gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian, dan masa kerja karyawan tersebut.

#### **2. Karyawan harian**

Adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan oleh manajer pabrik berdasarkan nota persetujuan direksi atas pengajuan kepala yang membawahnya dan menerima upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

#### **3. Karyawan borongan**

Adalah karyawan yang bekerja apabila diperlukan oleh pabrik, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Karyawan ini mendapat upah dari pekerjaannya berupa upah borongan.

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

- Golongan A dengan gaji perbulan Rp. 15.000.000,-  
Meliputi : Direktur Utama
- Golongan B dengan gaji perbulan Rp. 10.000.000,-  
Meliputi : Direktur Teknik dan produksi, keuangan dan administrasi
- Golongan C dengan gaji perbulan Rp. 8.000.000,-  
Meliputi : Direktur Litbang
- Golongan D dengan gaji perbulan Rp. 6.000.000,-  
Meliputi : Kepala bagian
- Golongan E dengan gaji perbulan Rp. 4.000.000,-

Meliputi : Kepala seksi dan Sekretaris

- Golongan F dengan gaji perbulan Rp. 2.000.000 sampai 2.500.000,-

Meliputi : Karyawan dan Kepala seksi keamanan

- Golongan G dengan gaji perbulan Rp. 1000.000 – 1.500.000

Tabel 10.3. Daftar upah karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	
			Per orang	Total
1	Direktur Utama	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
3	Direktur Keuangan dan Adm.	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
4	Staf Litbang	2	Rp8.000.000	Rp16.000.000
5	Kepala Bagian Produksi	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
6	Kepala Bagian Teknik	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
7	Kepala Bagian Umum	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
9	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
10	Kepala Seksi Proses	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
11	Kepala Seksi Laboratorium	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
12	Kepala Seksi Bahan Baku	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
13	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
14	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
15	Kepala Seksi Personalia (SDM)	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
16	Kepala Seksi Keamanan	1	Rp2.500.000	Rp2.500.000
17	Kepala Seksi Pengelolaan Limbah	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
18	Kepala Seksi Pembukuan	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
19	Kepala Seksi Keuangan	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
20	Kepala Seksi Penjualan	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
21	Kepala Seksi Gudang	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
22	Kepala Seksi Iklan dan Promosi	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
23	Karyawan Devisi Proses	8	Rp2.500.000	Rp20.000.000
24	Karyawan Devisi QC	8	Rp2.500.000	Rp20.000.000
25	Karyawan Devisi bahan baku	2	Rp2.500.000	Rp5.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	
			Per orang	Total
26	Karyawan Devisi Utilitas	5	Rp2.000.000	Rp10.000.000
27	Staf Devisi Bengkel & Perawatan	8	Rp2.000.000	Rp16.000.000
28	Karyawan Devisi Personalia	4	Rp1.800.000	Rp7.200.000
29	Karyawan Devisi Keamanan	6	Rp1.800.000	Rp10.800.000
30	Karyawan Devisi Administrasi	5	Rp1.600.000	Rp8.000.000
31	Karyawan Devisi Pembukuan	4	Rp1.600.000	Rp6.400.000
32	Karyawan Devisi Keuangan	4	Rp1.600.000	Rp6.400.000
33	Karyawan Devisi Penjualan	6	Rp1.600.000	Rp9.600.000
34	Karyawan Devisi Gudang	1	Rp1.000.000	Rp1.000.000
35	Karyawan Devisi Kesehatan	2	Rp1.000.000	Rp2.000.000
36	Karyawan Devisi Kebersihan	15	Rp1.000.000	Rp15.000.000
37	Sopir	4	Rp1.300.000	Rp5.200.000
38	Sekretaris	1	Rp1.700.000	Rp1.700.000
39	Karyawan pemadam Kebakaran	6	Rp1.800.000	Rp10.800.000
40	Dokter	2	Rp2.500.000	Rp5.000.000
Jumlah		114	Rp315.600.000	



## **BAB XI**

### **ANALISIS EKONOMI**

Dalam perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor-faktor ekonomi yang akan menentukan apakah pabrik tersebut layak untuk didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung-rugi dalam mendirikan pabrik Bioetanol antara lain:

- Laju pengembalian modal (*Internal Rate Of Return = IRR*)
- Lama pengembalian modal (*Pay Out Time = POT*)
- Titik impas (*Break Event Point = BEP*)

Untuk menghitung faktor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran beberapa hal menyangkut administrasi perusahaan dan jalanya proses, yaitu:

1. Penaksiran modal investasi total (*Total Capital Investment*), yang terdiri atas:
  - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - b. Modal kerja (*Work Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*), yang terdiri atas:
  - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
  - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Total pendapatan

#### **11.1. Plant Cost Estimation**

Modal investasi total adalah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik sebelum beroperasi, terdiri dari:

1. *Fixed Capital Investment (FCI)*:
  - a. Biaya langsung (*Direct Cost*), meliputi:
    - Pembelian alat
    - Instrumentasi dan alat control
    - Perpipaan terpasang
    - Listrik terpasang
    - Tanah dan bangunan
    - Fasilitas pelayanan
    - Pengembangan lahan

b. Biaya tidak langsung (*Indirect Cost*), meliputi:

- Teknik dan supervisi
- Konstruksi
- Kontraktor
- Biaya tak terduga

2. *Working Capital Investment (WCI)*:

Modal kerja yaitu modal yang digunakan untuk menjalankan pabrik yang berhubungan dengan laju produksi dalam beberapa waktu tertentu. Modal kerja merupakan jumlah dari :

- a. Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
- b. Pengemasan produk dalam waktu tertentu
- c. Utilitas dalam waktu tertentu
- d. Gaji dalam waktu tertentu
- e. Uang tunai

Tabel 11.1. *Plant cost*

No.	Jenis Pengeluaran	Jumlah
<b>A.</b>	<b><i>Direct Cost</i></b>	
1	Pengadaan Alat	Rp 110.714.389.888
2	Instrumentsi dan control	Rp 27.678.597.472
3	Isolasi	Rp 8.857.151.191
4	Perpipaan terpasang	Rp 77.500.072.922
5	Perlistrikan terpasang	Rp 16.607.158.483
6	Harga FOB	Rp 241.357.369.957
7	Ongkos angkutan kapal laut	Rp 21.722.163.296
8	Harga C dan F	Rp 263.079.533.253
9	Biaya asuransi	Rp 2.630.795.333
10	Harga CIF	Rp 265.710.328.585
11	Biaya angkutan barang ke plant site	Rp 39.856.549.288
12	Pemasangan alat	Rp 27.678.597.472
13	Bangunan pabrik	Rp 44.285.755.955
14	Service vacilities and Yard Improvement	Rp 44.285.755.955
15	Tanah	Rp 5.535.719.494

No.	Jenis Pengeluaran	Jumlah
16	<i>Direct Cost</i>	Rp 427.352.706.751
<b>B</b>	<b><i>Indirect Cost</i></b>	
17	<i>Engineering and supervision</i>	Rp 11.071.438.989
18	Ongkos pemborong	Rp 64.102.906.013
19	Biaya tidak terduga	Rp 55.836.339.084
20	<i>Indirect Cost</i>	Rp 131.010.684.085
<b>C</b>	<b><i>Fixed capital investment</i></b>	
21	<i>Fixed capital investment</i>	Rp 558.363.390.836
<b>D</b>	<b><i>Working capital investment</i></b>	
22	<i>Working capital investment</i>	Rp 98.534.716.030
<b>E</b>	<b><i>Total capital investment</i></b>	
23	<i>Total capital investment</i>	Rp 656.898.106.865

### 11.2. Manufacturing Cost Estimation

Total biaya produksi adalah biaya yang digunakan untuk operasi pabrik atau biaya yang dikeluarkan untuk mengeluarkan satu satuan produk dalam waktu tertentu.

Biaya produksi terdiri dari :

a. Biaya pembuatan (*manufacturing cost*), terdiri dari:

- Biaya produksi langsung
- Biaya produksi tetap
- Biaya *overhead* pabrik

b. Biaya umum (*general expenses*), terdiri dari :

- Biaya administrasi
- Biaya distribusi dan pemasaran
- Litbang
- *Financing*

Adapun biaya produksi total terbagi dari:

a. Biaya variabel (*variable cost* = VC)

Biaya variabel adalah segala biaya yang pengeluarannya berbanding lurus dengan laju produksi atau biaya yang tergantung dengan kapasitas pabrik. Biaya variabel terdiri dari:

- Biaya bahan baku
  - Biaya utilitas
  - Biaya pengepakan
- b. Biaya semi variabel (*semi variable cost = SVC*)

Biaya semi variabel adalah biaya pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi atau yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara tidak langsung. Biaya semi variabel terdiri dari:

- Gaji karyawan
  - *Plant Overhead*
  - Pemeliharaan dan perbaikan
  - *Operating supplies*
  - Biaya umum
  - Supervisi
- c. Biaya tetap (*fixed cost = FC*)

Biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan secara tetap, tidak tergantung dengan kapasitas pabrik. Biaya total terdiri dari:

- Asuransi
- Depresiasi
- Pajak
- Bunga bank

Tabel 11.2. *Manufacturing cost*

Jenis pengeluaran	Jumlah
<i>Total production cost</i>	Rp 322.738.005.604
<i>Semi variabel cost (SVC)</i>	Rp 153.338.885.875,47
<i>Variabel cost (VC)</i>	Rp 101.721.297.333
<i>Fixed cost (FC)</i>	Rp 69.795.423.854

### 11.3. Kelayakan Ekonomi

Analisa ekonomi dilakukan untuk mengetahui pabrik tersebut layak atau tidak untuk didirikan. Pabrik Bioetanol didirikan dengan kapasitas 42000 kL/tahun.

- a. POT (*Pay Out Time*)

$$POT = 3,44 \text{ tahun}$$

b. ROI (*Rate On Investment*)

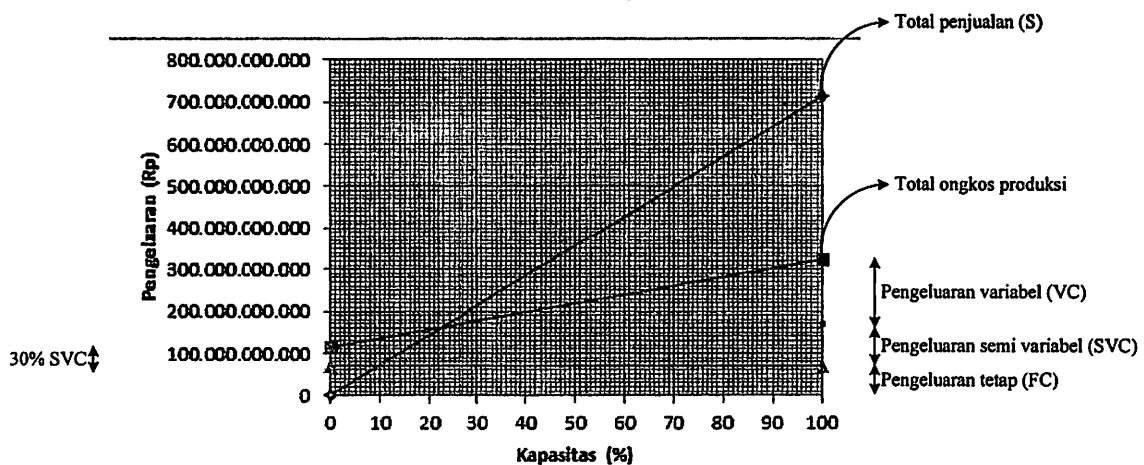
ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

- ROI setelah pajak = 41,5 %
- ROI sebelum pajak = 67 %

c. BEP (*Break Event Point*)

BEP adalah titik dimana jika kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi. Maka nilai BEP = 22,8 %.

Kurva BEP:



d. IRR (*Internal Rate Of Return*)

IRR = 34,88 %

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (15 %) maka pabrik bioetanol layak untuk didirikan.

## **BAB XII**

### **KESIMPULAN**

Pra renaca pabrik bioetanol dari molase ini diharapkan akan mencapai hasil produksi yang maksimal sesuai dengan tujuan, sehingga dari hasil produksi tersebut akan dapat memenuhi konsumsi dalam negeri untuk menanggulangi kebutuhan bahan bakar dengan nilai oktan yang lebih tinggi sehingga dapat menekan akumulasi karbon dioksida di udara. Dari hasil analisa, pra renaca pabrik bioetanol dari molase ini cukup menguntungkan. Kesimpulan ini diambil dengan memperhatikan beberapa aspek berikut:

#### **12.1. Segi Teknik**

Bila ditinjau dari segi teknis, pembuatan bioetanol ini adalah baik. Efisiensi proses adalah 89%. Disamping proses yang tidak rumit dan mempunyai kualitas yang baik serta memenuhi standard untuk dicampurkan ke dalam bahan bakar minyak bumi.

#### **12.2. Segi Sosial**

Pendirian pabrik ini dinilai menguntungkan, karena dapat menciptakan lapangan pekerjaan baru dan dapat meningkatkan pendapatan perkapita daerah sekitar lokasi pabrik.

#### **12.3. Segi Lokasi Pabrik**

Pendirian pabrik ini dinilai menguntungkan, karena dekat bahan baku, persediaan air yang memadai, dekat daerah pemasaran, dan tenaga kerja yang tersedia dan murah.

#### **12.4. Segi Pemasaran**

Dalam menunjang program pemerintah yang akan menargetkan bahan energi terbarukan harus sudah mencapai lebih dari 5% dari kebutuhan energi nasional, sedangkan BBM ditargetkan menurun sampai dibawah 20%.

#### **12.5. Segi Analisa Ekonomi**

Analisa ekonomi sangat diperlukan untuk melihat layak atau tidaknya suatu pabrik didirikan baik untuk rencana jangka pendek maupun untuk rencana jangka panjang. Setelah dilakukan perhitungan analisa ekonomi terhadap pra renaca pabrik bioetanol dari molase, maka dapat diketahui data sebagai berikut:

- *Internal Rate of Return (IRR)* = 34,88 %
- *Pay Out Time (POT)* = 3,4 tahun
- *Return of Investment (ROI)* = 41,5 %
- *Break Even Point (BEP)* = 22,8 %

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, "*Indonesia Energy Outlook*", Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral KESDM, Jakarta, 2010.
2. Sari, N. K. (2009). "*Produksi Bioetanol Dari Rumput Gajah Secara Kimia*" JTKI 4(1), 265-273.
3. Anonim, "*Indonesia Energy Outlook*", Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral KESDM, Jakarta, 2012.
4. Anonim, "*Data PTPN-11*", [www.ptpn-11.com/kinerja/produksi](http://www.ptpn-11.com/kinerja/produksi) (tanggal akses 01-10-2013)
5. Olbrich, Hubert, "*The Molasses*", Fermentation Technologist, Institut für Zuckerindustrie, Berlin (Germany), 1963, 4-6, 30-34
6. J.Waites, Michael; L.Morgan, Neil; S.Rockey, John; dan Higton, Gary, "*Industrial Microbiology : An Introduction*", Blackwell Science Ltd, Great Britain, 2001, 15-19
7. Anonim, "*Picture* ", <http://theideaskitchen.co.uk/learn/ideas-kitchen-blog/what-yeast-to-use-in-the-bread-machine/> (tanggal akses 15-10-2013)
8. Anonim, "*Picture* ", <http://indonetnetwork.co.id/companies/molase.html> (tanggal akses 15-10-2013)
9. Anonim, "*Sciencelab MSDS*", [www.sciencelab.com](http://www.sciencelab.com) (tanggal akses 15-10-2013)
10. Anonim, "*Indonesia 2005 - 2025 Buku Putih*", Menteri Negara Riset Dan Teknologi Republik Indonesia, Jakarta, 2006.
11. Anonim, "*Handbook of economic and energy statistic Indonesia 2012*", Menteri Sumber Energi Dan Mineral, Jakarta, 2012.
12. Latifah, Hanif. N, "*Pembuatan Bioetanol dari Sirup Glukosa Umbi Ganyong*", IPB, Bogor, 2009.
13. Wahjudi, Daniel, "*Laporan Kerja Praktek PT. Molindo Raya Industrial*", ITB, Bandung, 2012.
14. Anonim, "*Bioetanol Terdenaturasi untuk Gasohol*", BSN, 2012.
15. Anonim, "*Data BPS*", [http://www.bps.go.id/hasil\\_publicasi/stat\\_tebu\\_2011/files/search/searchtext.xml](http://www.bps.go.id/hasil_publicasi/stat_tebu_2011/files/search/searchtext.xml) (tanggal akses 16-10-2013).

16. Sinnott, R. K., "*Coulson & Richardson's Chemical Engineering Volume 6-3<sup>th</sup> edition*", Butterworth Heinemann, Britain, 1999.
17. Vilbrandt, Frank C. & Dryden, Charles E., "*Chemical Engineering Plant Design*", McGraw-Hill, New York, 1959.
18. Smith, J. M., Van Ness, H. C., & Abbott, M. M., "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*", The McGraw-Hill Companies, Inc., Singapore, 1996.
19. Geankoplis, C. J., "*Transport Process and Unit Operation*", Prentice-Hall of India Private Limited, India, 1993.
20. Brownell, L. E., & Young, E. H., "*Process Equipment Design Vessel Design*", Ann Arbor, Michigan, 1959.
21. Ulrich, G. D., "*A Guide To Chemical Engineering Process Design And Economics*", Jhon Wiley & Sons, New York, 1984.
22. Drapcho, C. M., Nhuan, P. N., & Walker, T. H., "*Biofuels Engineering Process Technology*", McGraw-Hill, New York, 2008.
23. Kusnarjo, "*Utilitas Pabrik Kimia*", Surabaya, 2012.
24. Kusnarjo, "*Desain Bejana Bertekanan*", Surabaya, 2012.
25. Kusnarjo, "*Desain Kolom Pemisah*", Surabaya, 2012.
26. Kusnarjo, "*Desain Alat Pemindah Panas*", Surabaya, 2012.
27. Perry, R. H., "*Chemical Engineering's Hand Book*", McGraw-Hill, New York, 1999.
28. Rao, Manohar, P. J., "*Industrial Utilization Of Sugar Cane And Its Co-Product*", ISPCK, Delhi, 1997.
29. Kusnarjo, "*Desain Pabrik Kimia*", Surabaya, 2012.
30. Alfiarty, Alivia, "*Laporan Praktek Kerja Nyata PT. Molindo Raya Industrial*", Malang, 2013.
31. Kusnarjo, "*Sintesa Proses*", Surabaya, 2012.