

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bioetanol (C_2H_5OH) adalah etanol yang dibuat dari fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak premium. Untuk pengganti premium, terdapat alternatif gasohol yang merupakan campuran antara bensin dan bioetanol. Keunggulan menggunakan bioetanol pada kendaraan adalah kerja mesin nya lebih bagus, bisa membuat kendaraan sanggup menempuh jarak lebih jauh, gas buang bioetanol lebih sedikit polusinya dan pembakaran lebih sempurna.

Kebutuhan bioetanol di Indonesia masih sangat tinggi, yaitu 3 juta kiloliter pertahun sedangkan produksi bioetanol di Indonesia masih sekitar 535 ribu kiloliter pertahun. Indonesia masih kekurangan pasokan bioetanol sebesar 2,465 juta kiloliter. Untuk mengatasi kekurangan ini pemerintah Indonesia mengimpor dari negara-negara lain. Bahan baku untuk memproduksi etanol dapat digunakan minyak bumi dan sumber daya alam hayati, namun minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan cadangan minyak bumi semakin menipis. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan sumber bahan baku yang murah dan dapat diperbaharui seperti singkong, ubi jalar, tepung sagu, biji jagung, gandum, kentang, nira, limbah jerami padi, ampas tebu, tongkol jagung dan bahan berserat yang berupa limbah pertanian bisa dibudidayakan di Indonesia.

Singkong karet (*Manihot Glaziovii*) merupakan umbi yang tidak termasuk bahan makanan karena mengandung unsur kimia asam sianida (HCN) yang bersifat racun, sehingga tidak diperjual belikan dan kurang dimanfaatkan oleh masyarakat. Kandungan karbohidrat dalam singkong karet mencapai 98,5%, sehingga umbi ini layak dikonversi menjadi bioetanol. Singkong karet merupakan tanaman yang kurang dimanfaatkan di Indonesia maka dari itu perlu pembudidayaan terlebih dahulu. Pemanfaatan singkong karet sebagai bahan baku pembuatan bioethanol akan memberikan nilai tambah singkong karet. Dengan

berdirinya pabrik ini diharapkan dapat memberikan lapangan kerja bagi masyarakat sekitar.

Secara umum ada empat teknologi pembuatan bioetanol yaitu teknologi hidrolisis, fermentasi, distilasi dan pemurnian. Hasil yang diinginkan bioetanol dengan kemurnian 99,5%.

1.2 Kapasitas Rancangan

1.2.1 Kapasitas Pabrik Yang Sudah Ada

Data – data kapasitas pabrik yang telah beroperasi penghasil ethanol di Indonesia dapat dilihat pada Table 1.1

Tabel 1.1 Data Pabrik Etanol Di Indonesia

Nama pabrik	Lokasi	Kapasitas (KL/Tahun)
Sampoerna Bioenergi	Jawa Tengah dan Jawa Timur	60.000
Humpuss	Kota Bumi, Lampung	60.000
PT Medco Ethanol Indonesia	Lampung	60.000
PT. RNI Biochoi	Pasuruan	100.000
PT. Indo Acidatama ,Tbk	Karang Anyar (Jawa Tengah)	50.000
PT. Molindo Raya Industrial	Malang (Jawa Timur)	51.000
PG. Ngadirejo Kediri	Kediri	30.000

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Singkong karet (*Manihot glaziovii* Muell) merupakan tanaman yang belum banyak dibudidayakan sehingga perlu penyediaan lahan. Pada Pra Rancangan Bioetanol ini lahan yang tersedia untuk budidaya singkong karet. Berdasarkan kebutuhan pasar dan ketersediaan bahan baku pabrik Bioetanol dirancang dengan kapasitas 7500 KL/tahun. Dengan kapasitas tersebut dapat membantu menutupi kebutuhan Bioetanol di Indonesia pada tahun 2030.

1.2.3 Kebutuhan Pasar

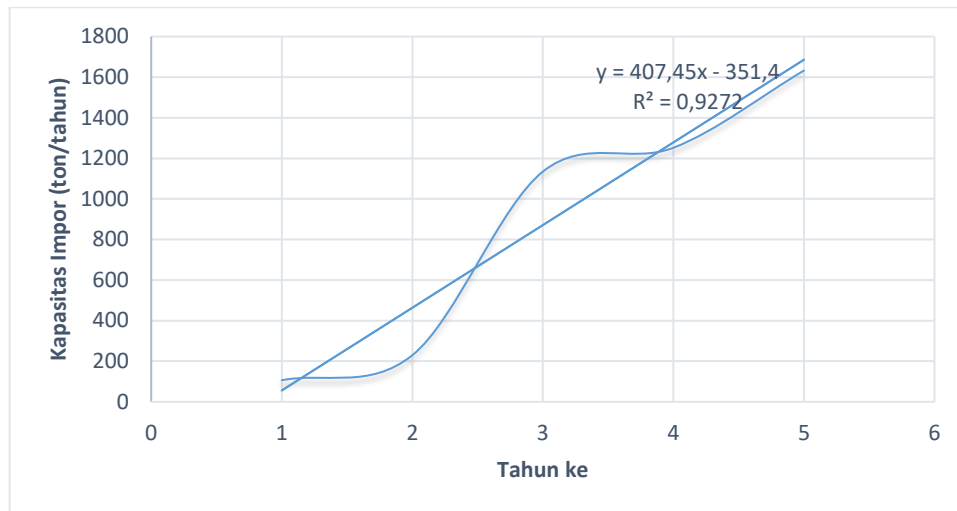
Penentuan kapasitas produksi bioethanol didasarkan pada kebutuhan bioethanol di Indonesia dan ketersediaan bahan baku yang ada. Data kebutuhan bioethanol dalam negeri mengacu pada data impor bioethanol di Indonesia, yang dapat dilihat pada Tabel 1.2

Tabel 1.2 Data Impor Bioetanol Di Indonesia

Tahun	KL
2012	106,43
2013	229,44
2014	1134,5
2015	1252
2016	1632,4

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2017

Dari tabel 1.1 didapatkan Kurva data impor bioetanol di Indonesia dapat dilihat pada gambar 1.1



Gambar 1.1 Kurva Jumlah Impor Bioetanol Di Indonesia

Berdasarkan gambar 1.1 dapat diperoleh persamaan regresi untuk jumlah impor bioethanol indonesia, dari persamaan dapat dihitung jumlah impor bioethanol pada tahun 2030 sebesar 7500 KL/Tahun.

1.2.4 Gross Profit Margin

Gross Profit Margin (GPM) merupakan efisiensi pengendalian harga pokok atau biaya produksinya yang mengindikasikan kemampuan perusahaan untuk memproduksi secara efisien. Rasio ini merupakan persentase dari laba kotor (*sales cost of goods sold*). Semakin besar *gross profit margin* semakin baik keadaan operasi perusahaan, karena hal ini menunjukkan bahwa *cost of goods sold* relative lebih rendah dibandingkan dengan *sales*. Data *gross profit margin* dari beberapa proses pembuatan metanol dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel.1.3 Tabel *Gross Profit Margin*

<i>Gross Provit Margin</i>			
Reaktan		Produk	
Senyawa	Harga (usd)	senyawa	Harga (usd)
Pati	1,2142857	<i>Yeast</i>	3,6
Air	1	Carbon Dioksida	2,857142857
Oksigen	2,5714286	Carbon Dioksida	2,857142857
Glukosa	3,9285714	Etanol	3,535714286
Jumlah	8,7142857		12,85
GPM		4,135714286	

1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Beragam lokasi yang akan dipilih dilakukan dengan Analisa SWOT (Strength, Weakness, Opportunities Dan Threat)

1.3.1 Kabupaten Lampung Tengah Kota Lampung

Kabupaten Lampung Tengah dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Peta Lokasi Alternatif 1

Kabupaten Lampung Tengah adalah salah satu kabupaten di Provinsi Lampung, Indonesia. Ibu kota kabupaten ini terletak di Gunung Sugih. Kabupaten ini memiliki luas wilayah 4.789,82 km². Letak Kabupaten Lampung Tengah cukup strategis dalam konteks pengembangan wilayah. Sebab selain dilintasi jalur lintas regional, baik yang menghubungkan antar provinsi provinsi. Hasil Analisa SWOT (Strength, Weakness, Opportunities Dan Threat) Kabupaten Lampung Tengah Kota Lampung Tabel 1.3.

Tabel 1.4 Analisa SWOT Kabupaten Lampung Tengah Kota Lampung

Variable	Internal		Eksternal	
	Strength (Kekuatan)	Weakness (Kelemahan)	Opportunities (Peluang)	Threat (Tantangan)
Bahan baku	Bisa membudidayakan bahan baku sendiri	Kurangnya pengalaman teknis untuk budidaya	Masih tersedia 62804 m ² lahan kosong	Perlunya sosialisasi pemanfaatan singkong karet
Pemasaran	Transportasi darat dan laut	Perlunya sosialisasi produk kepada masyarakat sekitar	Dekat dengan pusat kota dan jalan litas antar provinsi dan kabupaten kota	Kualitas mutu bersaing dengan pabrik lain
Utilitas	- Terdapat sungai Traktor - Listrik diperoleh dari PLN Rayon Rumbia	Air sungai keruh, Perlu pengolahan air utilitas	Kebutuhan air dapat diperoleh dari sungai traktor	- Potensi tercemarnya air sungai traktor
Tenaga kerja	Dapat diperoleh dari penduduk sekitar	Perlu dilakukan pelatihan	Mengurangi tingkat pengangguran dan meningkatkan kualitas SDM	Kecendrungan karyawan pindah ke perusahaan lain
Kondisi daerah	Cuaca dan iklim di daerah ini stabil (T= 26-30,5 °)	Daerah dataran rendah	Jauh dari pemukiman	Pembebasan lahan untuk pendirian pabrik

1.3.2. Kab OKU Timur Sumatera Selatan (Palembang)

Lokasi pertama terletak pada Kabupaten OKU Timur Sumatra Selatan yang dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Peta Lokasi Alternatif 2

Kabupaten OKU adalah salah satu kabupaten di Palembang, Indonesia. . Kabupaten ini memiliki luas wilayah 4.789,82 km². Hasil Analisa SWOT (Strength, Weakness, Opportunities Dan Threat) Kabupaten OKU Timur Sumatera Selatan (Palembang) Tabel 1.4

Tabel 1.5. Analisa SWOT Kabupaten OKU Timur Sumatera Selatan (Palembang)

Variable	Internal		Eksternal	
	Strength (Kekuatan)	Weakness (Kelemahan)	Opportunities (Peluang)	Threat (Tantangan)
Bahan baku	Dekat dengan Bahan Baku	Keterkaitan dengan pihak ketiga untuk bahan baku	Ketersediaan bahan baku yang cukup banyak	Menambah kawasan pabrik untuk lahan bahan baku
Pemasaran	Transportasi darat dekat dengan jalan tol, dan laut dekat dengan dermaga cabang	Perlunya sosialisasi produk kepada masyarakat sekitar	Dekat dengan kota dan kabupaten kota	Kualitas mutu bersaing dengan pabrik lain
Utilitas	- Terdapat sungai Komering - Listrik diperoleh dari PLN OPU Timur	- Air sungai keruh, perlu pengolahan air utilitas	Kebutuhan air dapat diperoleh dari sungai komering	- Potensi tercemarnya air sungai komering

Tenaga kerja	Masih tingginya angka pengangguran mencapai 18,67%	Perlu dilakukan pelatihan	Mengurangi tingkat pengangguran dan meningkatkan kualitas SDM	Kecendrungan karyawan pindah ke perusahaan lain
Kondisi daerah	Cuaca dan iklim di daerah ini stabil (T= 26-30,5 °)	Daerah dataran rendah	Masih tersedia 241.573 ha lahan kosong	Rawan bencana alam (banjir)

1.3.3 Kabupaten Malang, Jawa Timur

Kabupaten Malang, Jawa Timur dapat dilihat pada Gambar 1.4



Gambar 1.4 Peta Lokasi Alternatif 3

Kabupaten Malang adalah sebuah kabupaten di Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Kabupaten Malang adalah kabupaten terluas kedua di Jawa Timur setelah Kabupaten Banyuwangi dan merupakan kabupaten dengan populasi terbesar di Jawa Timur Kabupaten Malang memiliki luas wilayah 3.526 km². Hasil Analisa SWOT (Strength, Weakness, Opportunities Dan Threat) Kabupaten Malang, Jawa Timur Tabel 1.5.

Tabel 1.5. Analisa SWOT Kabupaten Malang, Jawa Timur

Variable	Internal		Eksternal	
	Strength (Kekuatan)	Weakness (Kelemahan)	Opportunities (Peluang)	Threat (Tantangan)
Bahan baku	Dekat dengan bahan baku	Bahan baku bukan milik sendiri	Ketersediaan bahan baku yang cukup banyak	Menambah kawasan pabrik untuk lahan bahan baku
Pemasaran	Transportasi darat dan dermaga sendang biru	Perlu sosialisasi produk pada masyarakat	Dekat dengan pelabuhan, di pasarkan ke berbagai industri	Adanya perusahaan lain yang memproduksi produk yang sama (PT. Molindo Raya Industrial)
Utilitas	Dengan dengan laut jawa	Pengolahan air laut lebih banyak memakan biaya dan kebutuhan listrik belum tersedia	Ketersediaan air yang banyak	Pengolahan air yang lebih baik
Tenaga kerja	Dapat diperoleh dari penduduk sekitar	Perlu dilakukan pelatihan	Mengurangi tingkat pengangguran	Meningkatkan kualitas SDM Kecendrungan karyawan pindah ke perusahaan lain
Kondisi daerah	Cuaca dan iklim di daerah ini stabil (T= 26-30,5 °)	Daerah dataran tinggi	Strategis untuk pasar ekspor dan impor	Rawan bencana alam

Pemilihan pembangunan lokasi pabrik bioethanol dengan kapasitas 7.500 KL/Tahun dari bahan baku singkong karet akan direncanakan di provinsi Sumatra Selatan. Beragamnya lokasi yang akan dipilih tersebut membuat pemilihan lokasi dilakukan dengan analisa SWOT (strength, weakness, opportunities, dan threat). Berdasarkan analisa SWOT maka pabrik bioethanol akan didirikan di kabupaten OKU Timur Sumatra Selatan, ini berdasarkan fasilitas yang tersedia seperti :

1. Ketersediaan lahan yang akan pembudidayaan sebesar 4.789,82 km² yang dapat memenuhi kebutuhan bioethanol di Indonesia tahun 2030 sebesar 7500 KL / tahun.
2. Sumber air berasal dari sungai Komerling
3. Aksesibilitas transportasi darat yang mudah karena dekat dengan jalan lintas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Bioetanol (C_2H_5OH) adalah cairan biokimia pada proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat yang menggunakan bantuan mikroorganisme.

Etanol dikategorikan dalam dua kelompok utama, yaitu:

1. Etanol 95-96%, disebut dengan “etanol berhidrat”, yang dibagi dalam:
 - a. Technical/raw spirit grade, digunakan untuk bahan bakar spiritua, minuman, desinfektan, dan pelarut.
 - b. Industrial grade, digunakan untuk bahan baku industri dan pelarut.
 - c. Potable grade, untuk minuman berkualitas tinggi.
2. Etanol > 99,5%, digunakan untuk bahan bakar.

Bahan baku yang dapat digunakan pada pembuatan etanol adalah nira bergula (sukrosa): nira tebu, nira nipah, nira sorgum manis, nira kelapa, nira aren, nira siwalan, sari buah mete; bahan berpati: tepung - tepung sorgum biji, sagu, singkong, ubi jalar, ganyong, garut, umbi dahlia; bahan berselulosa (lignoselulosa): kayu, jerami, batang pisang, bagas dan lain-lain (LIPI, 2008). Salah satu jenis singkong yang dapat dijadikan sebagai bahan baku adalah singkong karet.

Salah satu jenis singkong yang memiliki sumber pati yang sangat potensial untuk dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol yang berasal dari tumbuhan yaitu singkong karet (*Manihot glaziovii*). Alasan penggunaan singkong karet karena singkong karet merupakan salah satu jenis singkong beracun yang mengandung sianida (CN-) sehingga kurang dimanfaatkan, namun memiliki kadar karbohidrat tinggi sebesar 98,47% dan berat 4 kali lipat berat singkong biasa. Oleh karena itu, singkong jenis ini dapat digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan bioetanol.

2.1.1 Singkong Karet

Kandungan singkong karet ini pun cukup banyak, dapat dilihat pada Tabel 2.1

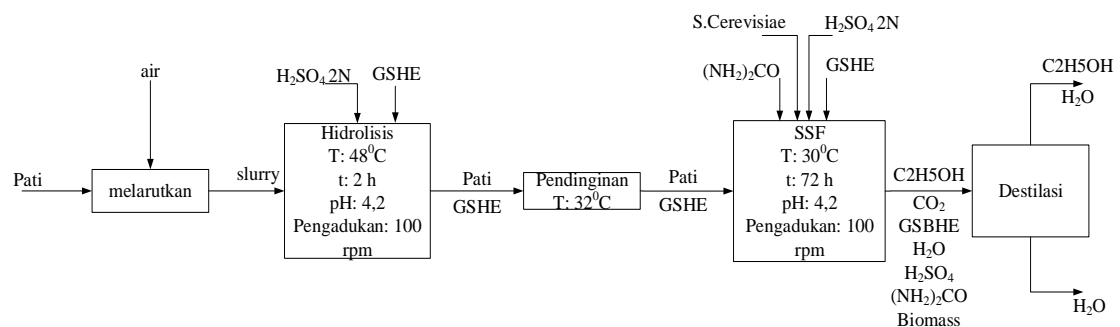
Tabel 2.1 Kandungan Singkong Karet

No	Analisa	Kadar (%)
1	Kulit	10%
2	Pengotor	0,7%
3	Air	50%
4	Karbohidrat	35%
5	Protein	2%
6	Lemak	0,30%
7	Serat	1%

Sumber: Laboratorium ilmu makanan ternak FP Undip (2013)

2.2 Tinjauan Proses

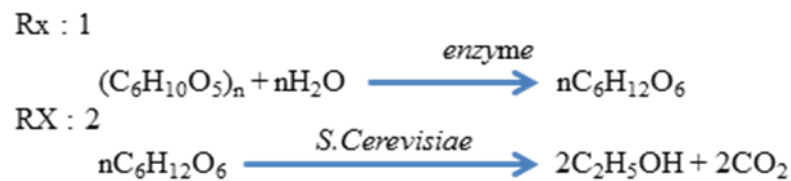
2.2.1 Proses Pembuatan Bioetanol Menurut Sarocha Pradyawong



Gambar 2.1 Proses Pembuatan Bioetanol Menurut Sarocha Pradyawong

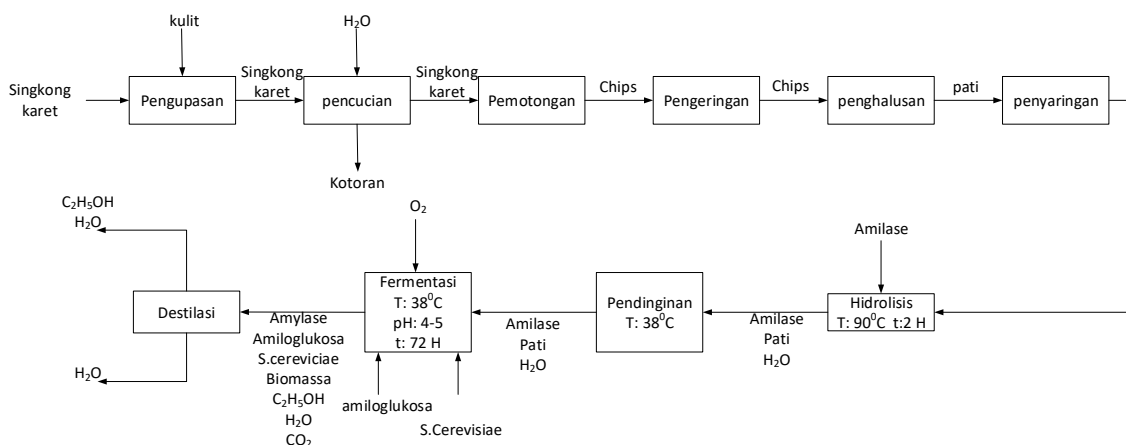
Berdasarkan jurnal **Sarocha Pradyawong** proses pembuatan bioetanol merupakan modifikasi dari proses pembuatan bioetanol secara konvensional. Dimana proses ini terdiri dari *slurrying*, *incubation*, dan *SSF* (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) dan dilanjutkan dengan *distillation*. *Slurrying* merupakan proses penambahan air pada serbuk pati kering hingga membentuk seperti slurry atau gel. Selanjutnya slurry dimasukkan kedalam shaker water bath untuk dilakukan proses inkubasi dengan ditambahkan enzim GSH yang berlangsung selama 2 jam dengan temperatur 48°C dan pH *slurry* pati sekitar 4,2 diatur dengan penambahan asam sulfat (H₂SO₄) 2N. Selanjutnya didinginkan terlebih dahulu sebelum melalui proses *SSF*

hingga suhu nya mencapai 32 °C. SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) merupakan kombinasi dari proses sakarifikasi dan fermentasi yang berlangsung secara bersamaan. Pada proses ini ditambahkan GSH enzim, urea dan *S.cerevisiae* dan asam sulfat (H₂SO₄) 2N untuk mengatur pH tetap terjaga pada 4,2 dengan temperatur sekitar 32 °C dan difermentasi selama 72 jam. Proses ini terjadi 2 reaksi sekaligus seperti berikut



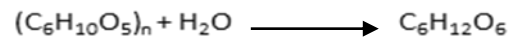
Pada reaksi penguraian glukosa menjadi etanol dengan menggunakan proses GSH ini didapatkan yield etanol mencapai 77% dimana lebih tinggi 2,8% daripada proses konvensional. Etanol yang dihasilkan masih merupakan etanol dalam bentuk bir . Untuk selanjutnya dilakukan distilasi untuk didapatkan etanol murni dengan konsentrasi 99,5% untuk BBM.

2.2.2 Proses Pembuatan Bioetanol Menurut Joseph Ikwebe



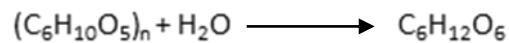
Gambar 2.2 Proses Pembuatan Bioetanol Menurut Joseph Ikwebe

Berdasarkan Joseph Ikwebe Proses produksi bioethanol dari pati melewati beberapa tahap,yaitu tahap persiapan (*Preparation*) Hidrolisis (*Hydrolysis*) Fermentasi (*Fermentation*), dan distilasi (*Distillation*).pada tahap pretreatment dilakukan pengelupasan kulit umbi terlebih dahulu selanjutnya dilakukan proses pencucian untuk menghilangkan pengotor yang terdapat pada umbi. Umbi selanjutnya memasuki tahap pemotongan dan dilakukan pengeringan dengan bantuan sinar matahari. Chip yang telah kering kemudian dihaluskan dan diayak dengan ukuran mesh 90 mikrometer. Selanjutnya pati memasuki tahap *liquefaction* yaitu proses penguraian pati (polisakarida) menjadi dekstrin dengan bantuan enzim alfa amylase pada suhu 90°C selama 2 jam. Reaksi pada tahap liquefaction sebagai berikut

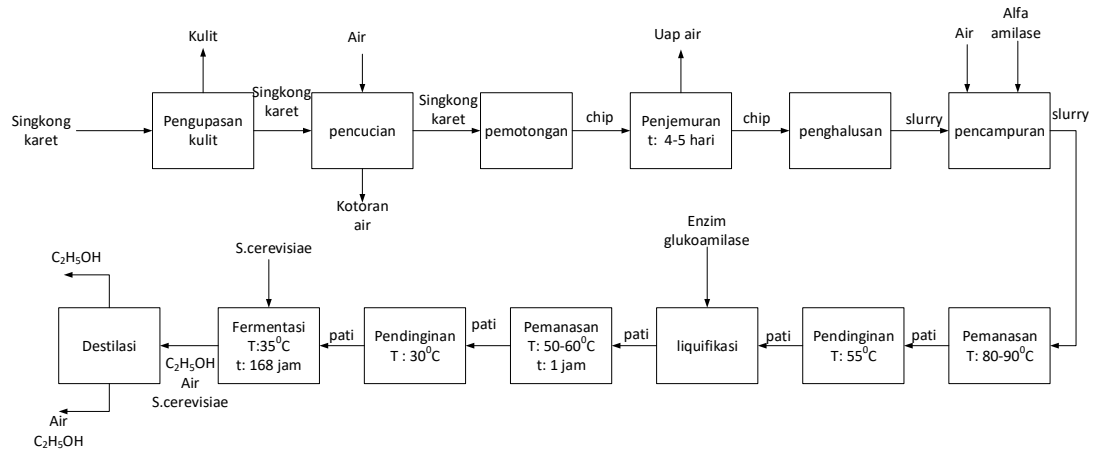


Slurry kemudian didinginkan hingga suhu 38 °C sebelum memasuki tahap SSF. Pada tahap SSF (Simultans saccharification fermentation) terjadi proses penguraian dekstrin menjadi glukosa dengan bantuan enzim *amiluglوكosidase* dan proses fermentasi dengan bantuan *saccharomyces cerevisiae* dengan suhu 38 °C dan pH 4 selama 72 jam. Pada tahap SSF diperoleh yield ethanol sekira 20 – 24%.

Berikut adalah reaksi pada tahap SSF :



2.2.3 Proses Pembuatan Bioetanol Menurut Arifwan

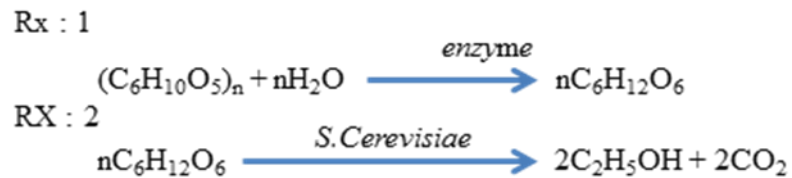


Gambar 2.3 Proses Pembuatan Bioetanol Menurut Arifwan

Berdasarkan jurnal Arifwan Proses pembuatan bioetanol dimulai dengan tahap preparasi. Preparasi dilakukan untuk pengambilan pati dari singkong. Dilakukan pengelupasan kulitnya terlebih dahulu selanjutnya dilakukan proses pencucian dengan air bersih untuk menghilangkan pengotor yang terdapat pada umbi singkong karet. Umbi selanjutnya memasuki tahap pemotongan kecil-kecil dan kemudian di jemur disinar matahari selama 4-5 hari hingga kering. Selanjutnya dihaluskan dengan blender hingga menjadi tepung.

Selanjutnya pati memasuki tahap *liquefaction* dimana serbuk pati yang sudah kering dicampurkan dengan air hingga membentuk *slurry* atau gel. Setelah itu ditambahkan alfa-amilase dan dipanaskan dengan suhu 80-90 °C sambil di aduk selama 60 menit. Selanjutnya didinginkan terlebih dahulu hingga suhu 55 °C yang dilanjutkan pada proses sakarifikasi. Sampel hasil proses liquifikasi di tambahkan enzim glukosa-amilase, selanjutnya dipanaskan dengan suhu 50-60 °C sambil diaduk selama 60 menit kemudian didinginkan hingga 30°C. Selanjutnya fermentasi ditambahkan *Saccharomyces cerevisiae* dan nutrient berupa ammonium sulfat

sebanyak 1% dan difermentasi selama 168 jam dengan suhu 35 °C. Proses ini terjadi 2 reaksi sekaligus seperti berikut.



Proses ini menghasilkan yield etanol sebesar 28,18% untuk bahan baku singkong karet.

Tabel 2.2 Perbandingan Proses 1,2 dan 3

Parameter	Proses 1 (Sarocha Pradyawong)	Proses 2 (Joseph Ikwebe)	Proses 3 (Arifwan)
Bahan baku	Pati	Singkong (Manihot esculenta Crantz)	Singkong karet
Bahan penunjang	GSH Enzym / Stargen™ 200 Urea Saccharomyces cerevisiae H ₂ SO ₄	α Amylase Amyloglucosidase	Enzim Alfa-Amilase Saccharomyces cerevisiae
Suhu inkubasi / liquefaction	48°C	90 °C	80°C
Suhu SSF	32 °C	38°C	35 °C
Yield	77 %	20 – 24%	28,18%
Waktu tinggal	72 jam	72 jam	72 jam

Dari ketiga proses pembuatan bioethanol dari pati yang telah diuraikan diatas dipilih proses yang pertama, dengan alasan :

1. Yield yang dihasilkan tinggi
2. Suhu yang digunakan pada proses inkubasi lebih rendah dari pada proses lainnya
3. Suhu yang digunakan pada SSF lebih rendah dibandingkan 2 proses lainnya

2.3 Sifat Fisik Dan Kimia Bahan

2.3.1 Bahan Baku

Singkong Karet (*Manihot glaziovii* Muell)

- Pati (Amilum)

Rumus molekul : $(C_6H_{10}O_5)_n$

Sifat-sifat fisika :

1.	Fasa	Padat
2.	pH	6,0 – 7,5 pada 20 g/l 25°C
3.	Bau	tidak berbau
4.	Rasa	tawar
5.	Warna	putih
6.	Kelarutan dalam air	50 g/l pada 90°C
7.	Densitas curah	300 kg/m ³

Sumber : LDKB (2014)

2.3.1 Bahan Penunjang

- Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*)

Sifat-sifat fisik :

1.	Bentuk	Oval
2.	Tumbuh pada temperature	28-35 °C
3.	pH	3-8,5
4.	Kelarutan dalam air	larut sebagian

Sumber : MSDS (2013)

- GSH enzim (Stargen™ 002)

Sifat-sifat fisik :

1.	Warna	coklat
2.	pH	4,0 – 4,5
3.	Temperatur hidup	48°C
4.	<i>Specific gravity</i>	1,13 – 1,16 g/ml

Sumber : DuPont (2012)

- Air

Rumus molekul : H₂O

Sifat-sifat fisika :

1.	Fasa	cairan tidak berwarna
2.	Berat Molekul	18,016 kg/kmol
3.	Titik Lebur	0 °C (273 K)
4.	Titik Didih	100 °C (373 K)
5.	Densitas	0,997 (32 °C)
6.	Viskositas (32°C)	1,749 cP
7.	Specific Gravity	1,00
8.	Kapasitas Panas (Fasa Liquid)	4,179 J/g.°C
9.	Konduktivitas Termal	0,381Btu/(hr)/(ft ²)/(°F/ft)(86° F)

Sifat-sifat kimia :

1. Dapat melarutkan banyak elektrolit
2. Dayahantar listriknya tinggi

(Perry & Green, 1997, Kirk-Othmer, 1971, Atkins, 1990)

- Urea

Rumus molekul : (NH₂)₂CO

Sifat-sifat fisika :

	Fasa	Padatan Putih
	Berat Molekul	60 kg/kmol
1	Titik Lebur	133 - 135 °C
2	Densitas	132 g/mol
3	Viskositas (32°C)	1,749 Cp

Sifat-sifat kimia :

1. Kelarutan dalam glycerol 500 g/Liter
- 2.

2.3.3 Produk

- Bioetanol

Rumus Molekul : C_2H_5OH

Sifat-sifat fisika :

1.	Berat molekul	46,08 g/mol
2.	Titik leleh	-130 °C
3.	Titik Didih	78,2°C
4.	Warna	Tidak Berwarna
5.	Fasa	Cairan
6.	Densitas	809 kg/m ³
7.	pH	7
8.	Kelarutan	Mudah larut dalam air

Sifat-sifat kimia :

1. Oksidator Kuat
2. Mudah terbakar

Sumber : MSDS ScienceLab.com, Inc. (2005)

- Karbondioksida

Rumus Molekul : CO_2

Sifat-sifat fisika :

1.	Berat Molekul	44,02gr/l
2.	pH	3,7
3.	Specivic Gravity Gas	1,53 (pada 21,11°C, 1 atm)
4.	Densitas gas	1.976 g/L pada 760 mm Hg
5.	Densitas Cair	0.914 g/L pada 34.3 atm
6.	Densitas Padat	1.512 g/L pada -56.6 oC
7.	Tekanan Kritis	73,825 bar
8.	Temperatur Kritis	31,01°C

Sifat-sifat kimia :

1. Tidak dapat terbakar

Sumber : MSDS Praxair(2016)

2.4 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Spesifikasi bahan baku, bahan penunjang, dan produk dapat dilihat pada tabel berikut.

1. Singkong karet

Analisa	Kadar (%)
Kadar abu	0,4734
Kadar lemak kasar	0,5842
Kadar serat kasar	0,0067
Kadar protein kasar	0,4750
Kadar karbohidrat	98,4674
Total	100

2. Air

Kemurnian (%)	100
---------------	-----

3. Bioetanol

Kemurnian (%)	99%
Impuritis (air)	1%

4. *Saccharomyces Cerevisiae*

Protein Kasar	50- 52%
Karbohidrat	30-37%
Lemak	4-5%
Mineral	7-8%
Total	100 %

Sumber : Rees Dan Nagodawithana (1991)

BAB III

TAHAPAN DAN DESKRIPSI PROSES

3.1 Tahapan Proses dan Blok Diagram

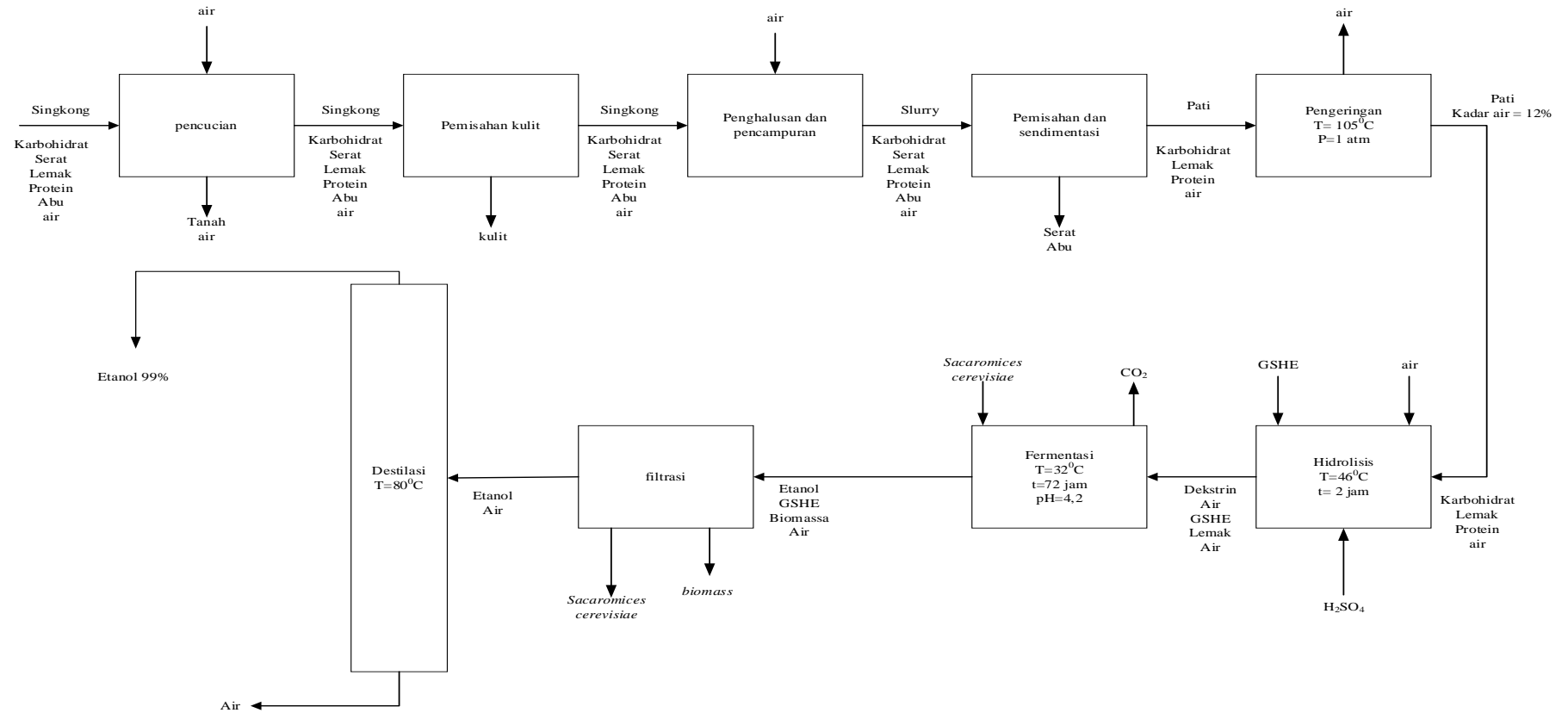
3.1.1 Tahapan Proses

Pembuayan bioetanol dari singkong karet menggunakan proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation*. Proses pembuatan bioetanol terdiri atas tiga tahapan proses, yaitu :

1. Proses Persiapan Bahan Baku (*Pre-treatment*)
2. Proses Pembuatan Bioetanol
3. Proses Pemurnian Bioetanol

3.1.2 Blok Diagram

Diagram alir proses pembuatan bioetanol dari singkong karet menggunakan proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation*. dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Diagram Pembuatan Bioetanol Dari Singkong Karet

3.2 Deskripsi Proses dan *Flowsheet*

3.2.1 Deskripsi Proses

3.2.1.1 Proses Persiapan Bahan Baku (*Pre-treatment*)

1. Tahap Pencucian dan pengelupasan kulit

Tahap pertama pembuatan bioetanol dari singkong karet adalah pencucian. Singkong karet yang sudah dikumpulkan di gudang penyimpanan (WH-101-1) kemudian diangkut dengan menggunakan *belt conveyor*(BC 102-1). Lalu singkong karet dimasukkan ke alat pencuci dan pengupas kulit *Pewel and Washer*(PW 103-1) sehingga singkong karet bersih dari kulit dan pengotor seperti tanah yang tidak diperlukan. maka Singkong karet yang telah bersih dan bebas dari kulitnya akan di angkut dengan *screw conveyor* (SC 104-1)

2. Tahap Penghalusan dan Pemisahan Pati

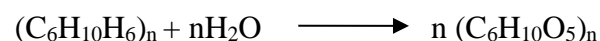
Singkong karet diumpankan menuju *Smoothing and Mixing* (SMT 105-1) Di dalam blender terjadi penghalusan singkong bertujuan untuk memperluas permukaan kontak antara pelarut (air) dan singkong karet. Selanjutnya *Slurry* dipompakan dengan pompa *slurry* (PS 106-1) menuju *Rotary Vacum Vilter* (RVT 107-1) untuk dipisahkan serat dari larutan pati. Larutan pati kemudian dipompakan ke alat *centrifuge* (CT 108-1) untuk pemisahan antara pati dan air.

Pati yang telah dipisahkan kemudian dikeringkan dalam *Rotary Drayer* (RD 109-1) dari kadar air 60-70 % sampai 12 %. kemudian dialirkan menuju tangki penampungan sementara (SL 112-1).

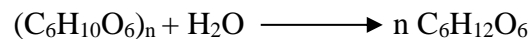
3.2.1.2 Proses Pembuatan Bioetanol

1. Hidrolisis pati

Pada tahap ini pati dihidrolisis dengan menggunakan air dan bantuan enzim Stargen TM⁰⁰² yang dipompakan dari tangki penyimpanan enzim. Proses hidrolisis berlangsung pada temperatur 48°C selama 2 jam serta pH 4,2. Agar selama proses hidrolisis kondisi pH dapat dipertahankan, maka ditambahkan larutan H₂SO₄. Larutan H₂SO₄ dipompakan dari tangki penyimpanan H₂SO₄. Tahap liquifaksi ini menghasilkan dekstrin. Konversi pati menjadi dekstrin adalah sebesar 95,14% (Zusfahair, 2012). Adapun reaksinya sebagai berikut:

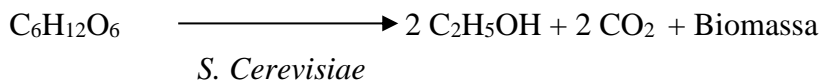


Pada Tahap sakarifikasi menghasilkan glukosa. Konversi dekstrin menjadi glukosa adalah sebesar 98% (Omemu, 2005). Adapun reaksinya sebagai berikut :



2. Tahap Fermentasi

Larutan pati dari tangki hidrolisis (RH-115-1) diumpankan menuju fermentor (F-204-1) dengan menggunakan pompa untuk dilakukan proses fermentasi. Proses fermentasi dilakukan dengan bantuan *saccharomyces cerevisiae* yang diumpankan dari tangki seed fermentor. Proses fermentasi berlangsung selama 72 jam pada temperatur 30°C dengan pH 4,2. Tahap fermentasi ini menghasilkan campuran liquid dan solid berupa bioetanol, air, biomass,. Adapun reaksinya sebagai berikut :



3.2.1.3 Proses Pemurnian Bioetanol

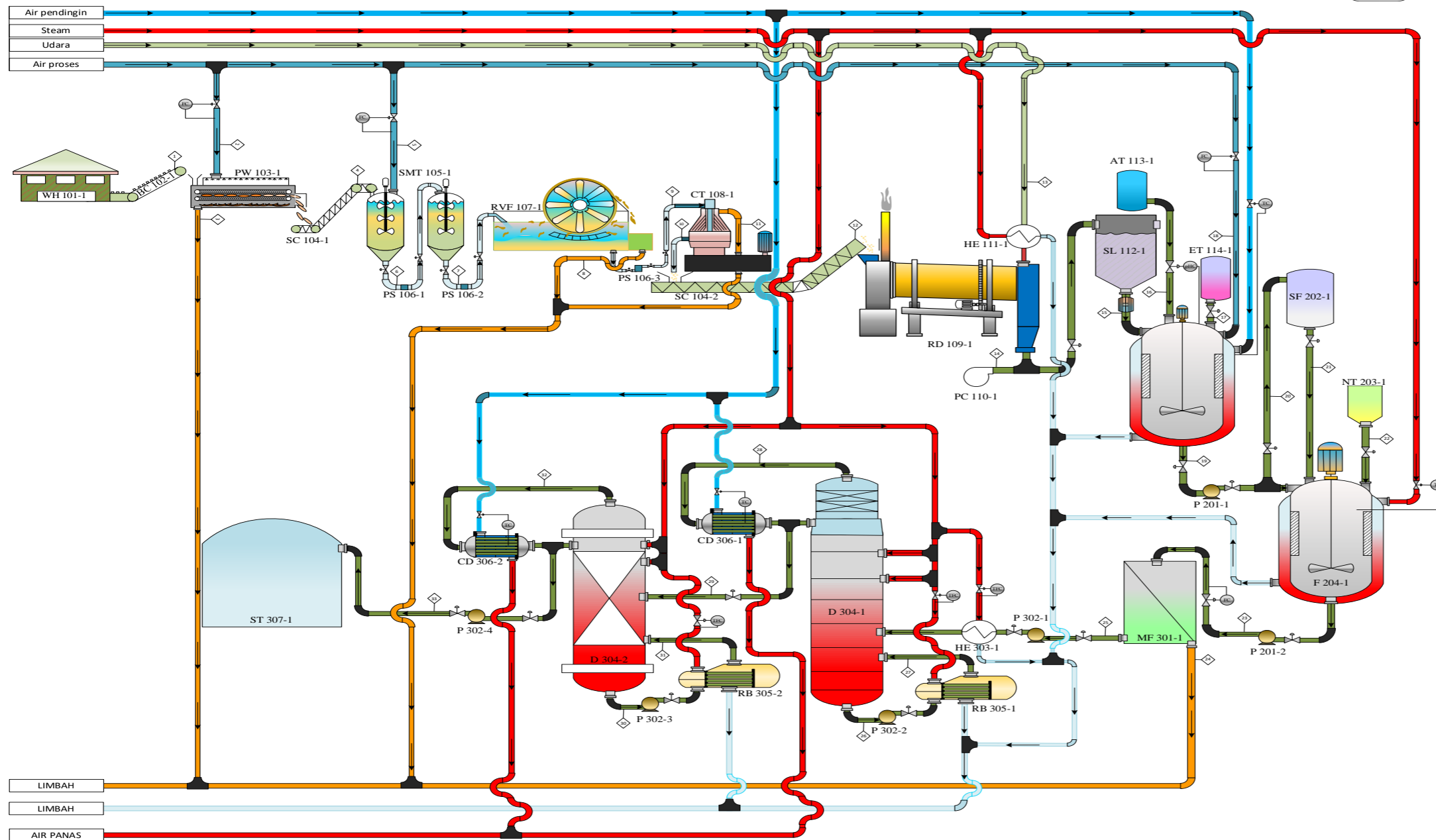
1. Penyaringan

Setelah tahap fermentasi pada (F 204-1) bioetanol yang terbentuk masih bercampur dengan sisa reaktan dan pengotor. Selanjutnya campuran bioetanol diumpankan menuju (MF 301-1) untuk dilakukan pemurnian. Tahapan pemurnian pertama yaitu pemisahan *Saccharomyces Cerevisiae* dan biomassa. Didalam mikrofilter terdapat tubular membran dengan ukuran porositas 0,4 mikron yang mampu memisahkan antara yeast dan bioetanol. Pada mikrofilter, yeast yang ada akan tertahan pada membran karena membran hanya dapat dilalui oleh larutan bioetanol dan sisa reaktan.

2. Distilasi

Selanjutnya diumpankan menuju kolom distilasi (D-304-1) dan (D-304-2) dengan bantuan pompa untuk dilakukan pemisahan antara bioetanol dan air. Distilasi berlangsung pada suhu 80°C dengan tekanan 1 atm selama 1 jam.

FLWSHEET PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI SINGKONG KARET(MANIHOT GLAZIOVII M.A.) DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 7500 KL/TAHUN



No	Kode Alat	Keterangan
1	WH 101-1	Warehouse
2	BC 102-2	Belt Conveyor
3	PW 103-1	Peller and Washer
4	SC 104-1 s/d 104-2	Screw Conveyor
5	SMT 105-1	Smoothing and Mixing
6	PS 106-1 s/d 106-3	Pompa Slurry
7	RVF 107-1	Rotary Vacum Filter
8	CT 108-1	Centrifuge
9	RD 109-1	Rotary Dryer
10	PC 110-1	Pneumatic Conveyor
11	HE 111-1	Heat Exchanger
12	SL 112-1	Silo
13	AT 113-1	Acid Tank
14	ET 114-1	Enzim Tank
15	RH 115-1	Reaktor Hidrolisi
16	P 201-1 s/d 201-2	Pompa sentrifugal
17	SF 202-1	Seed Fermentor
18	NT 203-1	Nutrien Tank
19	F 204-1	fermentor
20	MF 301-1	Mikro Filter
21	P 302-1 s/d 302-4	Pompa sentrifugal
22	D 304-1 s/d 304-2	Destilasi
23	RB 305-1 s/d 305-2	Reboiler
24	CD 306-1 s/d 306-2	Condensor
25	ST 307-1	Storage tank
27	HE 303-1	HEAT EXCHANGER

No	Kode Alat	Keterangan	Komponen	Aliran																													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
1	WH 101-1	Warehouse																															
2	BC 102-2	Belt Conveyor	karbohidrat	3121,188			3121,188			3121,188			3121,188			3121,188																	
3	PW 103-1	Peller and Washer	Serat	89,1768			89,1768			89,1768			89,1768			89,1768																	
4	SC 104-1 s/d 104-2	Screw Conveyor	Protein	178,3536			178,3536			178,3536			178,3536			178,3536																	
5	SMT 105-1	Smoothing and Mixing	Lemak	26,75304			26,75304			26,75304			26,75304			26,75304																	
6	PS 106-1 s/d 106-3	Pompa Slurry	Air	4458,84	17835,36	16051,82	6242,376	5297,11	11539,48	11539,48	11539,48	923,1587	10616,33	923,1587	110,779	110,779				9363,564	9148,178901	914,8178901	895,7604147		9346,337047		9346,337047	467	8879	425,2583	42,05852		
7	RVF 107-1	Rotary Vacum Filter	Abu	89,1768			89,1768			89,1768			89,1768			89,1768																	
8	CT 108-1	Centrifuge	pengotor	62,42376			62,42376			62,42376			62,42376			62,42376																	
9	RD 109-1	Rotary Dryer	kulit	891,768			891,768			891,768			891,768			891,768																	
10	PC 110-1	Pneumatic Conveyor	Deskain																														
11	HE 111-1	Heat Exchanger	Glukosa																														
12	SL 112-1	Silo	Saccharomyces cerevisiae																														
13	AT 113-1	Acid Tank	Urea																														
14	ET 114-1	Enzim Tank	Enzim Stargen																														
15	RH 115-1	Reaktor Hidrolisi	H2SO4																														
16	P 201-1 s/d 201-2	Pompa sentrifugal	Biomassa																														
17	SF 202-1	Seed Fermentor	Bioetanol																														
18	NT 203-1	Nutrien Tank	Udara																														
19	F 204-1	fermentor	Temperatur (o C)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
20	MF 301-1	Mikro Filter	Tekanan (atm)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Jurusan Teknik Kimia
 Fakultas Teknologi Industri
 Universitas Bung Hatta

Digambar
 Febrin Pratama
 1610017411006
 Ikhsanul Amri
 1610017411023

Diperiksa dan Disetujui
 Ir. Elmi Sundari , M. T
 (pembimbing I)
 Dr. Firdaus, S. T, M. T
 (pembimbing II)

BAB IV

NERACA MASSA DAN ENERGI

Neraca massa dan neraca energi merupakan keterangan yang dapat menunjukkan banyaknya massa dan panas yang masuk, keluar dan terakumulasi pada setiap peralatan proses. Neraca massa dan neraca energi ini berguna untuk menentukan spesifikasi dan ukuran dari peralatan yang digunakan.

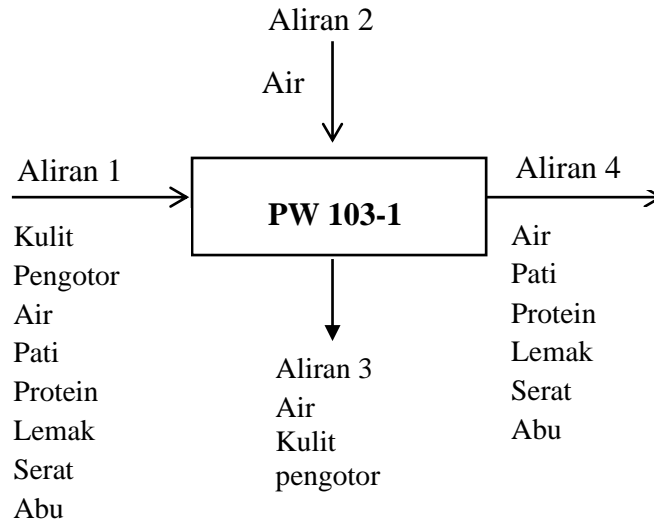
4.1 Neraca Massa

Berdasarkan perhitungan neraca massa pada Lampiran A, diperoleh neraca massa sebenarnya untuk masing-masing peralatan yang digunakan.

Untuk menghasilkan Bioetanol 7500 KL / tahun dibutuhkan umpan singkong karet sebesar 6.067.500 kg/tahun.

4.1.1. *Peeler and washer (PW103-1)*

Fungsi : Sebagai tempat untuk memisahkan kulit dan pengotor dari umbi singkong karet

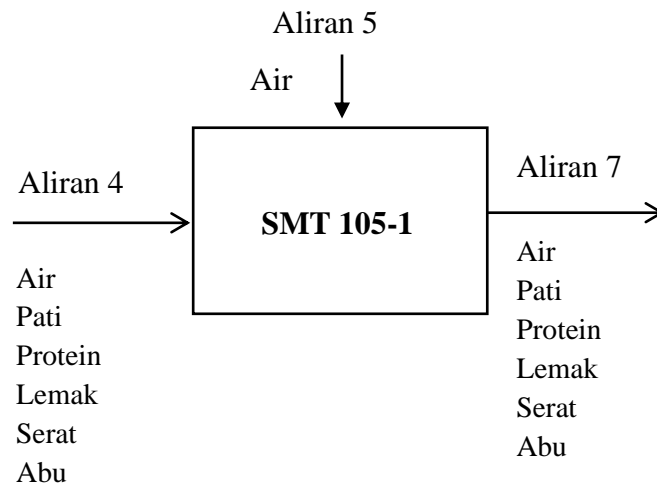


Tabel 4.1 Neraca Massa *Peeler and washer (PW 103-1)*

Komponen	Masuk		Keluar	
	F1	F2	F3	F4
	KG/JAM	KG/JAM	KG/JAM	KG/JAM
Kulit	891,768		891,768	
Pengotor	62,4238		62,42376	
Air	4458,84	17835,36	16051,82	6242,376
Karbohidrat	3121,19			3121,188
Protein	178,354			178,3536
Lemak	26,753			26,75304
Serat	89,1768			89,1768
Abu	89,18			89,1768
Sub total	8917,68	17835,36	17006,02	9747,024
Total	26753,04		26753,04	

4.1.2. *Smoothing and Mixing (SMT 105-1)*

Fungsi : Tempat untuk mengekstrak pati singkong karet

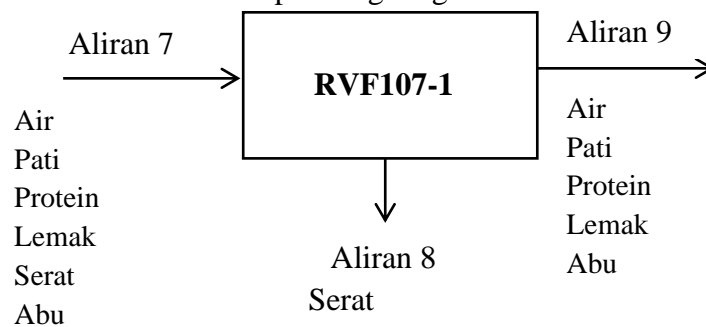


4.1.3. **Tabel 4.2** Neraca Massa *Smoothing and Mixing (SMT 105-1)*

Komponen	Masuk				Keluar	
	F4		F5		F6	
	%	kg	%	kg	%	kg
Air	64,0%	6242,376	100%	5297,11	76,7%	11539
Karbohidrat	32,0%	3121,188			20,7%	3121,188
Protein	1,8%	178,3536			1,2%	178,3536
Lemak	0,3%	26,75304			0,2%	26,75304
Serat	0,9%	89,1768			0,6%	89,1768
Abu	0,9%	89,1768			0,6%	89,1768
Sub total	100%	9747,024	100%	5297,11	100%	15044,13
Total		15044,13				15044,13

4.1.4. *Rotary Vakum Filter (RVF 107-1)*

Fungsi : Memisahkan serat dari pati singkong karet

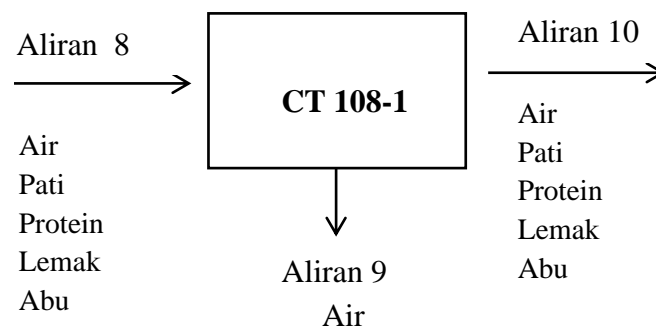


Tabel 4.3 Neraca Massa *Rotary Vakum Filter* (RVF 107-1)

Komponen	Masuk		Keluar			
	F6		F7		F8	
	%	kg	%	kg	%	kg
Air	76,7%	11539,48			77,2%	11539
Karbohidrat	20,7%	3121,188			20,9%	3121,188
Protein	1,2%	178,3536			1,2%	178,3536
Lemak	0,2%	26,75304			0,2%	26,75304
Serat	0,6%	89,1768	100%	89,1768		
Abu	0,6%	89,1768			0,6%	89,1768
Sub total	100%	15044,13	100%	89,18	100%	14954,96
Total	15044,13		15044,13			

4.1.5. Centrifuge (CT 108-1)

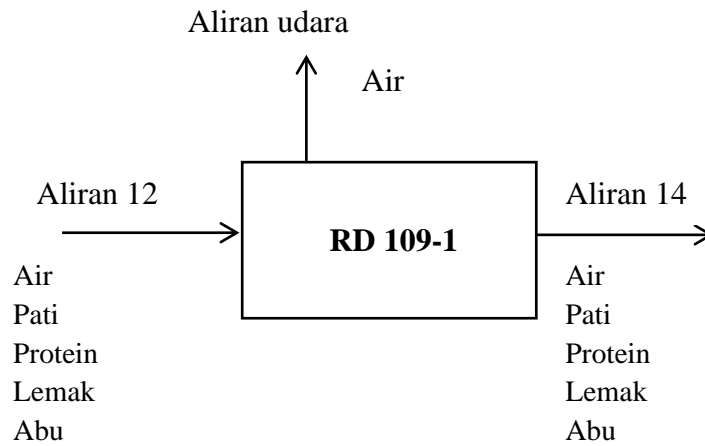
Fungsi : tempat untuk memisahkan pati dan air

**Tabel 4.4** Neraca Massa *Centrifuge* (CT 108-1)

Komponen	Masuk		Keluar			
	F8		F9		F10	
	%	kg	%	kg	%	kg
Air	77,2%	11539,48	100%	10616,33	21,3%	923,2
karbohidrat	20,9%	3121,188			71,9%	3121,188
Protein	1,2%	178,3536			4,1%	178,3536
Lemak	0,2%	26,75304			0,6%	26,75304
Abu	0,6%	89,1768			2,1%	89,1768
Sub total	100,0%	14954,96		10616,33	100%	4338,63
Total	14954,96		14954,96			

4.1.6. Rotary Dryer (RD 109-1)

Fungsi : Mengurangi kandungan air dari pati

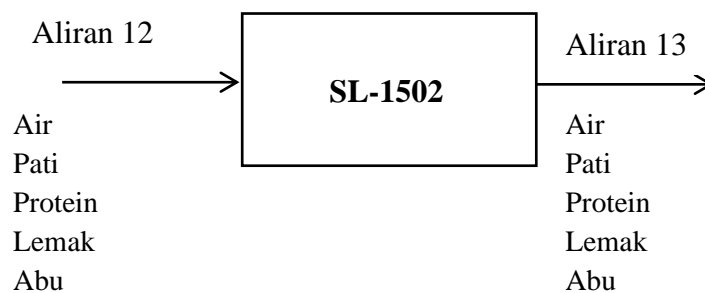


Tabel 4.5 Neraca Massa Rotary Dryer (RD 109-1)

Komponen	Masuk		Keluar			
	F10		f udara		F14	
	%	kg	%	kg	%	kg
Air	21,3%	923,16	100%	812,38	3,1%	110,8
karbohidrat	71,9%	3121,188			88,5%	3121,188
Protein	4,1%	178,3536			5,1%	178,3536
Lemak	0,6%	26,75304			0,8%	26,75304
Abu	2,1%	89,1768			2,5%	89,1768
Sub total	100%	4338,63		812,38	100%	3526,25
Total	4338,63		4338,63			

4.1.7. Silo (SL-1502)

Fungsi : Tempat penyimpanan pati sementara

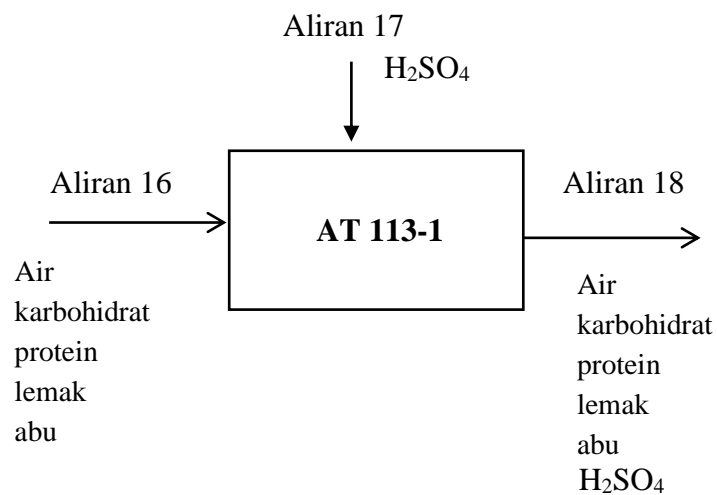


Tabel 4.6 Neraca Massa Silo (SL-1502)

Komponen	Masuk	Keluar
	F12(kg/jam)	F13(kg/Jam)
Air	2667,81	2667,81
karbohidrat	9363,56	9363,56
Protein	535,06	535,06
Lemak	80,26	80,26
Abu	267,53	267,53
Sub total	12914,23	12914,23
Total	12914,23	12914,23

4.1.8. H_2SO_4 Tank (AT-113-1)

Fungsi : Tempat penyimpanan H_2SO_4

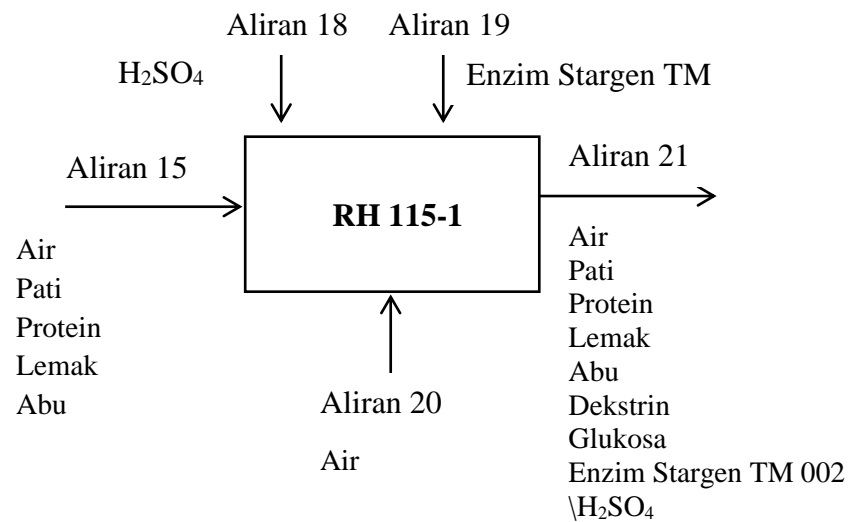


Tabel 4.7 Neraca Massa H_2SO_4 Tank (AT 113-1)

Komponen	Masuk		Keluar
	F12	F13	F14
air	106,713	3,10494E-07	106,71252626
karbohidrat	3.121,188		3.121,188
protein	178,354		178,354
lemak	26,753		26,753
abu	89,177		89,177
H2SO4		0,0000155	0,0000155
JUMLAH	3.522,184	0,0000158352	3.522,184
TOTAL	3.522,184		3.522,184

4.1.9. Reaktor Hidrolisis (RH 115-1)

Fungsi : Tempat hidrolisis pati menjadi glukosa

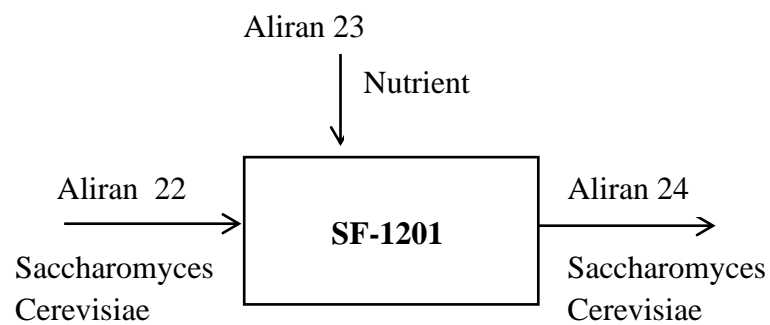


Tabel 4.8 Neraca Massa Reaktor Hidrolisis (RH 115-1)

komponen	masuk			keluar
	F14(kg/jam)	F15(kg/jam)	F16(kg/jam)	F17(kg/jam)
air	106,713	9363,56		9144,11238
karbohidrat	3121,19			156,05940
protein	178,35360			178,3536
lemak	26,75304			26,75304
abu	89,1768			89,1768
dekstrin				62,597159
glukosa				3228,69559
enzim stragen			48,378414	48,378414
asam sulfat	0,00002			0,0000155
sub total	3522,184	9363,56	48,378414	12934,12640
total		12934,126		12934,12640

4.1.10. Seed Fermentor (SF-1201)

Fungsi : menyiapkan ragi untuk fermentasi

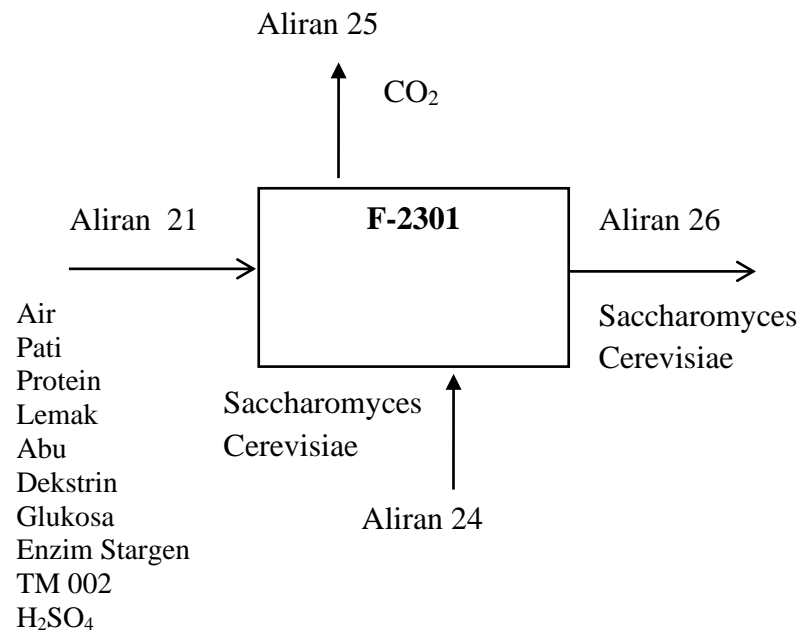


Tabel 4.9 Neraca Massa Seed Fermentor (SF-1201)

Komponen	masuk		keluar	
	f18	f19	f20	f21
air	914,8178901		895,7604147	
karbohidrat	15,60594		15,60594	
protein	17,83536		17,83536	
lemak	2,675304		2,675304	
abu	8,91768		8,91768	
H2SO4	1,55724E-06		1,55724E-06	
dekstrin	6,259715933		6,259715933	
glukosa	322,8695587		317,26728171	
enzim stragen	4,8378414		4,8378414	
biomassa		0,00000013	0,00000015	
urea		0,000000013		
NH3				10,2704318
O2		13,00054661		
CO2				12,6935244
N2				10,2704318
Yeast			4,425868388	
Subtotal	1293,819292	13,00054661	1273,585408	33,2343881
Total		1306,819838		1306,819796

4.1.11. Fermentor (F-2301)

Fungsi : Fermentasi glukosa menjadi bioetanol

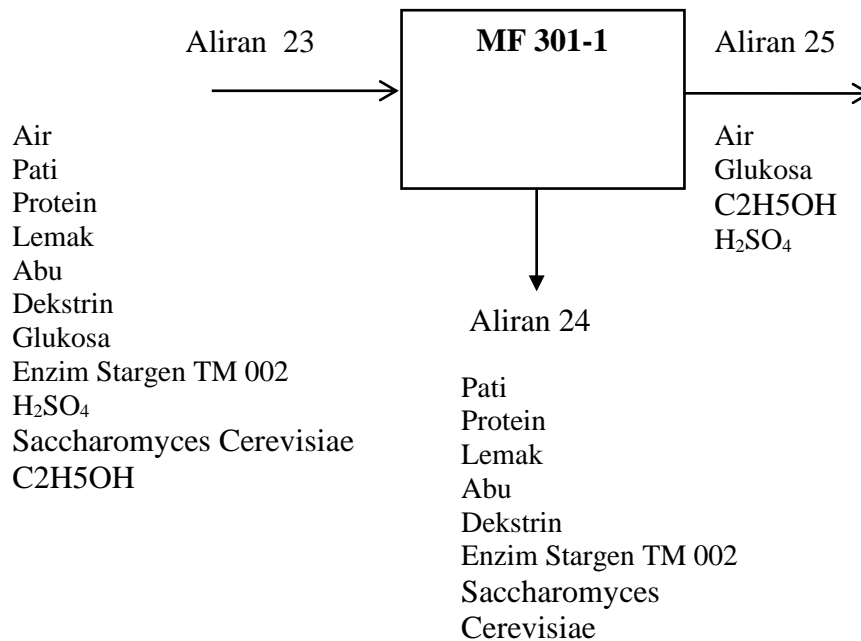


Tabel 4.10 Neraca Massa Fermentor (F-2301)

KOMPONEN	BM	masuk				keluar			
		F17		F21		F22		F23	
		kg	mol	kg	mol	kg	mol	kg	mol
air	18	9148,178901		198,1581459				9346,337047	
karbohidrat	81000	156,0594						156,0594	
protein		178,3536						178,3536	
lemak		26,75304						26,75304	
abu		89,1768						89,1768	
H2SO4	98	0,000015572						0,000015572	
dekstrin	171000	62,59715933						62,59715933	
glukosa	180	3213,089647						1574,413927	8,746744038
enzim stragen		48,378414						48,378414	
biomassa	24,35			4,425868388				144,1925129	
yeast	24,35			139,7666445					
C2H5OH	46							837,5453679	18,207508
CO2	44					801,13	18,2075		
sub total		12922,58698		342,3506588		801,13		12463,80728	
TOTAL		13264,93764				13264,93764			

4.1.12. Mikrofiltrasi (MF 301-1)

Fungsi : Memisahkan padatan dari campuran liquid

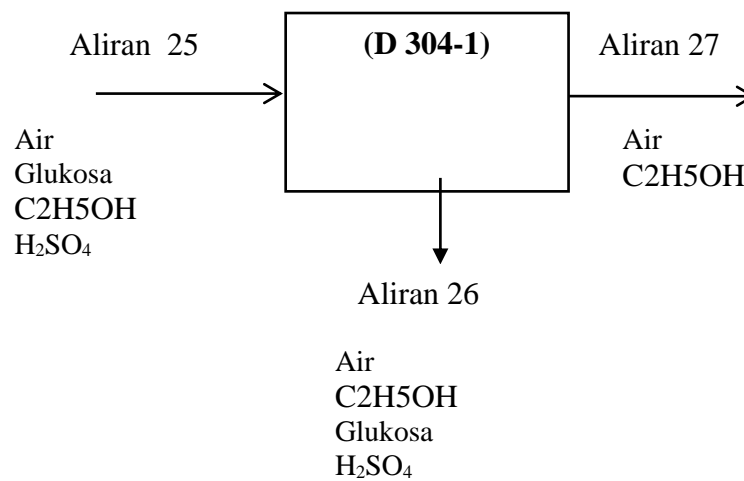


Tabel 4.11 Neraca Massa Mikrofiltrasi (MF 301-1)

Komponen	Masuk	Keluar	
	F23	F24	F25
air	9346,337047		9346,337047
karbohidrat	156,0594	156,0594	
protein	178,3536	178,3536	
lemak	26,75304	26,75304	
abu	89,1768	89,1768	
H ₂ SO ₄	1,55724E-05		1,55724E-05
dekstrin	62,59715933	62,59715933	
glukosa	1574,413927		1574,413927
enzim stragen	48,378414	48,378414	
biomassa	144,1925129	144,1925129	
C ₂ H ₅ OH	837,5453679		837,5453679
Subtotal	12463,80728	705,5109262	11758,29636
Total	12463,80728	12463,80728	

4.1.13. Distilasi 1 (D 304-1)

Fungsi : Memisahkan etanol dan air dari campuran liquid

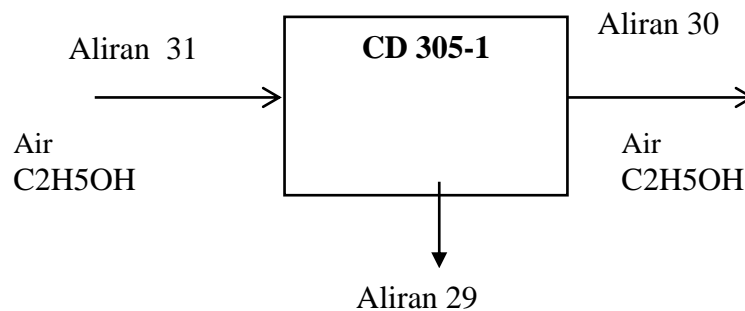


Tabel 4.12 Neraca Massa Distilasi 1 (D 304-1)

komponen	masuk	keluar	
	F 25	F 26	F 27
C ₂ H ₅ OH	837,5454	42	796
H ₂ O	9346,3370	8879	467
C ₆ H ₁₂ O ₆	1574,4139	1574	
H ₂ SO ₄	0,000015572	0,000015572	
SUB	11758,2964	10495	1263
total	11758,2964	11758,29636	

4.1.14. Kondensor 1 (CD 305-1)

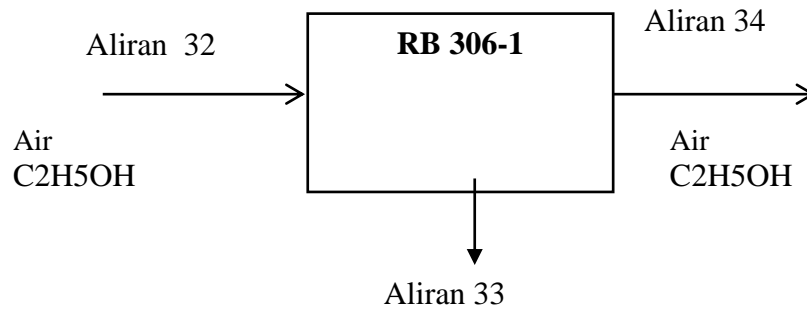
Fungsi : Untuk mengkondensasi distilat distilasi 1

**Tabel 4.13 Neraca Massa Kondensor 1 (CD 305-1)**

komponen	Masuk	Keluar	
	Feed	Distilat	Reflux
	Kg/jam	kg/jam	kg/jam
etanol	1902,408	795,6681	1106,74
air	1117,335	467,316852	650,0177
glukosa	0	0	0
asam sulfat	0	0	0
SUB	3019,743	1262,98495	1756,758
TOTAL	3019,743	3019,742808	

4.1.15. Reboiler 1 (RB 306-1)

Fungsi : Untuk Menguapkan Bottom Distilasi 1

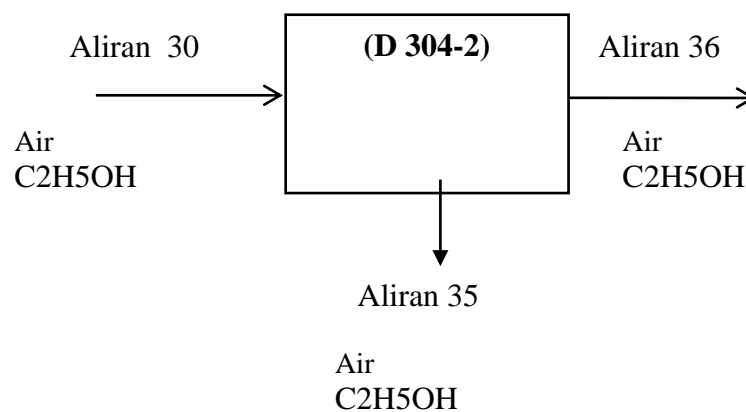


Tabel 4.14 Neraca Massa **Reboiler 1 (RB 306-1)**

komponen	masuk	keluar	
	feed	botom	reflux
C2H5OH	2739,9536	2698,0764	41,8773
H2O	10463,6716	1584,6514	8879,0202
C6H12O6	1574,4139		1574,4139
H2SO4	0,0000		1,56E-05
SUB	14778,0392	4282,7278	10495,3114
TOTAL	14778,0392	14778,0392	

4.1.16. Distilasi 2 (D 304-2)

Fungsi : Memisahkan etanol dan air

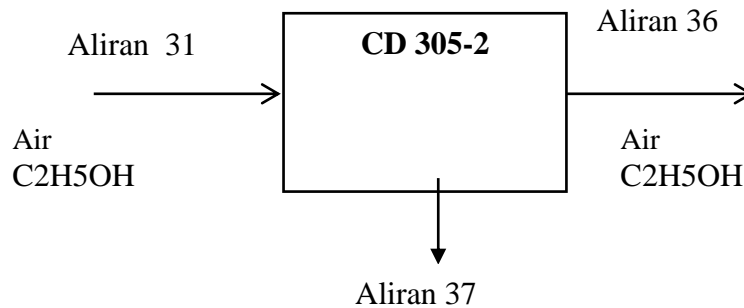


Tabel 4.15 Neraca Massa Distilasi 2(D 304-2)

komponen	masuk	keluar	
	F 30	F 35	F 36
C ₂ H ₅ OH	795,6681	71,6101	724,0580
H ₂ O	467,3169	425,2583	42,0585
SUB	1262,9850	496,8685	766,1165
TOTAL	1262,9850	1262,9850	

4.1.17. Kondensor 2 (CD 305-2)

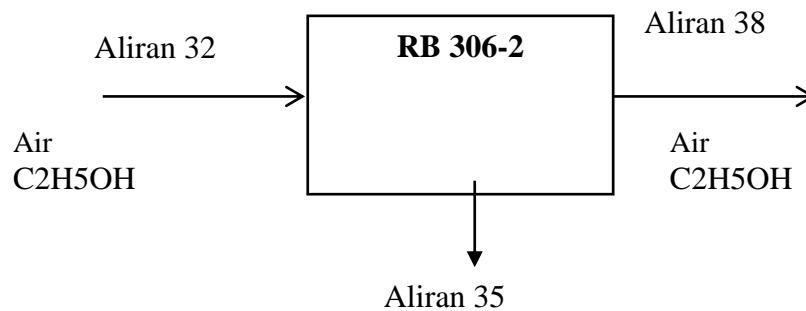
Fungsi : Untuk mengkondensasi distilat distilasi 2

**Tabel 4.16 Neraca Massa Kondensor 2 (CD 305-2)**

komponen	masuk	keluar	
	feed	destilat	reflux
C ₂ H ₅ OH	2383,571	724,058	1659,513
H ₂ O	138,455	42,059	96,396
SUB	2522,026	766,116	1755,909
TOTAL	2522,026	2522,026	

4.1.18. Reboiler 2 (RB 306-2)

Fungsi : Untuk Menguapkan Bottom Distilasi 2



Tabel 4.17 Neraca Massa **Reboiler 2 (RB-306-2)**

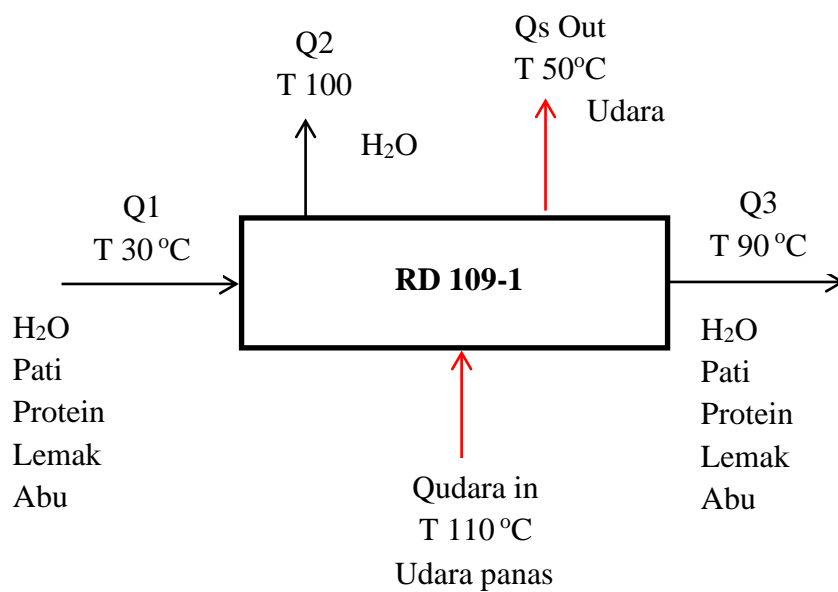
komponen	masuk	keluar	
	feed	reflux	botom
C ₂ H ₅ OH	3179,238897	3107,62877	71,610129
H ₂ O	605,7718605	180,513525	425,258336
SUB	3785,010757	3288,14229	496,868465
TOTAL	3785,010757	3785,010757	

4.2 Neraca Energi

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran B, diperoleh neraca energi masing-masing peralatan yang digunakan sebagai berikut:

4.2.1. *Rotary Dryer (RD 109-1)*

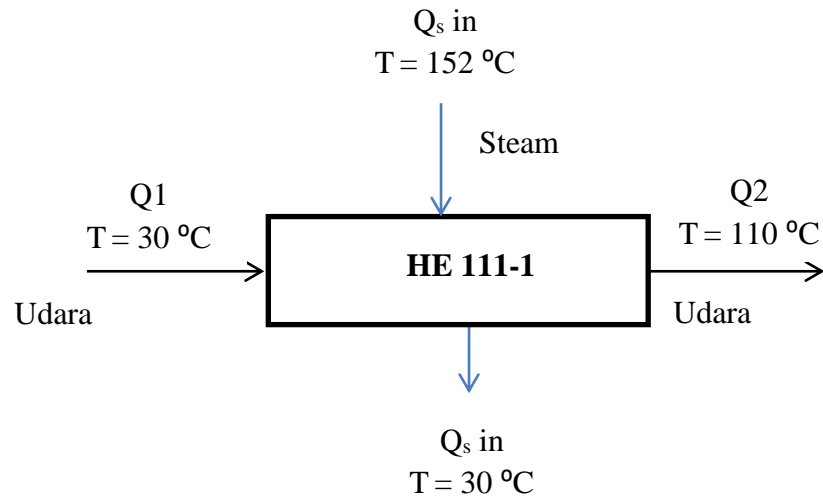
Fungsi : Untuk mengurangi kadar air pati

**Tabel 4.18** Neraca Energi *Rotary Dryer (RD 109-1)*

Panas	Masuk (kkl/jam)	Keluar (kkl/jam)
Q1	10618,13199	
Q2		25409,57604
Q3		81869,24636
Udara in	136935,9781	
Udara Out		40275,28767
Jumlah	147554,1101	147554,1101

4.2.2. Heater (HE 111-1)

Fungsi : Untuk Menaikkan Temperatur Udara

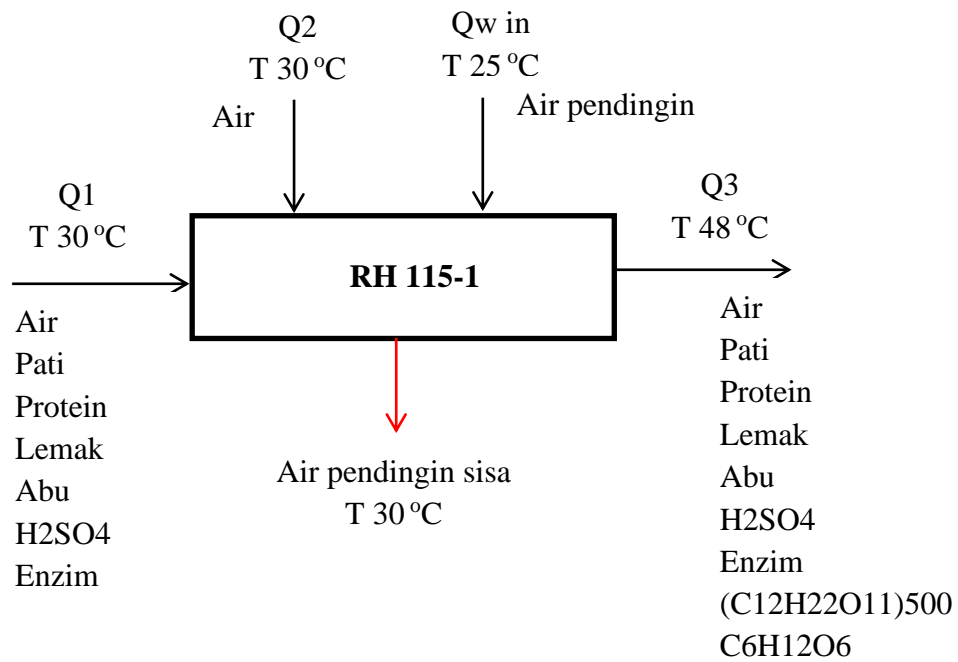


Tabel 4.19 Neraca Energi *Heater* (H 111-1)

Tabel Neraca Massa		
Energi	Masuk (kkl/jam)	Keluar (Kkl/jam)
Q1	8055,057534	
Q2		136935,9781
Qs in	168079,2185	
Qs out		39198,29792
total	176134,28	176134,28

4.2.3 Reaktor Hidrolisis (RH 115-1)

Fungsi : Hidrolisis Pati Menjadi Glukosa

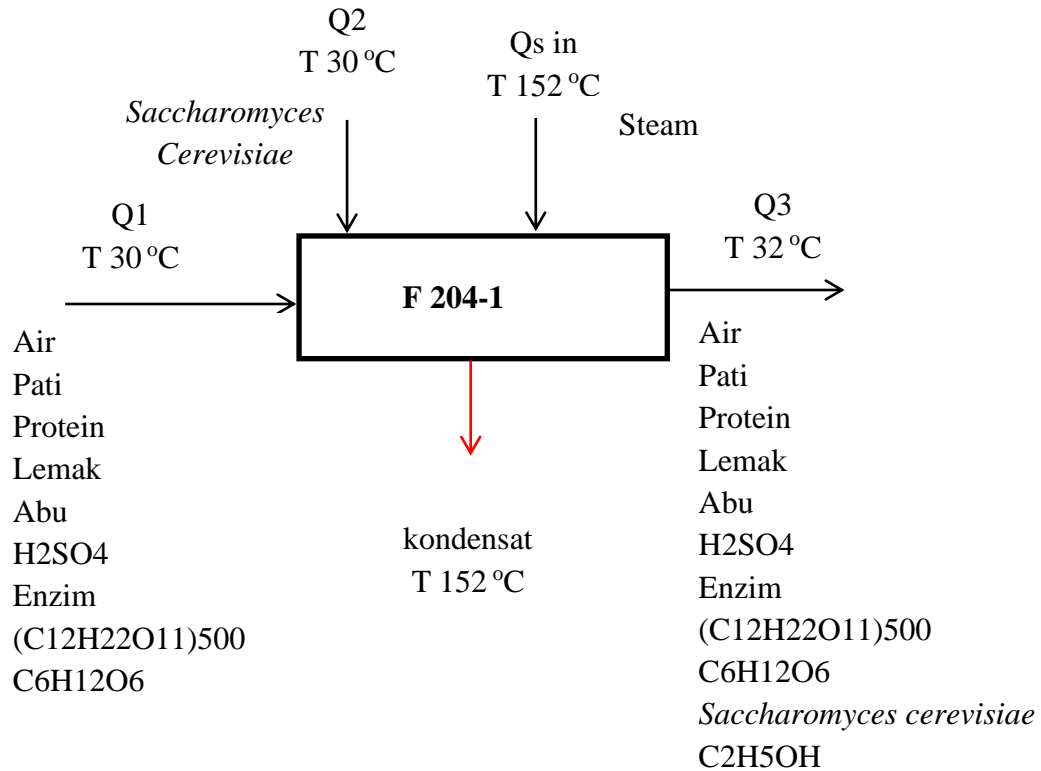


Tabel 4.20 Neraca Energi Reaktor Hidrolisis (RH 115-1)

Panas	Masuk (kkl/jam)	Keluar (kkl/jam)
Q1	6384,715531	
Q2	49798,45939	
Q3		253304,7236
Qrx	251215,0961	
Qw		5,41E+04
TOTAL	307398,271	307398,271

4.2.4 Fermentor (F 204-1)

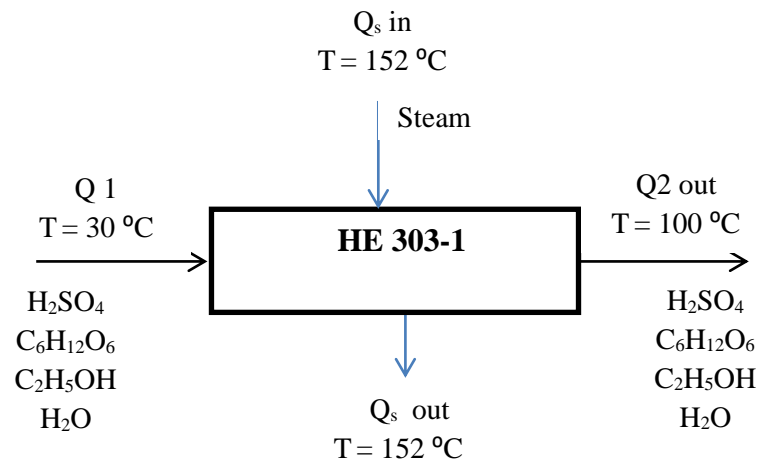
FUNGSI : Fermentasi Glukosa Menjadi Bioetanol



Tabel 4.21 Neraca Energi Fermentor (F 204-1)

PANAS	MASUK (kkl/jam)	KELUAR (kkl/jam)
Q1	49559,61984	
Q2	8,052293786	
Q3		77131,94449
Qrx	2768,793	
Qsin	32336,86396	
Qs out		7541,384586
TOTAL	84673,32907	84673,32907

4.2.5 Pre Heater (PH-1101)

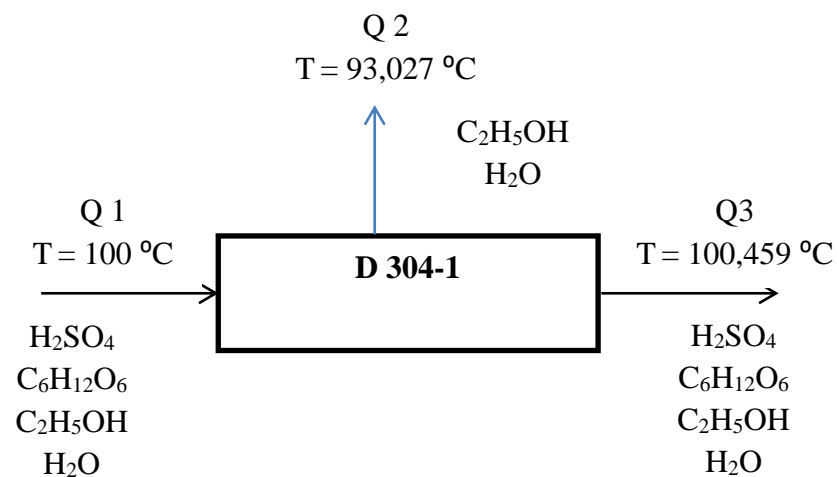


Tabel 4.22 Neraca Energi *Pre Heater* (HE 303-1)

panas	masuk(KKL/JAM)	keluar(KKL/JAM)
Q1	53930,56631	
Q2		539305,6631
Qs in	632998,7914	
Qs out		147623,6945
TOTAL	686929,3577	686929,3577

4.2.6 Distilasi 1 (D 304-1)

Fungsi : Memisahkan Bioetanol Dari H_2SO_4 , Glukosa Dan Air



Tabel 4.23 Neraca Energi *Distilasi (D 304-1)*

panas	masuk(kkl/jam)	keluar(kkl/jam)
Q1	734750,0355	
Qdes		47921,52268
Qbot		745815,918
Qr	737368,4836	
Qc		678381,0784
TOTAL	1472118,519	1472118,519

Tabel 4.24 Neraca Energi **Condensor (CD 306-1)**

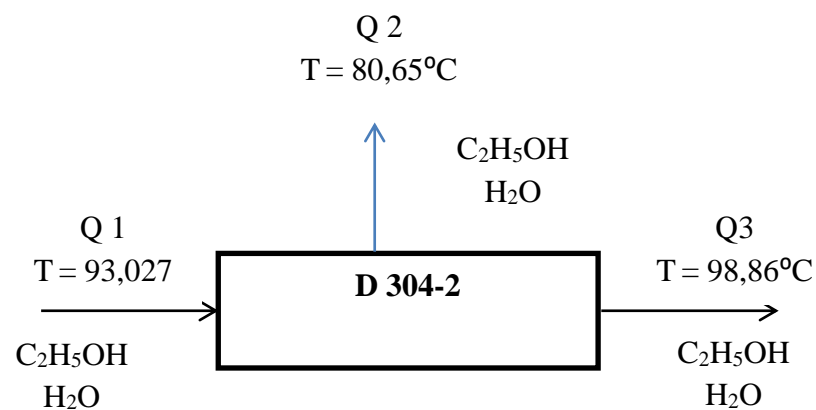
panas	masuk(kkl/jam)	keluar(kkl/jam)
Qc	678381,0784	
Qw	135676,2157	814057,294
total	814057,294	814057,294

Tabel 4.25 Neraca Energi **Reboiler (RB 305-1)**

panas	masuk(kkl/jam)	keluar(kkl/jam)
Qs	961634,3359	224265,8523
Qr		737368,4836
TOTAL	961634,3359	961634,3359

4.2.7 Distilasi 2 (D 304-2)

Fungsi : Memisahkan Etanol Dan Air



Tabel 4.26 Neraca Energi *Distilasi 2 (D 304-2)*

komponen	masuk (kkl/jam)	keluar (kkl/jam)
Q1	56590,48032	
Q2		19349,65479
Q3		35626,24783
Qreb	281436,4944	
Qc		283051,0721
TOTAL	338026,9748	338026,9748

Tabel 4.27 Neraca Energi **Condensor (CD-2)**

panas	masuk(kkl/jam)	keluar(kkl/jam)
Qs	367033,5829	85597,08844
Qr		281436,4944
TOTAL	367033,5829	367033,5829

Tabel 4.28 Neraca Energi **Reboiler (RB-2)**

panas	masuk (kkl/jam)	keluar(kkl/jam)
Qc	283051,0721	
Qw	56610,21443	339661,2866
total	339661,2866	339661,2866

BAB V UTILITAS

Unit utilitas merupakan sarana penunjang dalam menjalankan suatu pabrik dari tahap awal hingga menjadi produk akhir. Utilitas yang diperlukan pada perancangan pabrik Bioetanol dari singkong karet dengan kapasitas 7500 KL/tahun ini meliputi:

1. Unit Penyediaan Listrik
2. Unit Penyediaan Air
3. Unit Pembangkit *Steam*
4. Unit Pengolahan Limbah

5.1 Unit Penyediaan Listrik

Listrik merupakan sumber tenaga penggerak dari peralatan proses maupun penerangan. Kebutuhan tenaga listrik pada pabrik Bioetanol dari singkong karet direncanakan untuk non proses (perumahan, perkantoran, laboratorium, mesjid/musholla, kantin dan lain-lain) dan keperluan proses seperti menggerakkan pompa, penerangan dan peralatan instrumentasi. Sumber penyediaan listrik untuk kebutuhan-kebutuhan tersebut diperoleh dari PLN Opu Timur dan sebagai cadangan digunakan genset.

Tabel 5.1 Kebutuhan Listrik

Keterangan	Kode Alat	Daya (Hp)
Peralatan Utama		
<i>Peller and Washer</i>	PW 103-1	1,5
<i>Smoting Mixing Tank</i>	SMT 105-1	2,0
<i>Rotary Vacum Vilter</i>	RVF 107-1	0,5
<i>Centrifuge</i>	CT 108-1	7,5
<i>Rotary Dryer</i>	RD 109-1	1,5
<i>Reaktor Hidrolisis</i>	RH 115-1	0,5
<i>Fermentor</i>	F 204-1	0,5
<i>Belt Conveyor</i>	BC 102-1	0,5
<i>Screw Conveyor</i>	SC 104-1 s/d 104-2	1
<i>Slurry Pump</i>	PS 106-1 s/d 106-3	1,5
<i>Pneumatic Conveyor</i>	PC 110-1	10
<i>Centrifugal pump</i>	P 110-1 s/d 302-4	4,5
Total Peralatan Utama		32 Hp (23,499 kWh)
Peralatan Utilitas		
<i>Mixing PAC</i>	ST-2032	0,5
<i>Mixing Kaporit</i>	ST-2043	0,5
<i>Mixing Kapur Tohor</i>	ST-2054	0,5
<i>Coagulation Tank</i>	CT-2061	0,5
<i>Floculation Tank</i>	FLT-2071	0,5
<i>Cooling Tower</i>	CT-3161	3
<i>Centrifugal Pump</i>	P-1011 s/d P-3141	124,5
Total Peralatan Utilitas		130 Hp (96,98kWh)
Instrumentasi	-	50 kWh
Bengkel	-	100 kWh
Penerangan		
- Area Perumahan	-	8,5 kWh
- Area Pabrik	-	2,25 kWh
Kantor dan Komunikasi	-	32,25 kWh
Total Kebutuhan Listrik		383,907 kWh

5.2 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik Bioetanol digunakan sumber air dari Sungai Komering yang ditampung di dalam bak penampung sementara sebelum digunakan sebagai air sanitasi, air proses dan air umpan boiler. Kualitas air Sungai Komering dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Kualitas Air Sungai Komerling

No.	Parameter	Satuan	Kadar Rata-Rata
1	pH	-	6,5
2	Suhu	°C	28-29
3	TSS	Mg/l	74-133
4	Daya hantar listrik	Us/cm	105,3
5	Oksigen terlarut	mg/l	2,2-2,4
6	TDS	mg/l	49,667
7	Kekeruhan	NTU	148,63
8	BOD	mg/l	0,25-1,05
9	COD	mg/l	9-33
11	Fosfat	mg/l	0,07
12	Ammonia	mg/l	0,3-1,22
13	Silika	mg/l	150
14	Besi	mg/l	2

Sumber: Reno Irawan et al, 2017;

Secara umum, kebutuhan air pada pabrik Bioetanol dari singkong karet ini adalah sebagai berikut :

1. Air Sanitasi
2. Air Proses
3. Air Umpan Boiler
4. Air Pendingin

5.1.1 Air Sanitasi

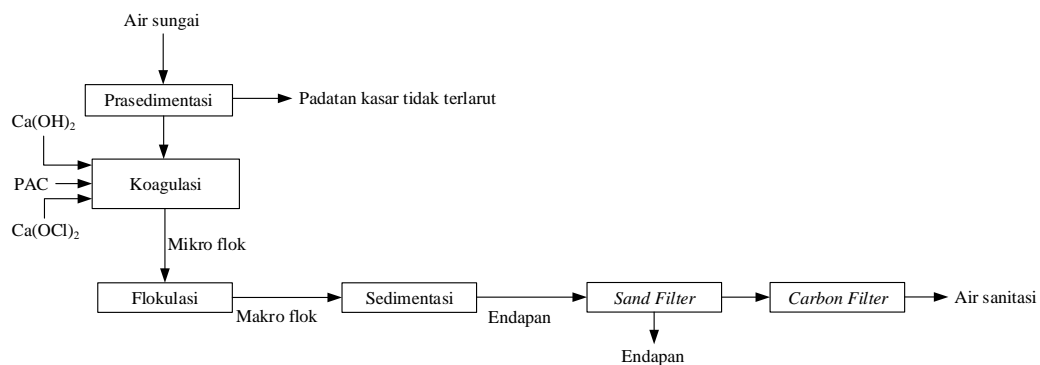
Air sanitasi adalah air yang mengandung mineral dan tidak mengandung kotoran atau bakteri. Air sanitasi digunakan untuk keperluan para karyawan di lingkungan pabrik. Penggunaannya antara lain untuk perumahan, perkantoran, laboratorium, masjid, kantin dan lain-lain. Adapun syarat air sanitasi disajikan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Syarat Air Sanitasi

Syarat Fisik	TDS	Maks 1000 mg/l
	Warna	Jernih
	Rasa	Tidak berasa
	Bau	Tidak Berbau
	<i>Turbidity</i>	Maks 5 NTU
Syarat Kimiawi	pH	6,5 - 8,5
	TSS	Maks 500 mg/l
	Klorida	Maks 600 mg/l
	Nitrat	Maks 10 mg/l
	Nitrit	Maks 0,1 mg/l
Biologi	Bakteri <i>E.Coli</i>	< 1/100 ml

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan No. 32, 2017

Adapun proses pengolahan air sanitasi dapat dilihat pada Gambar 5.1.

**Gambar 5.1** Blok Diagram Proses Pengolahan Air Sanitasi

a. Proses Presedimentasi

Air sungai sebelum dikirim ke unit utilitas, dipisahkan terlebih dahulu dari kotoran yang berupa zat padat kasar yang terapung dengan cara memasang saringan (BS-1011) disekitar *suction* pompa pengambil air (P-1011), lalu dipompakan dan dialirkan ke bak penampung (ST-1021).

b. Proses Pengolahan Raw Water

Air dari bak penampungan (ST-1021) dialirkan ke bak pengolahan *raw water* yang terdiri dari empat buah bak yaitu bak pembentukan koagulan (CT-2041), bak pembentukan flok-flok (FT-2051), bak sedimentasi (SDT-2061), bak penampungan limbah air bersih (ST-2075). Bak pengolahan *raw water* berfungsi untuk

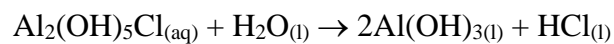
menghilangkan padatan terlarut dengan cara menambahkan bahan kimia sehingga terbentuk gumpalan dari kotoran-kotoran yang tersuspensi dalam air. Pengolahan *raw water* terbagi menjadi tiga tahap :

1) Proses koagulasi

Air dari bak penampungan (ST-1021) dialirkan ke bak pembentukan koagulan(CT-2041), pada bak ini diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut :

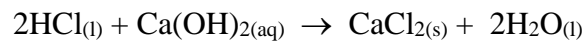
a. Larutan PAC ($\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$)

Bahan kimia ini untuk menggabungkan beberapa molekul melalui penetralan muatan. Reaksi yang terjadi adalah :



b. Larutan Kapur Tohor ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Bahan ini digunakan untuk menetralkan air yang dihasilkan pada unit pengendapan sehingga memperoleh nilai pH 7. Reaksi yang terjadi adalah :



c. Larutan *Calcium Hypochlorite* ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$)

Penambahan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ berfungsi sebagai:

- Desinfektan berfungsi membunuh bakteri yang terdapat dalam air.
- Menghilangkan senyawa nitrogen dalam air, terutama amoniak.
- Mengontrol rasa, bau dan warna.
- Meminimalkan H_2S .
- Meminimalkan Mn dan Fe.
- Mengontrol alga dan lumut.
- Sebagai bahan pendukung koagulasi

2) Proses Flokulasi

Proses flokulasi yaitu penggabungan flok-flok kecil menjadi flok yang berukuran besar. Proses flokulasi juga bisa dipercepat dengan penambahan zat kimia tertentu (*flokulan aid*) seperti $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Faktor utama yang mempengaruhi keefektifan koagulasi dan flokulasi air adalah tingkat kekeruhan air, padatan tersuspensi, pH, durasi dan tingkat agitasi selama koagulasi dan flokulasi serta dosis koagulan. Pengolahan dengan metode koagulasi-flokulasi dapat menghilangkan padatan tersuspensi sebesar 60-90%, BOD sebesar 40-70%, COD sebesar 30-60%,

fosfor sebesar 70-90% dan bakteri patogen yang menempel pada padatan tersuspensi sebesar 80-90% (*Waste Water Treatment Technologies*, 2003). Koagulan-koagulan yang terbentuk dialirkan bersama air ke bak pembentukan flok. Pada bak ini dilengkapi dengan pengaduk yang berputar dengan lambat sehingga koagulan-koagulan saling bergabung membentuk flok-flok.

3) Proses Sedimentasi

Flok-flok yang terbentuk dialirkan bersama air ke bak sedimentasi. Flok-flok ini akan mengendap dengan proses sedimentasi, dimana flok akan terbentuk pada bagian dasar tangki dan air bersih dialirkan pada bagian atas (limpahan). Bak sedimentasi (SDT-2061) ini dilengkapi dengan *sludge scrapper* yang bertujuan untuk mengangkut lumpur agar lumpur lebih cepat keluar.

c. Filtrasi

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari air yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Pada pengolahan air, filtrasi digunakan untuk menyaring air hasil dari proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi sehingga dihasilkan air yang bersih.

Air bersih dari bak pengolahan *raw water* (SDT-2061) diteruskan ke *sand filter* (SF-3081) untuk memisahkan kotoran-kotoran halus serta makroflok yang terdapat dalam air terdapat pada air tersebut. Agar pasir tidak terikut didalam air, maka pada bagian bawah *sand filter* (SF-3081) diberi penyaring. Selanjutnya air yang sudah melalui proses di *sand filter* (SF-3081) akan di pompakan ke dalam *carbon filter* (CF-3091). *Carbon filter* (CF-3091) merupakan media penyaring air yang berfungsi sebagai penghilang bau, warna, dan rasa. Adapun media yang dipakai dalam *sand filter* dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Media dalam *sand filter*

Lokasi Media	Tipe Media	Tinggi (cm)	Ukuran Media
<i>Working media</i>	<i>Anthrafilt</i>	5	0,68 – 0,78 mm
	<i>Fine sand</i>	27	20 – 35 mesh
<i>Support media</i>	<i>Medium sand</i>	4	6 – 14 inchi
	<i>Fine gravel</i>	4	1/8 – 1/4 inchi
	<i>Medium gravel</i>	4,5	
<i>Subfill media</i>	<i>Coarse gravel</i>		1/2 - 1 inchi

Sumber: PT. Pupuk Sriwidjaja, 2010

Air yang keluar dari *sand filter* (SF-3081) ditampung pada tangki penampungan air bersih (ST-3106). Air bersih ini sebagian digunakan untuk air sanitasi dan sebagian lagi dilakukan proses demineralisasi untuk mendapatkan air proses. Kebutuhan air sanitasi dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.5 Kebutuhan Air Sanitasi

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Perumahan	937,5
Perkantoran	375
Laboratorium	15
Poliklinik	5
Pemadam kebakaran	50
Masjid	50
Total	1432,5

5.2.2 Air Proses dan Air Umpan Boiler

Air proses digunakan pada alat *Peller and washing*, *Smoothing and mixing* dan *Hidrolisis tank*. Air umpan boiler adalah air yang digunakan untuk menghasilkan *steam*. Berikut kebutuhan air proses pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Kebutuhan Air Proses

Kebutuhan air proses	Kg/jam
pencucian di peller and washer	17.835,3669
penghalus smoothing and mixing	5.297,1101
tangki hidrolisis	9.363,5676
Total	32.496,0446

Air baku ini berasal dari Sungai komering yang sebagian digunakan untuk air sanitasi dan sebagian lagi dilakukan demineralisasi untuk mendapatkan air proses dan air umpan boiler yang diharapkan memiliki spesifikasi sesuai dengan syarat air

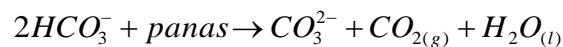
yang digunakan untuk umpan boiler dan air proses. Kriteria air umpan boiler harus memenuhi standar kualitas seperti pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Persyaratan Air Umpan Boiler

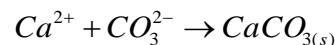
Parameter	Satuan	Pengendalian Batas
pH	Unit	> 9,2
Konduktivitas	µmhos/cm	< 3.000
TDS	mg/l	< 1000
TSS	mg/l	< 0,01
Oksigen	mg/l	< 0,05
Silika	mg/l	< 0,5
Besi	mg/l	< 0,3

Selain itu air yang digunakan untuk umpan boiler harus bebas dari mineral-mineral atau unsur yang menyebabkan kesadahan air menjadi tinggi. Ion-ion seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} akan menyebabkan tingginya kesadahan air disamping juga Mn^{2+} dan $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$. Ion-ion penyebab kesadahan ini harus dieliminasi sekecil mungkin sehingga konsentrasi maksimum 0,05 ppm.

Air umpan boiler dengan tingkat kesadahan yang tinggi dapat menyebabkan pembentukan kerak pada pipa maupun boiler. Kerak ini akan terbentuk ketika ion-ion seperti Ca^{2+} bereaksi dengan anion yang secara alami terdapat di dalam air, seperti ion bikarbonat (HCO_3^-) yang merupakan hasil reaksi antara CO_2 dengan air pada tekanan atmosfer. Ketika larutan yang mengandung Ca^{2+} dan HCO_3^- dipanaskan, endapan kalsium karbonat akan terbentuk sebagai hasil dari reaksi ion seperti di bawah ini.

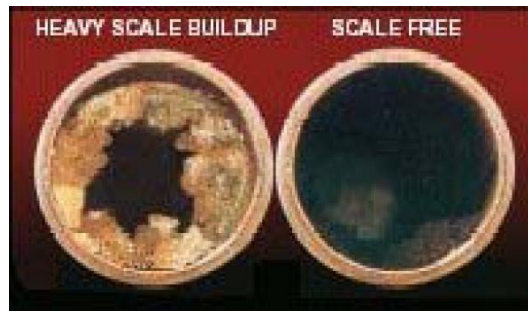


Ion karbonat yang dihasilkan kemudian bereaksi dengan ion kalsium menurut persamaan reaksi :



Endapan kalsium karbonat inilah yang akan menempel pada permukaan peralatan sehingga mengurangi efisiensi alat. Pipa yang sudah ditumbuhi kerak ini

akan memberikan hambatan gesekan sehingga mengurangi laju alir air. Fenomena terbentuknya kerak ini dapat dilihat pada Gambar 5.2



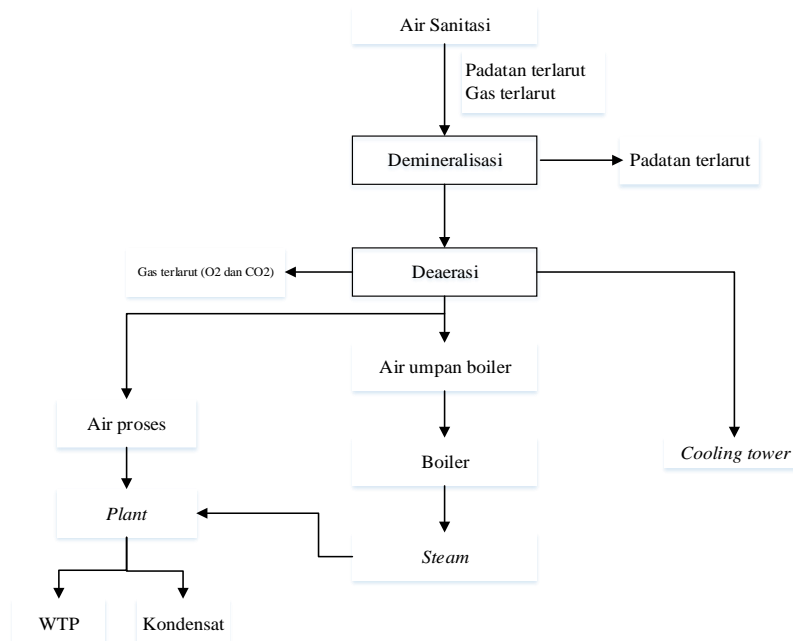
Gambar 5.2 Lapisan Kerak pada Pipa

Selain itu, boiler dengan permukaan yang dilapisi kerak juga akan mengalami penurunan efisiensi panas seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Kehilangan Efisiensi Termal Akibat Lapisan Kerak pada Boiler

Ketebalan Lapisan Kerak (in)	Kehilangan Efisiensi Termal (%)
1/16	15
1/8	25
1/4	39
3/8	55
1/2	70

Sumber : Peairs (2004)



Gambar 5.3 Blok Diagram Proses Pengolahan Air Proses

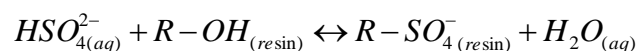
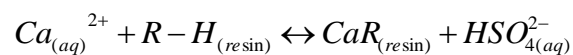
a. Demineralisasi (*Water Softener*)

Untuk menanggulangi hal diatas maka diperlukan *pretreatment* atau pengolahan awal terhadap air umpan boiler berupa pelunakan air (*water softening*). Alat yang digunakan untuk menghilangkan kesadahan ini disebut dengan *water softener* yang menggunakan prinsip kerja pertukaran ion. Pada proses ini, air dialirkan melalui unggun resin yang telah dijenuhkan terlebih dahulu dengan mengalirkan larutan *brine* (mengandung ion natrium) melewati unggun. Resin yang digunakan pada pertukaran air bebas mineral dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Spesifikasi Resin Kation dan Anion

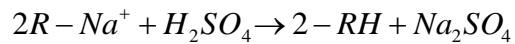
	Kation	Anion
Jenis resin	Lewatit MonoPlus S 100	Lewatit MP 600 WS
Volume	250 L	550 L
<i>Ionic form as shipped</i>	Na	Cl
<i>Functional group</i>	Asam sulfonat	Ikuartenary amine
Densitas	1.280 kg/m ³	1.100 kg/m ³
pH	0-14	0-14
Suhu	120°C	30°C
Regeneran	H ₂ SO ₄	NaOH
Konsentrasi regeneran	6-10%	3-5%

Proses pertukaran ion terjadi ketika ion penyebab kesadahan seperti Ca²⁺ dan Mg²⁺ terikat pada resin dan melepaskan ion Na⁺ ke dalam air menurut persamaan reaksi di bawah ini.



Kation lainnya, seperti ion Cu²⁺, Zn²⁺, Mn²⁺ dan Fe²⁺/Fe³⁺ juga akan dihilangkan dari dalam air melalui proses ini. Air yang keluar selanjutnya ditampung pada *demin water storage tank* (TDW-4201) dan dapat digunakan untuk air proses, air umpan boiler serta air pendingin.

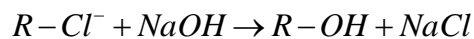
Suatu resin penukar ion hanya dapat berlangsung jika bahan penukar dapat menyediakan hidrogen atau hidroksida untuk menggantikan kation dan anion dari air mentah. Jika suatu kation dan anion tidak mampu lagi menukar, kation dan anion tersebut harus dikembalikan kepada keadaan awal melalui regenerasi. Regenerasi kation dilakukan dengan cara mengganti kembali ion H⁺ yang telah jenuh dengan mereaksikannya dengan H₂SO₄.



Ada beberapa tahapan yang dilakukan pada proses regenerasi kation yaitu:

- a) *Backwash* adalah suatu proses yang bertujuan untuk membuang/menghilangkan deposit kotoran yang menempel di resin.
- b) Pemberian *acid* step 1 yaitu dengan menginjeksikan H_2SO_4 1,75%
- c) Pemberian *acid* step 2 yaitu dengan menginjeksikan H_2SO_4 3,5%
- d) Pemberian *acid* step 3 yaitu dengan menginjeksikan H_2SO_4 5,25%
- e) *Slow rinse* dimaksudkan untuk pembilasan dan pengangkatan kotoran yang telah di proses.
- f) *Fast rinse* sama dengan *slow rinse* hanya saja melakukannya dengan debit air yang besar.

Regenerasi resin penukar anion sama dengan regenerasi kation, jika sudah jenuh maka dapat dikembalikan ke keadaan dengan menggunakan alkali. Soda kaustik dipakai sebagai penukar anion dari basa kuat.



Sama dengan regenerasi pada kation, pada anion juga terdapat beberapa tahapan. Tahap-tahap yang dilakukan pada proses regenerasi anion, yaitu :

- a) *Backwash, backwash* adalah suatu proses yang bertujuan untuk membuang/menghilangkan deposit kotoran yang menempel di resin.
- b) *Preheat bed.*
- c) *Caustic injection* yaitu penambahan kaustik dengan cara menginjeksikan NaOH 4%.
- d) *Slow rinse* dimaksudkan untuk pembilasan dan pengangkatan kotoran yang telah di proses.
- e) *Fast rinse* sama dengan *slow rinse* hanya saja melakukannya dengan debit air yang besar.

Selama proses regenerasi, limbah air yang dihasilkan ditampung pada bak penampung regenerasi (*neutral basin*) untuk dinetralkan sebelum akhirnya dibuang ke sungai.

5.2.3 Air Pendingin

Penggunaan air pendingin pada alat perpindahan panas disebabkan faktor sebagai berikut:

1. Air dapat menyerap jumlah panas yang tinggi per satuan volume
2. Air merupakan materi yang mudah didapat dan relatif murah
3. Tidak mudah mengembang atau menyusut dengan adanya perubahan temperatur
4. Mudah dikendalikan dan dikerjakan
5. Tidak mudah terdekomposisi

Syarat air pendingin adalah tidak boleh mengandung *hardness* (penyebab pembentukan kerak), zat-zat organik (penyebab slime) dan silika (penyebab kerak). Adapun kebutuhan air pendingin disajikan pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Kebutuhan Air Pendingin

Kebutuhan Air Pendingin	Kg/jam
reaktor hidrolisis	10.818,7095
seed fermentor	4,4728
kondensor 1	25.511,0989
kondensor 2	10.644,3769
Total	46.978,6580

5.3 Unit Pembangkit *Steam*

Unit ini berfungsi memenuhi kebutuhan *steam* pabrik bioetanol dari singkong karet, *steam* dihasilkan oleh boiler dan digunakan untuk keperluan proses.

5.3.1 Deaerator

Selain bebas dari ion-ion penyebab kesadahan, air umpan boiler juga harus bebas dari kandungan gas terlarut seperti oksigen dan karbon dioksida. Keberadaan oksigen dan karbon dioksida terlarut di dalam air umpan boiler akan memicu terjadinya korosi pada perpipaan, boiler dan peralatan lainnya.

Pemisahan gas terlarut dari air umpan boiler ini dilakukan pada alat *deaerator*. Penghilangan oksigen terlarut di dalam air dilakukan dengan penambahan hidrazin (N_2H_4). Hidrazin akan bereaksi dengan oksigen membentuk air dan gas nitrogen sehingga kandungan oksigen terlarut dalam air berkurang. Reaksi hidrazin dengan oksigen adalah sebagai berikut.

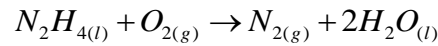
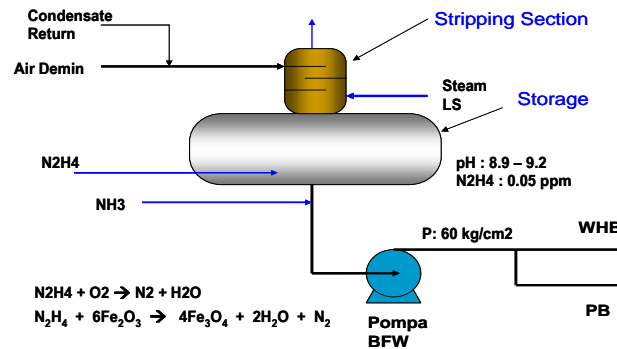


Diagram proses deaerasi di deaerator dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.4 Proses Deaerasi di Deaerator

Air umpan boiler disemprotkan melalui *nozzle* dari bagian atas kolom yang terdiri atas *tray-tray*. Dari bagian bawah dialirkan *steam* dengan arah yang berlawanan dengan arah air umpan (*counter flow*). Kontak antara *steam* dengan air umpan pada *tray-tray* ini akan menaikkan temperatur air sehingga gas terlarut akan terpisah dan keluar melalui *gas vent*. Sementara itu, air yang bebas dari kandungan gas terlarut akan turun dan masuk ke dalam *storage tank* yang terletak di bagian bawah deaerator untuk kemudian dialirkan ke dalam boiler. Temperatur air keluar dari alat ini berkisar antara 102-104°C. Air keluaran daerator dialirkan ke boiler (B-5301) untuk menghasilkan uap atau *steam* yang dibutuhkan pada proses pabrik.

5.3.2 Boiler

Air umpan boiler yang telah bebas dari kesadahan dan gas terlarut kemudian dialirkan ke dalam *steam boiler*. Jenis boiler yang digunakan adalah *fire tube boiler*. Gas yang telah dipanaskan akan melewati *tube-tube* dan memanaskan air yang ada disekitar *tube*. Energi panas yang dilepaskan gas diserap oleh air sehingga air mengalami perubahan dari fasa cair menjadi fasa uap (*saturated* atau *superheated steam*). *Steam* yang dihasilkan ini kemudian dikirim ke *plant* untuk digunakan pada delignifikator, heater dan distilasi. Kondensat yang dihasilkan kemudian dialirkan ke deaerator (DE-5201) kembali. *Steam* yang dihasilkan bersuhu 152°C. Kebutuhan *steam* dapat dilihat pada Tabel 5.11

Tabel 5.11 Kebutuhan *Steam*

Kebutuhan steam	Kg/jam
fermentor	49,27
steam rotary	41,3732
steam he sebelum destilasi	962,9636
reboiler 1	1.465,2869
reboiler 2	559,2661
total	3.078,16

5.4 Unit Pengolahan Limbah

Limbah suatu industri merupakan hal yang tidak dapat diabaikan keberadaannya. Limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat berdampak bagi lingkungan. Kandungan bahan-bahan organik yang tinggi pada limbah yang dihasilkan dapat menjadi sumber pertumbuhan mikroba, sehingga limbah industri secara langsung maupun tidak langsung akan berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat apabila tidak dikelola dengan benar. Pabrik Bioetanol dalam memproduksi bioetanol juga menghasilkan bermacam-macam limbah. Penanganan limbah di pabrik bioetanol dikelola oleh bagian UPL (Unit Pengolahan Limbah). Standar baku mutu air limbah pabrik bioetanol dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Baku Mutu Air Limbah Pabrik Bioetanol

Parameter	Satuan	Standar Mutu
TSS	mg/l	100
BOD	mg/l	80
COD	mg/l	150
pH		6-9

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia, No. 5 tahun 2014

Dalam proses memproduksi bioetanol menghasilkan bermacam-macam limbah yaitu limbah padat dan limbah cair.

1) Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan merupakan *sludge* yang berasal dari *rotary vaccum filter* dan *mikrofilter*. *Sludge* ini kemudian ditampung dalam bak penampungan dan dikeringkan, selanjutnya *sludge* kering digunakan sebagai pupuk kompos. Penanganan limbah padat tergantung dari jenis limbah yang dihasilkan.

Limbah biomassa berasal dari proses fermentasi dan dapat diolah menjadi pupuk kompos karena mengandung bahan-bahan organik yang tinggi yaitu 13-14%. Prinsip pembuatan pupuk kompos adalah humus dinetralkan dengan dicampur air

kapur hingga pH 6,5-7 kemudian ditambah kotoran sapi yang berfungsi untuk meningkatkan jumlah bakteri, setelah itu difermentasi selama 15 hari. Selama fermentasi humus dibolak-balik untuk menjaga aerasi agar tetap baik. Kemudian kompos ditambah dengan abu sekam yang mempunyai kandungan K dan Mg tinggi. Setelah itu kompos digiling dan diayak kemudian dikemas.

2) Limbah Cair

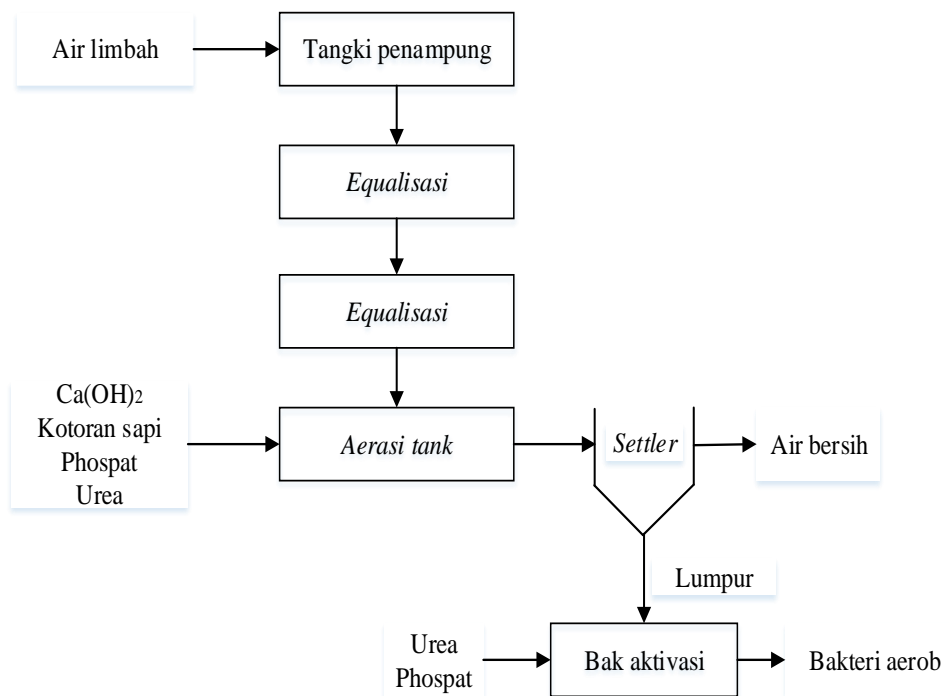
Limbah cair berasal dari unit proses dan hasil pencucian yang akan diolah pada unit UPL. Pengolahan limbah cair dilakukan dengan cara aerob dan anaerob. Pengolahan secara aerob untuk pengolahan limbah dengan COD rendah sekitar 200 ppm sedangkan anaerobik untuk mengolah limbah yang mempunyai kadar COD tinggi sekitar 400 ppm. Limbah yang akan dibuang ke sungai (*efluen*) terlebih dahulu dianalisa kadar COD, BOD dan TSS nya.

Proses pengolahan limbah cair dilakukan dengan menampung air limbah dari setiap unit proses pada bak penampung yang ada di UPL. Selanjutnya limbah masuk ke bak equalisasi yang berfungsi menyeragamkan karakteristik limbah dari setiap unit yang berbeda-beda kondisinya. Limbah berada di bak equalisasi sekitar 24 jam. Limbah kemudian dipompa ke bak *pretreatment* yang konstruksinya dibuat berkelok-kelok untuk mengendapkan. Setelah itu ditambahkan Ca(OH)_2 atau NaOH disertai pengadukan agar diperoleh pH netral 7. Sebelum keluar dari bak *pretreatment* limbah ditambah kotoran sapi (sebagai sumber bakteri metan), 10 kg urea dan 3 liter fosfat. Kotoran sapi digunakan sebagai sumber bakteri karena kotoran sapi tidak berbahaya bagi lingkungan yang bersifat fakultatif anaerob. Bakteri-bakteri tersebut mampu berfungsi dalam kondisi aerobik maupun anaerobik.

Selanjutnya limbah mengalami proses anaerob I dan anaerob II. Bak anaerob I berfungsi untuk mengurai bahan-bahan organik sehingga dapat menurunkan kadar COD limbah. Setelah dari bak anaerob I, limbah masuk ke bak antara sebelum masuk ke bak anaerob II atau UASB (*Upflow Anaerob Sludge Blanket*). Didalam bak antara, limbah ditambah dengan urea, pfosfat dan kotoran sapi untuk proses anaerob II. Bakteri metan dalam metabolismenya akan menghasilkan produk akhir berupa gas metana. Di dalam bak UASB terdapat lumpur aktif (*sludge*) yang

digunakan untuk menguraikan zat-zat organik dalam limbah. Bak anaerob I dan UASB ditutup dengan plastik HDPE (*High Density Poly Ethylen*) untuk mencegah keluarnya bau dan gas metan. Pada umumnya pengolahan limbah cair secara anaerob akan menimbulkan bau yang menyengat. Bau tersebut timbul karena adanya aktivitas bakteri metan yang digunakan untuk mengurai zat-zat organik yang terkandung dalam air limbah tersebut.

Selanjutnya limbah masuk ke bak aerasi untuk proses aerob yang dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO). Bak aerasi terdiri dari bak aerasi I dan bak aerasi II. Pada setiap bak aerasi ditambahkan 1 liter fosfat setiap hari. Untuk membantu proses aerasi digunakan aerator yang terletak ditengah tiap-tiap bak aerasi. Bakteri ditambahkan pada bak aerasi setiap 1 minggu sekali sebesar 1 kiloliter. Output dari bak aerasi masuk ke bak *settling* untuk pengendapan selama 1 jam. 1/3 dari lumpur yang terbentuk di bak *settling* dimasukkan ke bak aktivasi dengan ditambah urea, fosfat dan kadang-kadang lumpur sawah serta dilakukan aerasi untuk perkembangbiakan bakteri aerob. Sedangkan sisanya diolah untuk dijadikan kompos. *Output* dari bak *settling* dialirkan keluar melalui pipa *efluen* ke Sungai Talang. Adapun proses pengolahan limbah cair dapat dilihat pada Gambar 5.5.



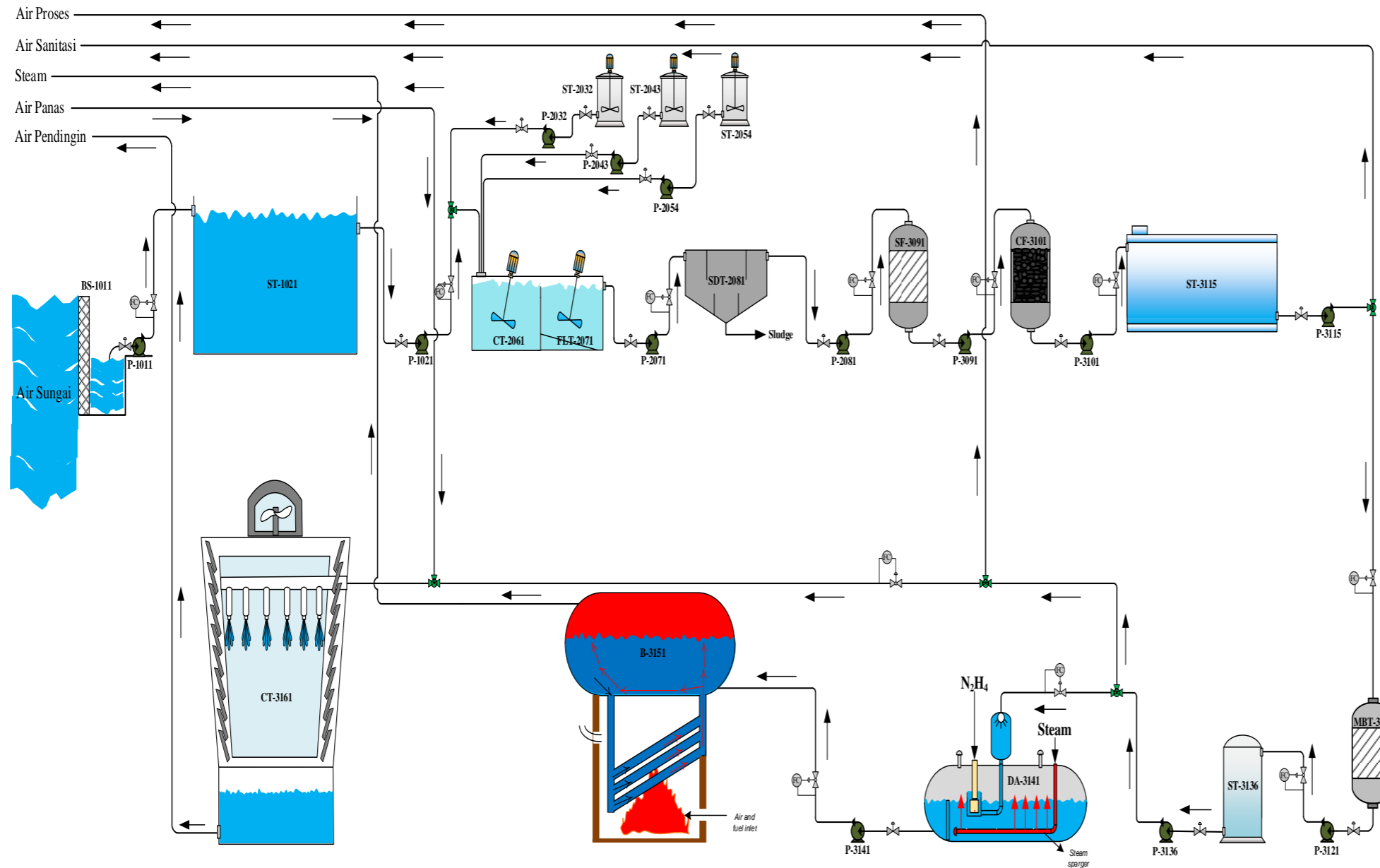
Gambar 5.5 Blok Diagram Proses Pengolahan Limbah Cair

Penanganan Limbah Gas

Gas berasal dari gas buangan pada proses fermentasi. Gas tersebut mengandung CO₂ tinggi yang masih tercampur dengan cairan. Proses pengolahannya dilakukan dengan memisahkan antara gas dan cairannya, lalu gas CO₂ dilepas ke udara.



FLOWSHEET UTILITAS PENGOLAHAN AIR PABRIK BIOETANOL DARI SINGKONG KARET DENGAN KAPASITAS 7500 KL/TAHUN



NO	Kode Alat	Nama Alat
1	BS-1011	Bar Screen
2	ST-1021	Bak Pengendapan Awal
3	ST-2032	Storage Tank PAC
4	ST-2043	Storage Tank Kapur Tohor
5	ST-2054	Storage Tank Kaporit
6	CT-2061	Coagulation Tank
7	AC-2071	Floculation Tank
8	SDT-2081	Sedimentation Tank
9	SF-3091	Sand Filter
10	CF-3101	Carbon Filter
11	ST-3115	Storage Tank Air Sanitasi
12	MBT-3121	Mix-Bed Ion Exchange
13	ST-3136	Storage Demin Water
14	DA-3141	Daerator
15	B-3151	Boiler
16	CT-3161	Cooling Tower
17	P-1011 s/d P-3141	Centrifugal Pump



Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta

Digambar	Febrian Pratama (1610017411006)	
	Ikhsanul Amri (1610017411023)	
Diperiksa dan Disetujui	Ir. Elmi Sundari, M.T (Pembimbing I)	
	Dr. Firdaus, S.T, M.T (Pembimbing II)	

BAB VI

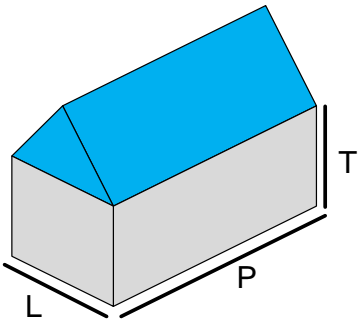
SPESIFIKASI PERALATAN

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran C diperoleh spesifikasi peralatan pada pra rancangan pabrik bioetanol dari singkong karet seperti diuraikan di bawah ini.

6.1 Spesifikasi Peralatan Utama


6.1.1 Gudang Penyimpanan (WH 101-1)

Tabel 6.1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Singkong Karet

SPESIFIKASI	
Nama	Gudang penyimpanan bahan baku singkong karet
Kode	WH 101-1
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat menyimpan tsingkong karet
Lama Penyimpanan	3 hari
Fasa bahan yang disimpan	Padat
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Warehouse</i>
Bahan Konstruksi	Semen
Temperatur	30 °C
Kapasitas	608,02 m ³
Panjang (P)	14 m
Lebar (L)	10 m
Tinggi (T)	5 m

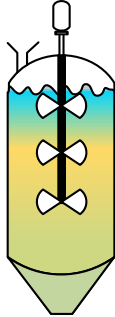
6.1.2 Peeler and Washer (PW 102-1)

Tabel 6.2 Spesifikasi *Peeler and Washer*

SPEKIFIKASI	
Nama	<i>Peeler and Washer</i>
Kode	PW-1101
Jumlah	4 unit
Fungsi	Tempat pencucian dan pengelupasan kulit singkong
DATA DESIGN	
Gambar	
Temperatur	30°C
Kapasitas	2500 kg/jam
Daya	110 kW
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel 304</i>


6.1.3 Smooting and Mixing (SMT 105-1)

Tabel 6.3 Spesifikasi *Smooting and Mixing* (SMT 105-1)

SPEKIFIKASI	
Nama	<i>Smooting and Mixing</i>
Kode	SMT 105-1
Jumlah	2 unit
Fungsi	Tempat melarutkan pati
Sifat bahan	Tidak korosif
Fasa bahan yang dialirkan	Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Silinder vertikal dengan tutup ellipsoidal alas conical</i>
Konstruksi	<i>Carbon Steel (SA-240) Grade 316</i>
Temperatur	30°C
Kapasitas	17,46 m ³
Diameter (D)	2,23 m
Tinggi silinder (H _s)	3,34 m
Tinggi ellipsodial (H _e)	0,5 m
Tinggi Conical(H _c)	1,11m
Tinggi total (H _{tot})	5,02 m
Tinggi cairan (H _c)	4,01 m
Tebal dinding silinder (t _s)	8,67 mm
Tebal alas (t _c)	18,25 mm
Tebal tutup (t _e)	10,11 mm
Diameter pengaduk (d)	0,74 m
Panjang daun pengaduk (L)	0,18 m
Tinggi pengaduk dari dasar tangki (E)	0,74m
Lebar <i>baffle</i> (J)	0,18 m
Kecepatan putar pengaduk	1,09 rps
Daya Pengadukan	0,5 HP

6.1.4 Rotary Vacuum Filter (RVF-1601)


Tabel 6.4 Spesifikasi *Rotary Vacuum Filter*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Rotary Vacuum Filter</i>
Kode	RVF-1601
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat pemisahan serat singkong.
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Rotary filter</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel (SA-240), Grade 304, 18 Cr-8Ni</i>
Temperatur	30°C
Luas area filtrasi	12,6670 m ²

6.1.5 Centrifuge (CT 108-1)

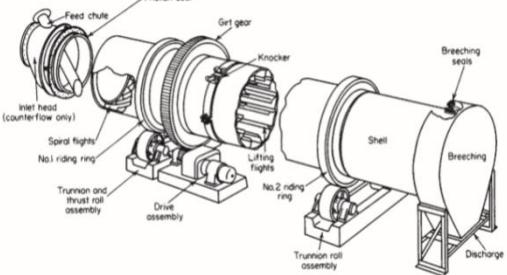
Tabel 6.5 Spesifikasi *Centrifuge (CT 108-1)*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Centrifuge</i>
Kode	CT 108-1
Jumlah	1 unit
Fungsi	Untuk memisahkan Serat dengan Pati
Fasa bahan yang dipisahkan	<i>Slurry</i>
DATA DESIGN	

Gambar	
Tipe Bahan konstruksi Bowl Diameter Kecepatan Angular Kapasitas maksimum Daya Motor	<i>bowl centrifuge</i> <i>Carbon steel</i> <i>24 in</i> <i>4000 rpm</i> <i>200 galon/menit</i> <i>7,5 HP</i>

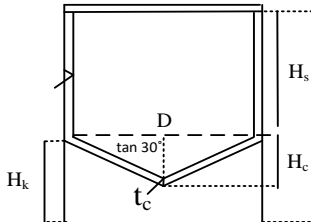
6.1.6 Rotary Dryer (RD 108-1)

Tabel 6.6 Spesifikasi *Rotary Dryer*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Dryer</i>
Kode	RD 109-1
Jumlah	1 unit
Fungsi	Untuk pengeringan pati
Fasa bahan yang dikeringkan	<i>Slurry</i>
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe Konstruksi Temperatur Diameter (D) Tebal shell (t_s) Panjang (L) Waktu tinggal Jumlah flight Jarak antar flight (LF) <i>Slope</i> (S)	<i>Rotary Dryer</i> <i>Carbon Steel (SA-285) Grade A</i> <i>110°C</i> <i>1,243 m</i> <i>2, 26 mm</i> <i>4,97 m</i> <i>17,46 menit</i> <i>2 buah</i> <i>1,05 m</i> <i>0,0081 ft/ft</i>

6.1.7 Silo Pati (SL 112-1)

Tabel 6.7 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Pati

SPESIFIKASI	
Nama	Silo
Kode	SL 112-1
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat penyimpanan pati
Lama Penyimpanan	3 hari
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas <i>conical</i> (kerucut)
Temperatur	30°C
Diameter	5,08 m
Tinggi total	10,15 m
Tebal dinding silinder	7,43 mm
Tebal dinding alas	83,01 mm
Kapasitas	170,08 m ³
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>

6.1.8 Reaktor Hidrolisis (RH 115-1)

Tabel 6.8 Spesifikasi Reaktor Hidrolisis

SPESIFIKASI	
Nama	Reaktor Hidrolisis
Kode	RH 115-1
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat mengkonversi pati menjadi glukosa
Sifat bahan	Tidak korosif, tidak volatil
Fasa bahan	Cair
DATA DESIGN	

Gambar	
<p>Tipe</p> <p>Bahan Konstruksi</p> <p>Temperatur</p> <p>Kapasitas</p> <p>Diameter silinder (D)</p> <p>Tinggi silinder (H_s)</p> <p>Tinggi <i>ellipsoidal</i> (H_e)</p> <p>Tinggi total (H_{tot})</p> <p>Tebal dinding silinder (t_s)</p> <p>Tebal alas dan tutup <i>ellipsoidal</i> (t_e)</p> <p>Diameter pengaduk (d)</p> <p>Panjang daun pengaduk (L)</p> <p>Lebar daun pengaduk (W)</p> <p>Tinggi pengaduk dari dasar tangki (E)</p> <p>Lebar <i>baffle</i> (J)</p> <p>Kecepatan putar pengaduk</p> <p>Daya Pengadukan</p> <p>Tinggi <i>jacket</i> (H_j)</p> <p>Diameter <i>jacket</i> (D_j)</p> <p>Tebal dinding <i>jacket</i> (t_j)</p>	<p>Silinder vertikal dengan alas dan tutup <i>ellipsoidal</i></p> <p><i>Carbon Steel</i></p> <p>48°C</p> <p>28,64 m³</p> <p>2,71 m</p> <p>4,06 m</p> <p>0,67 m</p> <p>5,42 m</p> <p>10,47 mm</p> <p>34,35mm</p> <p>0,90 m</p> <p>0,22 m</p> <p>059 m</p> <p>0,90 m</p> <p>0,22 m</p> <p>0,90 rps</p> <p>0,5 HP</p> <p>4,6 m</p> <p>2,73m</p> <p>0,254mm</p>

6.1.9 Fermentor (F 204-1)

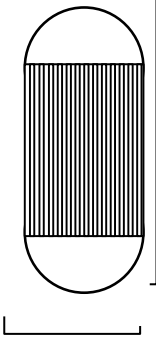
Tabel 6.9 Spesifikasi Fermentor

SPESIFIKASI	
Nama	Fermentor
Kode	F 204-1
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat fermentasi glukosa menjadi etanol
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas dan tutup <i>ellipsoidal</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel</i>
Kapasitas	413,31 m ³
Temperatur	48°C
Diameter silinder (D)	7,11 m
Tinggi silinder (H _s)	10,67 m
Tinggi <i>ellipsoidal</i> (H _e)	1,77 m
Tinggi (H _{tot})	14,21m
Tebal dinding silinder (t _s)	16,04 mm
Tebal alas dan tutup (t _e)	52,58 mm
Diameter pengaduk (D)	2,34 m
Panjang daun pengaduk (P)	0,59 m
Lebar daun pengaduk (L)	0,47 m
Tinggi pengaduk dari dasar tangki (E)	2,36 m
Lebar <i>baffle</i> (J)	0,59 m
Kecepatan putar pengaduk	0,34 rps
Daya Pengadukan	5 HP

Diameter jaket luar (D_j)	7,14 m
Tinggi jaket (H_j)	11,52 m
Tebal jaket (t_j)	0,25 m

6.1.10 Mikrofiltrasi (MF-1101)

Tabel 6.10 Spesifikasi Mikrofiltrasi

SPESIFIKASI	
Nama	Mkrofiltrasi
Kode	MF-1101
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat memisahkan biomassa dari etanol
Sifat bahan	korosif, volatil
Fasa bahan	Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Mikrofilter <i>Tubular</i>
Temperatur	30°C
Membran area	68,856 m ²
Maksimal membran area	80,00 m ²

6.1.11 PreHeater (HE 111-1)

Tabel 6.11 Spesifikasi PreHeater

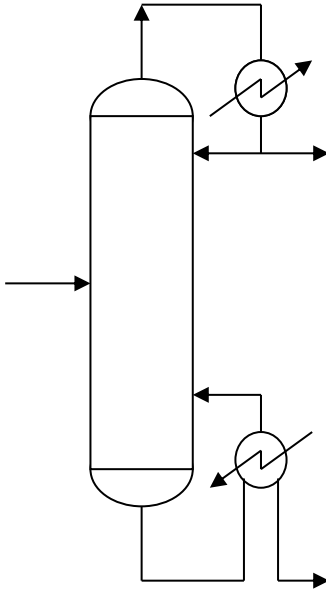
SPESIFIKASI	
Nama	<i>PreHeater</i>
Kode	HE 111-1
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat pemanasan awal <i>Ethanol</i>
Sifat bahan	

Fasa bahan	Korosif, volatil Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Double Pipe</i>
Beban Panas, Q	1.925.968,38 Btu/jam
Luas Area	25,16 ft ²
Jumlah hairpin	2 buah
Annulus, fluida panas	Inner pipe, fluida dingin
IPS : 3 in SC : 40 OD : 3,5 in ID : 3,068 in ΔP_a : 0,0499 psi	IPS : 2 in SC : 40 OD : 2,38 in ID : 2,067 in ΔP_p : 0,0427 psi
<i>Dirt factor</i>	0,001 Btu/hr.ft ² .(°F)
Bahan kontruksi	<i>Stainless steel 316</i>

6.1.12 Distilasi I (D 304-1)

Tabel 6.12 Spesifikasi Distilasi

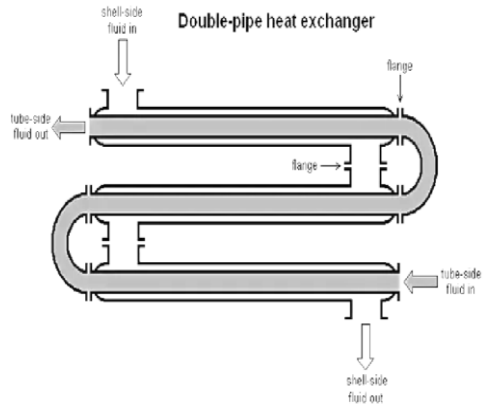
SPESIFIKASI	
Nama	<i>Distilasi Column</i>
Kode	<i>D 304-1</i>
Jumlah	1 unit
Fungsi	Memisahkan <i>Etanol</i>
Sifat bahan	Mudah menguap
Fasa bahan	Cairan
DATA DESIGN	

Gambar	
Tipe Temperatur Diameter Tinggi Kolom Distilasi Bahan Konstruksi	<i>Tray Column</i> 99,76 °C 0,87 m 14,29 m <i>Hight Alloy Steels (SA-240 Grade 304, 18 Cr-8 Ni)</i>

6.1.13 Condensor (CD 306-1)

Tabel 6.13 Spesifikasi *Condensor*

SPEKIFIKASI	
Nama	<i>Condensor</i>
Kode	<i>CD 306-1</i>
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mendinginkan hasil atas destilasi
Sifat bahan	Korosif, volatil
Fasa bahan	gas
DATA DESIGN	

<p>Gambar</p> <p>Tipe Beban Panas, Q Luas Area Jumlah hairpin</p>	 <p><i>Double Pipe</i> 678.381,078 Btu/jam 92,16 ft² 2 buah</p>
Annulus, fluida panas	Inner pipe, fluida dingin
<p>IPS : 3 in SC : 40 OD : 3,5 in ID : 3,068 in ΔPa : 0,1306 psi</p>	<p>IPS : 2 in SC : 40 OD : 2,38 in ID : 2,067 in ΔPp : 00,3255 psi</p>
<p><i>Dirt factor</i> Bahan konstruksi</p>	<p>0,001 Btu/hr.ft².(°F) <i>Stainless steel 316</i></p>

6.1.14 Reboiler (RB 305-1)

Tabel 6.14 Spesifikasi Reboiler

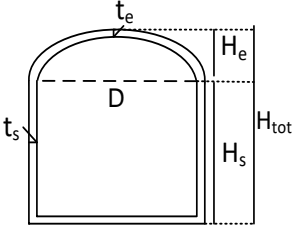
SPESIFIKASI	
Nama	<i>Condensor</i>
Kode	<i>RB 305-1</i>
Jumlah	1 unit
Fungsi	memanaskan hasil bawah destilasi
Sifat bahan	Korosif, volatil
Fasa bahan	cair

DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe Beban Panas, Q Luas Area Jumlah hairpin	<i>Double Pipe</i> 169.926,21 Btu/jam 3,09 ft ² 1 buah
Annulus, fluida panas	Inner pipe, fluida dingin
IPS : 3 in SC : 40 OD : 3,5 in ID : 3,068 in ΔPa : 0,0000436 psi	IPS : 2 in SC : 40 OD : 2,38 in ID : 2,067 in ΔPp : 0,0013 psi
<i>Dirt factor</i> Bahan konstruksi	0,001 Btu/hr.ft ² .(°F) <i>Stainless steel 316</i>

6.1.15 Tangki Penyimpanan Bioetanol (ST 307-1)

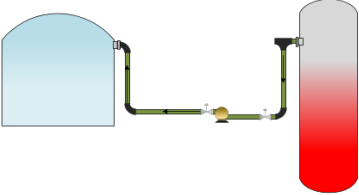
Tabel 6.15 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Etanol

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Penyimpanan etanol
Kode	ST 307-1
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat penyimpanan etanol
Lama Penyimpanan	3 hari
Fasa bahan	Cair
DATA DESIGN	

Gambar	
Tipe Bahan Konstruksi Temperatur Kapasitas Diameter silinder (D) Tinggi silinder (H _s) Tinggi <i>ellipsoidal</i> (H _e) Tinggi total (H _t) Tebal dinding silinder (t _s) Tebal dinding tutup (t _e)	Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>ellipsoidal</i> <i>Carbon steel</i> 30 °C 86,112 m ³ 4,03 m 6,04 m 1,01 m 7,05 m 8,72 mm 12,29 mm

6.1.16 Pompa menuju storage tank (P 302-4)

Tabel 6.16 Spesifikasi Pompa


SPESIFIKASI	
Nama	Pompa menuju storage tank
Kode	P 302-4
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengalirkan etanol ke storage
Sifat bahan	Volatil
Fasa bahan yang dialirkan	Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe Laju alir volumetrik	<i>Centrifugal pump</i> 1,3083 m ³ /jam

Ukuran pipa	1 in sch 80
OD	1,315 in
ID	0,957 in
Daya	0,5 HP

kode	keterangan	daya pompa
PS 106-1	pompa dari tanki smooting ke mixing	1
PS106-2	pompa dari tangki mixing ke RVF	1
PS 106-3	Pompa dari Rfv ke CT	1
p 201-1	pompa dari RH ke fermentor	0,5
P 201-2	pompa dari fermentor ke MF	1
p 302-1	pompa dari Mf ke destilasi	1
p 302-2	Pompa reboiler 1	1
p 302-3	pompa reboiler 2	0,5

6.1.17 *Screw Conveyor* (SC 104-1)

Tabel 6.17 Spesifikasi *Screw Conveyor*

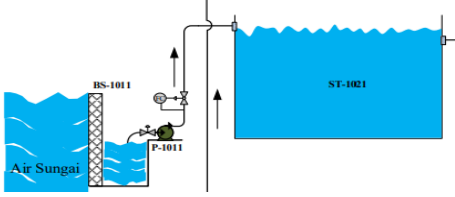
SPESIFIKASI	
Nama	<i>Screw Conveyor</i>
Kode	SC-104-1
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengangkut singkong karet ke SMT
DATA DESIGN	
Gambar	 <p><i>Screw Conveyor</i> <i>Stainless Steel A 316</i> 30 °C 10 in 2 in</p>

Tipe	55 rpm
Bahan Konstruksi	1 HP
Temperatur	
Diameter <i>conveyor</i> (D)	
Diameter batang	
Kecepatan	
Daya	

6.2 Spesifikasi Peralatan Utilitas

6.2.1 Pompa Air Sungai (P-1011)

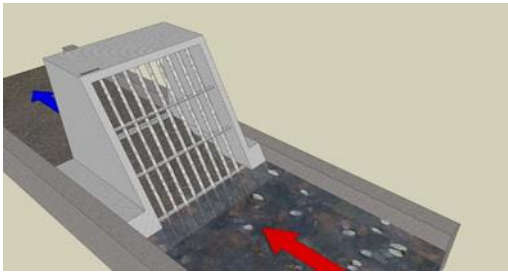
Tabel 6.18 Spesifikasi Pompa Air Sungai (P-1011)

SPESIFIKASI	
Nama	Pompa Air Sungai
Kode	P-1011
Jumlah	2 unit
Fungsi	Mengalirkan air sungai ke bak penampung
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Laju alir volumetrik	185,46 m ³ /jam
Ukuran pipa	12 in sch 80
OD pipa	12,75 in
ID pipa	11,37 in
Daya	3,5 hp

Kode alat	MHP
P-1011	3,5
P-1021	3,5
P-2032	0,5
P-2043	0,5
P-2054	0,5
P-2071	2
P-2081	2
P-3091	1
P-3101	2
P-3115	1
P-3121	0,5
P-3141	0,5
P-3136	0,5

6.2.2 Screening (BS 1011)

Tabel 6.19 Screening (BS 1011)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Screening</i>
Kode	BS 1011
Jumlah	2 unit
Fungsi	Menyaring pengotor pengotor berukuran besar
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Persegi Panjang
Panjang	2 m
Lebar	2 m
	28°

Slope	20 mm
Tebal bar	79 buah bar
Jumlah bar	

6.2.3 Tangki Pelarutan PAC (ST 2032)

Tabel 6.20 Spesifikasi Tangki Pelarutan PAC (ST 2032)

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Melarutkan PAC
Kode	ST 2032
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat Melarutkan PAC
DATA DESIGN	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>elipsoidal</i>
Kapasitas	3,20 m ³
Diameter	1,45 m
Tebal dinding tangki	5,88 mm
Tebal dinding <i>elipsoidal</i>	5,88 mm
Tinggi tangki	2,17 m

6.2.4 Tangki Pelarutan Kapur Tohor (ST 2043)

Tabel 6.21 Spesifikasi Tangki Pelarutan Kapur Tohor (ST-2043)

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Pelarutan Kapur Toho
Kode	ST 2043
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat melarutkan kapur tohor
DATA DESIGN	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>elipsoidal</i>
Diameter tangki	0,45 m
Tinggi silinder	0,45 m

Tinggi <i>ellipsoidal</i>	0,74 mm
Tebal tangki	0,74 mm
Tinggi tangki	0,68 m
Kapasitas	0,10 m ³

6.2.5 Tangki Pelarutan Kaporit (ST 2054)

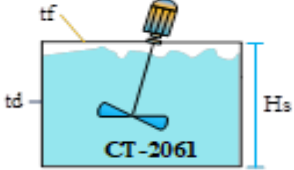
Tabel 6.22 Spesifikasi Tangki Pelarutan Kaporit (ST 2054)

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Pelarutan Kaporit
Kode	ST 2054
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat melarutkan kaporit
DATA DESIGN	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>ellipsoidal</i>
Diameter tangki	0,55 m
Tinggi silinder	0,54 m
Tinggi <i>ellipsoidal</i>	0,13 m
Tinggi tangki	0,81 m
Kapasitas	0,17 m ³

6.2.6 Tanki Koagulasi (CT 201)


Tabel 6.23 Spesifikasi Unit Pengolahan *Raw Water* (CT 2061)

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Koagulasi
Kode	CT 2061
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat pembentukan flok flok
DATA DESIGN	
Gambar	

Tipe	
Kapasitas	
Diameter	
Tinggi tangki	
Tebal dinding	
Tebal <i>ellipsoidal</i>	
Daya motor pengaduk (HP)	

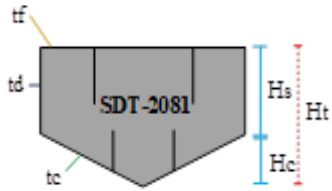
6.2.7 Tanki Flokulasi (FT 2071)

Tabel 6.24 Spesifikasi Tanki Flokulasi (FT 2071)

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Flokulasi
Kode	FT 2071
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat pembentukan makro flok
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	
Kapasitas	
Diameter	
Tinggi tangki	
Tebal dinding	
Tebal <i>ellipsoidal</i>	
Daya motor pengaduk (HP)	
	Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar 5,93 m ³ 1,6 m 3,20 m 6,07 mm 6,07 mm 0,5 HP

6.2.8 Tangki Sedimentasi (ST 2081)

Tabel 6.25 Spesifikasi Tanki Sedimentasi (ST 2081)

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Sedimentasi
Kode	ST 2081
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat mengendapkan makro flok
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas <i>conical</i> dan tutup datar
Kapasitas	13,18m ³
Diameter	2,09 m
Tinggi tangki	4,18 m
Tebal dinding	6,1 mm
Tebal conical	6,5 mm

6.2.9 Sand Filter (SF 3091)

Tabel 6.26 Spesifikasi Sand Tank (SF 3091)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Sand Tank</i>
Kode	SF 3091
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat menyaring sisa-sisa flok
DATA DESIGN	
Gambar	

Tipe	Silinder vertical dengan alas dan tutup <i>ellipsoidal</i>
Media Filter	Pasir silika
Kapasitas	154,57 m ³
Diameter	5,28 m
Tinggi Tangki	7,91 m
Tebal dinding	7,6 mm
Tebal <i>ellipsoidal</i>	7,6 mm

6.2.10 Carbon Filter (CF 3101)

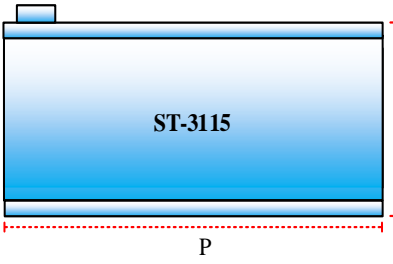
Tabel 6.27 Spesifikasi Carbon Filter (CF 3101)

SPESIFIKASI	
Nama	Carbon Filter
Kode	CF 3101
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat menyaring sisa-sisa flok serta mengurangi warna dan bau pada air.
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas dan tutup <i>elipsoidal</i>
Media Filter	Carbon aktif
Kapasitas	154,57 m ³
Diameter	5,28 m
Tinggi Tangki	7,915 m

Tebal dinding	7,6 mm
Tebal <i>ellipsoidal</i>	7,6 mm

6.2.11 BAK Penampung Air Bersih (ST 3115)


Tabel 6.28 Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih (ST 3115)

SPESIFIKASI	
Nama	Bak Penampung Air Bersih
Kode	ST 3115
Jumlah	2 unit
Fungsi	Menampung air bersih hasil penyaringan <i>carbon filter</i>
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Persegi panjang
volome	4006,67 m ³
Panjang tangki	27,09 m
Lebar tangki	18,06 m
Tinggi tangki	9,03 m

6.2.12 *Mix Bed Ion Exchange* (MBT 3121)

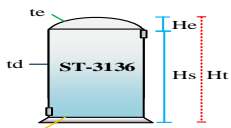
Tabel 6.29 Spesifikasi *Mix Bed Ion Exchange* (MBT 3121)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Mix Bed Ion Exchange</i>
Kode	MBT 3121
Jumlah	2 unit
Fungsi	Tempat pertukaran kation dan anion dalam air
DATA DESIGN	

Gambar	
Tipe	MHC-2400-3
volume	91,93 m ³
laju alir max	215 galon / menit
Diameter	48 in
Volume resin	40 ft ³

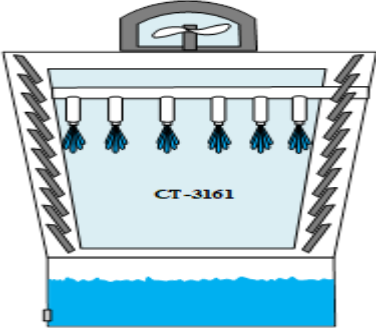
6.2.13 Tangki Air Demin (ST 3136)

Tabel 6.30 Spesifikasi tangki air demin (ST 3136)

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Air Demin
Kode	ST 3136
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat menyimpan air bebas mineral/ <i>demin water</i>
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>elipsoidal</i>
Tinggi tangki	4,38 m
Volume	22,98 m ³
Diameter	2,9 m
Tebal dinding	6,97 mm
Tebal <i>elipsoidal</i>	6,97 mm

6.2.14 Colling Tower (CT 3161)

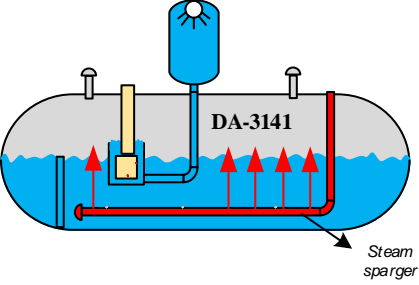
Tabel 6.31 Spesifikasi *Colling Tower* (CT 3161)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Colling Tower</i>
Kode	CT 3136
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mendinginkan air sirkulasi yang telah dipakai sebagai media pendingin
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup <i>elipsoidal</i>
Tinggi tower	3,66 m
Diameter	2,4 m
Daya motor	3HP
Luas tower	210 ft ²

6.2.15 Deaerator (DA 3141)

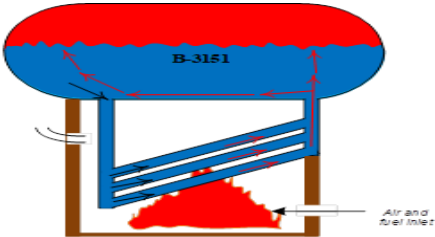
Tabel 6.32 Spesifikasi *Deaerator* (DA 3141)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Deaerator</i>
Kode	DA 3141
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menghilangkan gas terlarut dalam air umpan boiler
DATA DESIGN	
Gambar	

<p>Tipe</p> <p>Tinggi diameter</p> <p><i>flow max</i></p>	 <p>SM 15 D</p> <p>11,6 ft</p> <p>48 in</p> <p>300 galon /menit</p>
---	---

6.2.16 Boiler (B 3151)

Tabel 6.33 Spesifikasi boiler (B 3151)

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Boiler</i>
Kode	ST 3136
Jumlah	1 unit
Fungsi	Memproduksi <i>steam</i>
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	TP-SZL25-2.45-All Water Tube Boiler
Panjang	7,46 m
Lebar	2,65 m
Tinggi	4,4 m

BAB VII

TATA LETAK PABRIK DAN K3LH (KESEHATAN, KESELAMATAN KERJA DAN LINGKUNGAN HIDUP)

Susunan peralatan dan fasilitas dalam suatu rancangan alir proses merupakan syarat penting dalam memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik atau desain secara terperinci pada masa mendatang meliputi desain sarana perpipaan, fasilitas bangunan, tata letak peralatan dan kelistrikan. Hal ini secara khusus akan memberi informasi yang dapat diandalkan terhadap biaya bangunan dan tempat, sehingga dapat diperoleh perhitungan biaya yang terperinci sebelum pabrik didirikan.

7.1 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah suatu perencanaan dan pengintegrasian aliran dari komponen-komponen produksi suatu pabrik, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien dan efektif antara operator, peralatan dan gerakan material dari bahan baku menjadi produk. Tata letak suatu pabrik memainkan peranan yang penting dalam menentukan biaya produksi serta efisiensi dan keselamatan kerja. Oleh karena itu tata letak pabrik harus disusun secara cermat untuk menghindari kesulitan dikemudian hari.

Suatu rancangan pabrik yang rasional mencakup penyusunan area proses, *storage* (persediaan) dan area pemindahan/area alternatif (area *handling*) pada posisi yang efisien dan dengan melihat faktor-faktor sebagai berikut (*Timmerlaus*, 2004) :

- a. Urutan proses produksi dan kemudahan aksesibilitas operasi, jika suatu produk perlu diolah lebih lanjut maka pada unit berikutnya disusun berurutan sehingga sistem perpipaan dan penyusunan letak pompa lebih sederhana.
- b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan/pelebaran lokasi yang telah ada sebelumnya.
- c. Distribusi ekonomis dari fasilitas logistik (bahan baku dan bahan pelengkap), fasilitas utilitas (pengadaan air, *steam*, tenaga listrik dan bahan bakar),

bengkel untuk pemeliharaan/perbaikan alat serta peralatan pendukung lainnya.

- d. Bangunan menyangkut luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- e. Pertimbangan kesehatan, keamanan dan keselamatan seperti kemungkinan kebakaran/ peledakan.
- f. Masalah pembuangan limbah.
- g. Alat-alat yang dibersihkan/dilepas pada saat *shut down* harus disediakan ruang yang cukup sehingga tidak mengganggu peralatan lainnya.
- h. Pemeliharaan dan perbaikan.
- i. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik harus dipertimbangkan dengan kemungkinan dari perubahan proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
- j. *Service arease* seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Penyusunan tata letak peralatan proses, tata letak bangunan dan lain-lain akan berpengaruh secara langsung pada investasi modal, biaya produksi, efisiensi kerja dan keselamatan kerja. Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan seperti :

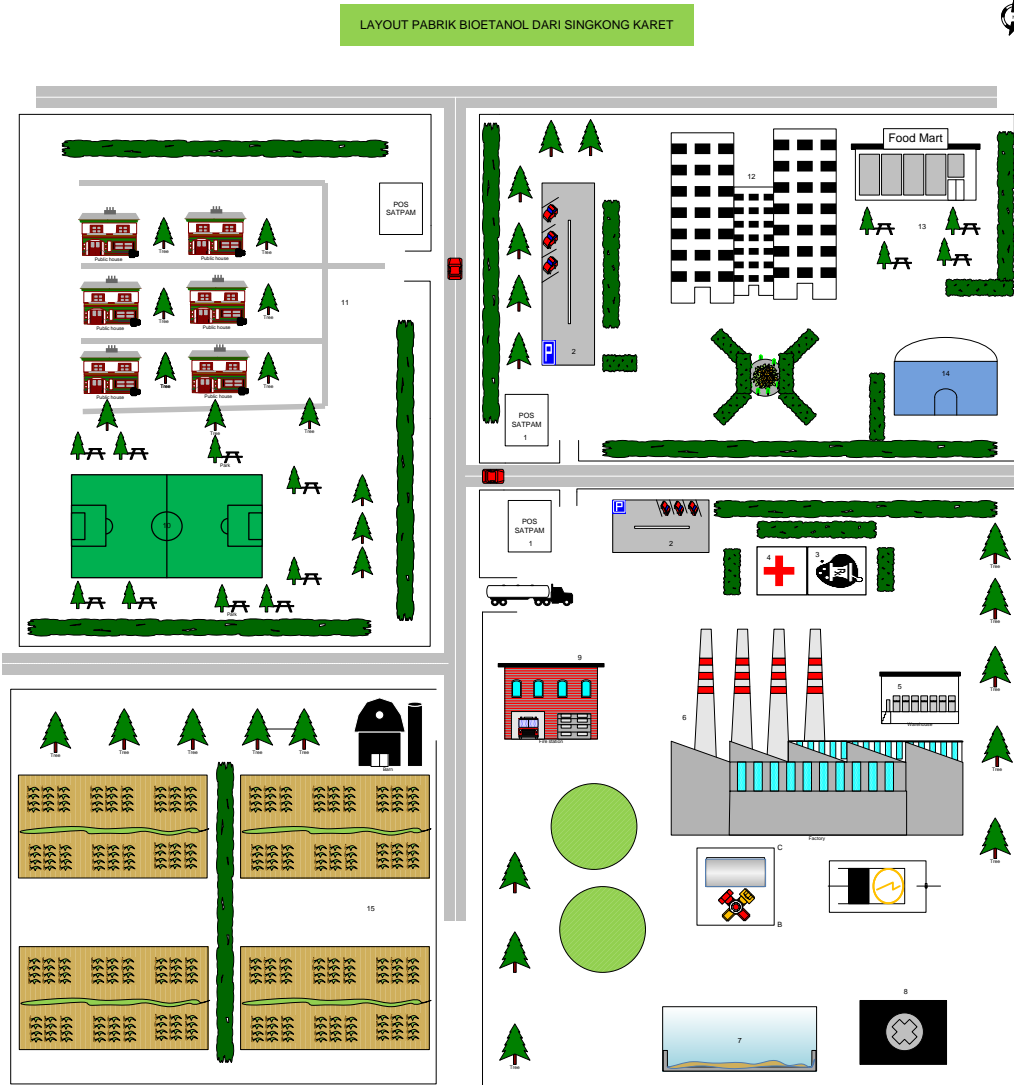
1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produk sehingga memudahkan proses material *handling*.
2. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak.
3. Menurunkan ongkos produksi.
4. Meningkatkan keselamatan kerja.
5. Mengefisienkan kerja semaksimal mungkin.
6. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Pabrik bioetanol dari singkong karet ini direncanakan berdiri di Kecamatan Bandar Mataram, Kabupaten Lampung Tengah Provinsi Lampung dengan luas area 9,14 Ha dengan perincian sebagai berikut:

- Area Pabrik : 1 Ha
- Area Perumahan : 1 Ha

- Area Perkantoran : 0,5 Ha
- Area Perluasan : 7,09 Ha

Tata letak lingkungan pabrik dapat dilihat pada Gambar 7.1



Gambar 7.1 Tata Letak Lingkungan Pabrik Bioetanol Dari Singkong Karet

Keterangan Gambar:

1. Pos Satpam
2. Area Parkir
3. Laboratorium
4. Poliklinik
5. *Warehouse*
6. Area Pabrik
7. Utilitas
8. IPAL
9. Kantor Pemadam Kebakaran
10. Lapangan sepak bola
11. Perumahan Karyawan
12. Kantor Utama
13. Foodmart
14. Masjid
15. Lahan Perkebunan

7.2 Kesehatan dan Keselamatan Kerja Lingkungan Hidup

Suatu usaha perencanaan dalam pengaturan peralatan pabrik sehingga seluruh karyawan, masyarakat sekitar dan lingkungan terhindar dari bahaya yang ditimbulkan oleh pabrik.

Dalam melaksanakan pekerjaan setiap karyawan perlu disiplin untuk menghindari bahaya yang mungkin terjadi. Dengan adanya keselamatan kerja suatu pabrik, berarti ada usaha untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, bebas dari kecelakaan, kehancuran dan kebocoran. Selain bahaya yang bersumber dari dalam pabrik, bahaya juga dapat berasal dari luar pabrik, seperti angin, gempa dan petir.

Usaha – usaha yang perlu diperhatikan untuk menanggulangi bahaya – bahaya yang mungkin terjadi adalah sebagai berikut :

1. Tangki dipilih yang tahan tekan, tahan korosi dan dilengkapi dengan *manhole* dan *handhole* untuk pemeriksaan dan pemeliharaan.
2. Memakai jaket untuk mencegah kebocoran pada suatu sistem pemipaan.

3. Pipa – pipa yang dialiri fluida panas dan beracun diberi warna kontras dan dipasang jauh dari tempat karyawan lewat.
4. Lampu – lampu penerangan pada pabrik harus dipasang memadai.
5. Kabel – kabel listrik pada daerah suatu proses diberi isolasi khusus yang tahan terhadap panas.
6. Bangunan – bangunan yang tinggi harus diberi penangkal petir.
7. Ventilasi udara untuk laboratorium dan ruang penyimpanan bahan kimia harus cukup, agar sirkulasi udara baik.
8. Sistem pemadaman kebakaran disesuaikan dengan jenis proses.
9. Pengontrolan harus diadakan secara periodik untuk semua peralatan dan instalasi pabrik.

7.2.1 Sebab – Sebab Terjadinya Kecelakaan

Secara umum sebab terjadinya kecelakaan sebagai berikut :

1. Lingkungan fisik

Lingkungan fisik meliputi mesin, peralatan, bahan produksi, lingkungan kerja, penerangan dan lain – lain.

Kecelakaan terjadi akibat :

- Kesalahan perencanaan.
- Rusaknya peralatan.
- Kesalahan waktu pembelian.
- Terjadi ledakan karena kondisi operasi yang tidak terkontrol.
- Penyusunan peralatan dan bahan produksi yang kurang tepat.

2. Manusia (karyawan)

Kecelakaan yang disebabkan oleh manusia (karyawan) antara lain :

- Kurangnya pengetahuan dan keterampilan karyawan.
- Ketidakcocokan karyawan dengan peralatan proses atau lingkungan kerja.
- Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja.
- Ketidakmampuan fisik, mental serta faktor bakat lainnya.

3. Sistem manajemen

Adapun kecelakaan yang disebabkan oleh sistem manajemen adalah :

- Kurangnya perhatian terhadap keselamatan kerja.
- Kurangnya penerapan prosedur kerja dengan baik.
- Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan pabrik dan modifikasi pabrik.
- Tidak mengadakan inspeksi peralatan.
- Kurang perhatian pada sistem penganggulangan bahaya.

7.2.2 Peningkatan Usaha Keselamatan Kerja

Untuk meningkatkan keselamatan kerja yang harus diperhatikan dahulu adalah perkiraan–perkiraan di daerah mana yang paling rawan dengan kecelakaan. Kemudian mengetahui jenis kecelakaan apa saja yang dapat terjadi.

Dilokasi pabrik *fatty amine* ini kemungkinan jenis kecelakaan yang terjadi adalah :

1. Kecelakaan karena ledakan dan kebakaran dapat terjadi terutama di area proses dan utilitas. Hal – hal yang perlu diperhatikan:
 - Cara pemasangan peralatan proses pabrik.
 - Kondisi operasi yang terjadi pada masing – masing alat.
 - Pemeriksaan terhadap peralatan hendaknya dilakukan secara rutin.
 - Menyediakan alat pemadam kebakaran serta alat penyelamatan yang baru.

2. Kecelakaan secara fisik

Kecelakaan ini terjadi karena :

- Benturan

Pencegahan dapat dilakukan dengan :

- Memberi pagar pembatas pada peralatan yang bergerak.
- Mewajibkan setiap karyawan memakai helm dan sepatu pengaman apabila masuk ke lokasi pabrik.

7.2.3 Alat Pelindung Diri (APD)

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan kelengkapan yang wajib digunakan saat bekerja sesuai bahaya dan risiko kerja untuk menjaga keselamatan pekerja itu

sendiri dan orang di sekelilingnya. Kewajiban itu sudah disepakati oleh pemerintah melalui Departemen Tenaga Kerja Republik Indonesia.

Semua jenis APD harus digunakan sebagaimana mestinya, gunakan pedoman yang benar-benar sesuai dengan standar keselamatan kerja (K3L 'Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan').

Hukum yang mendasari adalah:

1. Undang-undang No.1 tahun 1970.
 - a) Pasal 3 ayat (1) butir f: Dengan peraturan perundangan ditetapkan syarat-syarat untuk memberikan APD
 - b) Pasal 9 ayat (1) butir c: Pengurus diwajibkan menunjukkan dan menjelaskan pada tiap tenaga kerja baru tentang APD.
 - c) Pasal 12 butir b: Dengan peraturan perundangan diatur kewajiban dan atau hak tenaga kerja untuk memakai APD.
2. Permenakertrans No.Per.01/MEN/1981

Pasal 4 ayat (3) menyebutkan kewajiban pengurus menyediakan alat pelindung diri dan wajib bagi tenaga kerja untuk menggunakannya untuk pencegahan penyakit akibat kerja.
3. Permenakertrans No.Per.03/MEN/1982

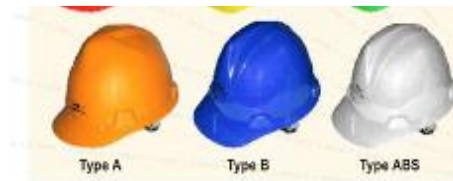
Pasal 2 butir I menyebutkan memberikan nasehat mengenai perencanaan dan pembuatan tempat kerja, pemilihan alat pelindung diri yang diperlukan dan gizi serta penyelenggaraan makanan ditempat kerja
4. Permenakertrans No.Per.03/Men/1986

Pasal 2 ayat (2) menyebutkan tenaga kerja yang mengelola Pestisida harus memakai alat-alat pelindung diri yang berupa pakaian kerja, sepatu laras tinggi, sarung tangan, kacamata pelindung atau pelindung muka dan pelindung pernafasan.

7.2.4 Macam-Macam Alat Pelindung Diri

1. *Safety Helmet*

Safety helmet merupakan alat pelindung kepala yang melindungi kepala dari benda-benda yang bisa mengenai kepala secara langsung.



Gambar 7.2 *Safety Helmet*

2. Tali Keselamatan (*safety belt*)

Berfungsi sebagai alat pengaman ketika menggunakan alat transportasi ataupun peralatan lain yang serupa (mobil, pesawat, alat berat, dan lain-lain). Sehingga saat kita terjatuh, ada tali pengaman yang menyangga tubuh kita.



Gambar 7.3 *Safety Belt*

3. Sepatu Karet (*Boot*)

Berfungsi sebagai alat pengaman saat bekerja di tempat yang becek ataupun berlumpur. Kebanyakan dilapisi dengan metal untuk melindungi kaki dari benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia, dsb.



Gambar 7.4 *Boot*

4. Sepatu Keselamatan (*Safety Shoes*)

Seperti sepatu biasa, tapi dari bahan kulit dilapisi metal dengan sol dari karet tebal dan kuat. Berfungsi untuk mencegah kecelakaan fatal yang menimpa kaki karena tertimpa benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia, dsb.



Gambar 7.5 *Safety Shoes*

5. Sarung Tangan (*Gloves*)

Berfungsi sebagai alat pelindung tangan pada saat bekerja di tempat atau situasi yang dapat mengakibatkan cedera tangan. Bahan dan bentuk sarung tangan disesuaikan dengan fungsi masing-masing pekerjaan.



Gambar 7.6 *Safety Gloves*

6. Penutup Telinga (*Ear Plug / Ear Muff*)

Berfungsi sebagai pelindung telinga pada saat bekerja di tempat yang bising. Sumbat Telinga Sumbat telinga yang baik adalah menahan frekuensi tertentu saja, sedangkan frekuensi untuk bicara biasanya (komunikasi) tak terganggu.



Gambar 7.7 *Ear Plug*

7. Kaca Mata Pelindung (*Safety Glasses*)

Berfungsi sebagai pelindung mata ketika bekerja (misalnya mengelas) agar tidak terkena benda-benda.



Gambar 7.8 *Safety Glasses*

8. Masker (*Respirator*)

Berfungsi sebagai penyaring udara yang dihirup saat bekerja di tempat dengan kualitas udara buruk (misal berdebu, beracun, dsb).



Gambar 7.9 *Respirator*

9. Pelindung wajah (*Face Shield*)

Berfungsi sebagai pelindung wajah dari percikan benda asing saat bekerja (misal pekerjaan menggerinda).



Gambar 7.10 *Face Shield*

10. Jas Hujan (*Rain Coat*)

Berfungsi melindungi dari percikan air saat bekerja (misal bekerja pada waktu hujan atau sedang mencuci alat).



Gambar 7.11 *Rain Coat*

BAB VIII

ORGANISASI PERUSAHAAN

Keberhasilan suatu perusahaan dalam meningkatkan pendapatannya sangat tergantung pada struktur, bentuk dan manajemen dari perusahaan tersebut. Pengelolaan suatu perusahaan yang baik memerlukan suatu struktur organisasi yang sesuai, hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi dan produktifitas sumber daya manusia yang pada akhirnya akan meningkatkan pendapatan perusahaan.

8.1. Bentuk Perusahaan

Pada Pra rancangan pabrik bioetanol dari singkong karet, bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT). Pemilihan ini didasarkan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Perseroan Terbatas adalah suatu badan hukum, artinya pemegang saham adalah pemilik dari perusahaan dan kekuasaan tertinggi pada rapat pemegang saham.
- b. Tanggung jawab dan wewenang pemegang saham terbatas karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran produksi dipegang oleh pimpinan perusahaan, sehingga pembagian hak dan wewenang antara pemegang saham dengan pelaksanaan perusahaan terlihat dengan jelas.
- c. Direktur perusahaan adalah orang yang dipandang mampu mengendalikan perusahaan sehingga diharapkan mampu mendapatkan keuntungan yang maksimal.
- d. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- e. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak berpengaruh dengan berhentinya salah satu pemegang saham, direksi beserta staffnya serta karyawan perusahaan.
- f. Perseroan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.

8.2. Struktur Organisasi

Struktur organisasi akan menentukan kelancaran aktivitas perusahaan dalam pencapaian keuntungan yang maksimal dan perkembangan perusahaan yang baik.

Dalam pengelolaan perusahaan direncanakan memakai sistem *Line and staff organization*. Pemilihan sistem ini didasarkan atas beberapa azas yang akan dijadikan pedoman, antara lain :

- Pembagian tugas dan wewenang yang jelas.
- Sistem control atas kerja yang telah dilaksanakan.
- Kesatuan perintah dan tanggung jawab.

Pada sistem ini garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis, dimana :

- Pimpinan yang terpusat pada satu tangan tidak akan menyebabkan timbulnya kesimpangsiuran dalam menjalankan tugas (adanya kesatuan komando).
- Kepala bagian merupakan orang yang ahli dibidangnya.
- Keputusan dapat dijalankan dengan cepat.

Ada dua kelompok penting yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi *line and staff*, yaitu :

- Sebagai garis atau *line* yaitu orang – orang yang melaksanakan tugas pokok operasional produksi.
- Sebagai *staff* yaitu orang – orang yang membantu tugas dari para Dewan Direksi dan Kepala Bagian.

Perusahaan dipimpin oleh seorang direktur utama yang dibantu oleh direksi. Dalam kegiatan operasionalnya direksi dibantu oleh *staff* dan kepala departemen. Direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris yang merupakan wakil dari pemegang saham mayoritas sebagai badan tertinggi yang berkewajiban menentukan kebijaksanaan umum dan mengawasi jalan perusahaan.

8.3. Tugas dan Wewenang

Pembagian tugas dan wewenang merupakan hal yang sangat penting dalam suatu kegiatan guna kelancaran operasi perusahaan. Adapun tugas dan wewenang tiap jabatan adalah sebagai berikut :

1. Dewan Komisaris

Dewan komisaris selaku pimpinan tertinggi yang diangkat oleh rapat pemegang saham untuk masa jabatan tertentu mempunyai tugas dan wewenang :

- Menetapkan kebijaksanaan perusahaan sesuai dengan kebijaksanaan pemerintah.

- Menilai dan menyetujui rencana direktur, target laba perusahaan, lokasi sumber – sumber dana dan penyerahan pemasaran.
- Mengawasi tugas – tugas direktur dan membantunya dalam hal yang penting.
- Sebagai wakil pemilik saham, dewan ini bertanggung jawab langsung kepada pemilik saham.

2. Direktur Utama

Direktur utama membawahi kepala bagian. Tugas dan wewenang direktur utama, yaitu :

- Menyusun target laba perusahaan, lokasi sumber – sumber dana dan penyerahan pemasaran.
- Membuat keputusan serta membuat perjanjian kerjasama dan kontrak kerja dengan pihak luar organisasi.
- Menetapkan kebijakan umum dalam perencanaan dan pelaksanaan program perusahaan.

3. Kepala Bagian

Tugas dan wewenang kepala bagian adalah sebagai berikut :

- Bertanggung jawab kepada direktur atas tugas yang diberikan untuk mencapai target yang telah direncanakan.
- Mengawasi kualitas dan kuantitas barang – barang dan peralatan yang menjadi tanggung jawabnya.
- Menciptakan kerjasama yang baik dan menjamin keselamatan para karyawan dan memberikan saran-saran serta membuat laporan secara berkala kepada atasan.

Kepala bagian ini terdiri atas :

a. Bagian Keuangan dan Pemasaran

Bagian ini terbagi atas 2 bagian, yaitu :

- Bagian anggaran dan akuntansi,

Mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :

- Mengelola anggaran pendapatan dan belanja perusahaan.
- Mengatur dan menyerahkan gaji karyawan.
- Mengatur dan merencanakan pembelian barang investasi.

- Mengatur dan mengawasi setiap pengeluaran dan pembelian bahan baku dan penjualan produk.
- Membuat dan membukukan pemasukan dan pengeluaran perusahaan.
- Bagian pemasaran

Mempunyai wewenang untuk melaksanakan pemasaran produksi. Bagian pemasaran mempunyai wewenang sebagai berikut :

- Menentukan daerah – daerah pemasaran hasil produksi.
- Meningkatkan hubungan kerjasama yang baik dengan perusahaan luar.

b. Bagian Pengendalian Mutu

Bagian logistik mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :

- Mengatur penerimaan, pergudangan dan suplai bahan baku serta alat – alat yang merupakan kebutuhan produksi.
- Bertanggung jawab terhadap tersedianya bahan baku dan alat – alat yang cukup untuk kelangsungan proses produksi.

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi menjadi, yaitu :

- Perlengkapan

Tugasnya membeli barang yang dibutuhkan perusahaan dalam bidang proses produksi, kebutuhan pegawai dan lain – lain.

- Gudang

Tugasnya menyimpan dan mendistribusikan barang – barang jadi, suku cadang, bahan – bahan kimia dan lain – lain.

- Mutu

Tugasnya memastikan bahan baku dan produk memenuhi kualitas

c. Bagian Administrasi dan Umum

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi empat, yaitu :

- Bagian personalia

Tugas dan wewenang bagian ini adalah :

- Menerima dan memberhentikan tenaga kerja yang sesuai dengan kemampuan dan keahlian masing – masing.
- Memberikan penilaian terhadap prestasi karyawan.
- Memberikan latihan dan peningkatan bagi peningkatan mutu dan prestasi karyawan.

- Bagian administrasi dan tata usaha

Bagian ini bertugas membuat dan mengatur kelancaran administrasi dalam perusahaan.

- Bagian hubungan masyarakat

Bagian ini mempunyai tanggung jawab dalam mengelola hubungan dengan masyarakat dan izin – izin yang menyangkut perusahaan.

- Bagian umum

Bagian ini mempunyai tugas dan wewenang :

- Memberikan pelayanan bagi semua unsur dalam organisasi di bidang kesejahteraan dan fasilitas – fasilitas kesehatan.
- Bertanggung jawab terhadap keamanan dan keselamatan yang meliputi satuan pengamanan (satpam) dan pemadam kebakaran.

d. Bagian Proses dan Produksi

Bagian produksi bertanggung jawab terhadap proses produksi, yaitu mengoperasikan peralatan atau mengendalikan proses terutama penyediaan utilitas, pengemasan, pengepakan produk dan perencanaan produksi yang akan datang. Bagian produksi dibagi dua bagian, kedua bagian ini mempunyai tanggung jawab sendiri – sendiri, diantaranya :

- Bagian Produksi

Bagian ini mempunyai tugas dan wewenang :

- Melaksanakan dan mengawasi operasi selama proses berlangsung.
- Mengawasi persediaan bahan baku dan penyimpanan hasil produksi.

- Bagian Utilitas

Bagian ini bertanggung jawab terhadap penyediaan air, listrik dan lain – lainnya yang berkaitan dengan kelancaran fungsional utilitas.

- Bagian Teknik

Bagian ini bertanggung jawab memelihara semua peralatan fisik pabrik. Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi atas dua bagian, yaitu :

- Bagian teknik pemeliharaan mesin dan peralatan (*maintenance*), mempunyai wewenang :
 - Mengawasi dan menyelenggarakan pemeliharaan peralatan.
 - Melakukan perbaikan untuk kelancaran operasi.

- Bagian teknik umum

Bagian ini bertanggung jawab atas pemeliharaan dan perbaikan – perbaikan fasilitas – fasilitas penunjang lainnya.

- Bagian Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi atas :

- a. Bagian pengendalian mutu

Mempunyai tugas :

- Membuat program dan melaksanakan suatu penelitian guna meningkatkan mutu produksi dan efisiensi proses produksi.
- Mengawasi pelaksanaan penelitian dan analisa hasil produksi.

- b. Bagian laboratorium

Mempunyai tugas dan wewenang :

- Melakukan analisa terhadap bahan baku yang terlibat dalam proses produksi.
- Melakukan analisa semua bahan yang terlibat untuk mengontrol proses produksi.

8.4. Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji

Pada pabrik bioetanol dari singkong karet ini sistem gaji karyawan ditentukan berdasarkan tanggung jawab serta keahlian karyawan tersebut. Pembagian karyawan pabrik ini dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

1. Karyawan tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan suatu keputusan direktur dan mendapat gaji bulanan sesuai kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2. Karyawan harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan direktur tanpa surat keputusan direktur dan mendapat upah harian yang dibayar setengah bulan sekali sesuai dengan hari kerja.

3. Karyawan tidak tetap (kontrak)

Karyawan tidak tetap adalah karyawan yang digunakan oleh pabrik saat diperlukan sesuai perjanjian yang disepakati dan diberhentikan sesuai masa kontrak kerja. Keselamatan seluruh karyawan selama jam kerja dijamin dengan asuransi tenaga kerja.

8.5. Sistem Kerja

Pabrik bioetanol dari singkong karet beroperasi selama 320 hari setahun secara batch dengan waktu kerja 24 jam sehari. Untuk menjaga kelancaran produksi serta mekanisme administrasi dan pemasaran, masa waktu kerja dibagi dengan *shift* dan *non shift*.

8.5.1 Waktu Kerja Karyawan *Non Shift*

Tabel 8.1 Waktu Kerja Karyawan *Non Shift*

HARI	JAM KERJA	JAM ISTIRAHAT
Senin s/d Kamis	08.00 – 17.00	12.00 – 13.00
Jumat	08.00 – 17.00	11.30 – 13.00

8.5.1 Waktu Kerja Karyawan *Shift*

Pembagian jam kerja terdiri dari 3 *shift* dan 4 group, dimana 3 group melakukan *shift* sedangkan satu *shift* libur. Setiap group dikepalai seorang *foreman shift*. Pengaturan jam kerja *shift* ini adalah :

- *Shift* Pagi : jam 08.00 – 16.00
- *Shift* Sore : jam 16.00 – 24.00
- *Shift* Malam : jam 24.00 – 08.00

8.6. Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan pada prarancangan pabrik bioetanol dari singkong karet dapat dilihat pada Tabel 8.2 Dan Tabel 8.3

Tabel 8.2 Karyawan *Non Shift*

No	Jabatan	Jumlah
1.	Dewan Komisaris	4
2.	Direktur	1
3.	Kepala Bagian	
	- S2 Teknik Kimia	1
	- S2 Teknik Industri	1
	- S2 Teknik Mesin	1
	- S2 Manajemen	3
	- S2 Akutansi	1
4	Karyawan Akuntansi dan Anggaran	
	- S1 Akutansi	1
5	Karyawan Pemasaran	
	- S1 Manajemen	1
6	Karyawan Administrasi dan SDM	
	- S1 Akutansi	1
	- S1 Manajemen	1
7	Karyawan Logistik	
	- S1 Manajemen	1
8	Karyawan Litbang	
	- S1 Manajemen	1
	- S1 Teknik Kimia	1
	- S1 Kimia/MIPA	1
9	Sekretaris	
	- S1 Manajemen	1
10	Kepala satpam	
	- SMA Sederajat	1
11	Sopir	
	- SMA Sederajat	3
Jumlah		25

Tabel 8.3Karyawan *Shift*

No	Jabatan	Operator
1	Karyawan Produksi	
	- D3 Teknik Kimia/Sederajat	4
	- D3 Teknik Elektro/Sederajat	8
2	Karyawan Utilitas	
	- D3 Teknik kimia	16
	- D3 Teknik Lingkungan	4
3	Karyawan Mesin	
	- D3 Teknik mesin	12
4	Karyawan Laboratorium	
	a. Laboratorium produksi	
	- D3 Kimia Analis	4
	- SMK Analis	4
	b. Laboratorium Pengendalian Mutu	
	- D3 Kimia Analis	4
- SMK Analis	4	
5	Karyawan Instrumentasi dan Elektrikal	
	- D3 Teknik Elektro	8
6	Satpam	
	- SMA Sederajat	12
7	Supervisor	
	- S1 teknik kimia	4
8	Office boy	
	- SMA	9
9	Dokter	
	- S1 Kedokteran	2
10	Perawat	
	- D3 Keperawatan	2
Jumlah		97

8.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Jaminan sosial diberikan kepada karyawan, antara lain :

1. Tunjangan

- Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan.
- Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan.

- Tunjangan lembur yang diberikan pada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

2. Cuti

- Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja setahun.
- Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan surat keterangan dokter.
- Cuti mendadak diberikan kepada karyawan apabila terjadi hal – hal diluar dugaan.

3. Perlengkapan kerja karyawan produksi

Perlengkapan kerja diberikan kepada karyawan berupa *safety shoes*, *safety earring*, helm, pakaian, masker dan kacamata.

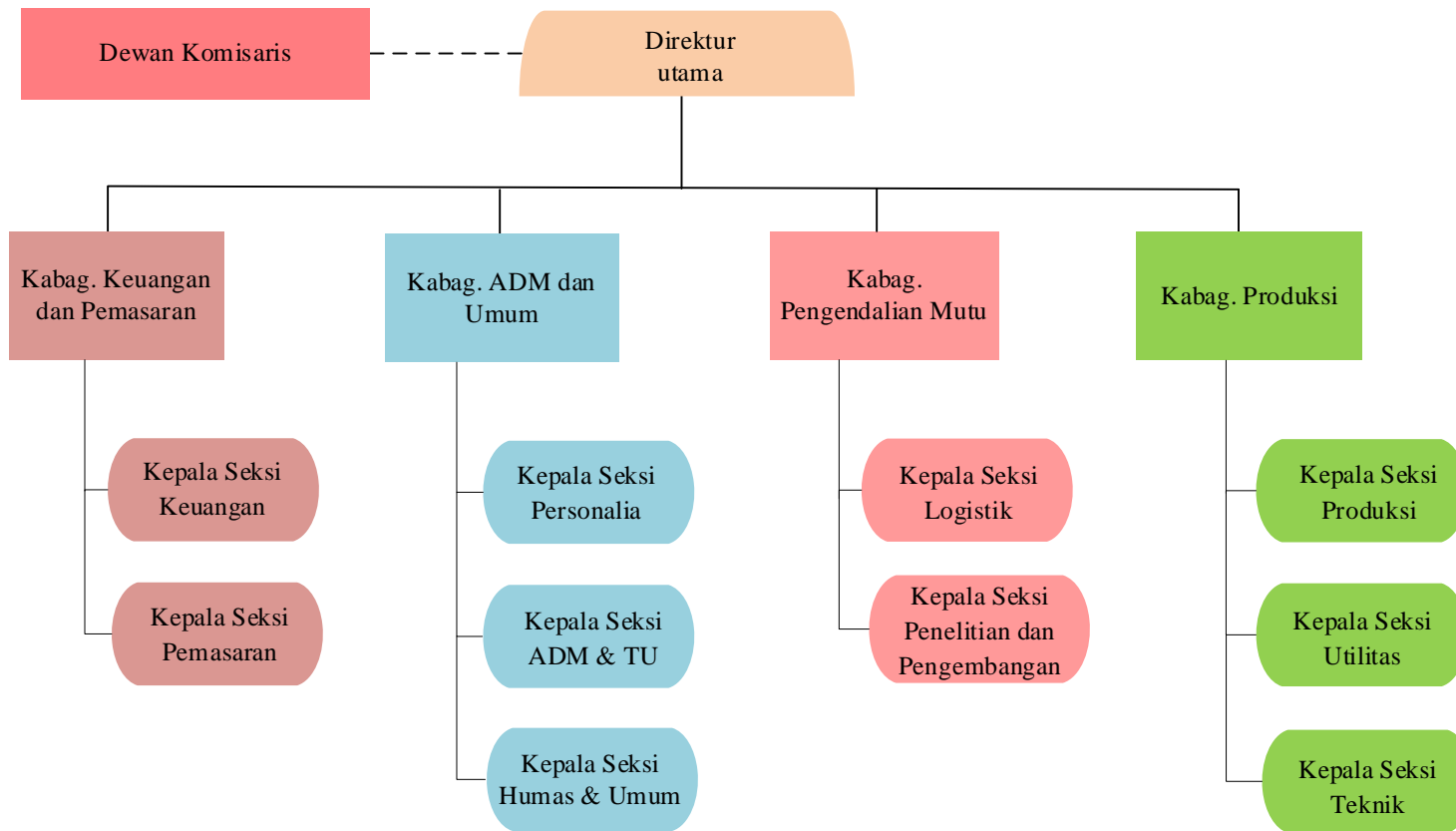
4. Pengobatan

- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang – undang yang berlaku.
- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

5. Asuransi tenaga kerja (ASTEK)

Sesuai dengan yang telah diatur pada pasal 15 ayat 2 Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan transmigrasi Republik Indonesia No. PER.07/MEN/V/2010, premi Asuransi ditetapkan sebesar Rp. 400.000,- yang terdiri dari;

- a. Premi Asuransi TKI Pra Penempatan sebesar Rp. 50.000,-
- b. Premi Asuransi TKI Masa Penempatan sebesar Rp. 300.000,-
- c. Premi Asuransi TKI Purna Penempatan sebesar Rp. 50.000,-



Gambar 8.1 Struktur Organisasi

BAB IX

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi diperlukan untuk menentukan jumlah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan dan mengoperasikan pabrik serta tinjauan kelayakan suatu pabrik. Faktor – faktor yang perlu ditinjau dalam analisa ekonomi adalah :

1. Investasi yang dibutuhkan untuk pendirian suatu pabrik sampai beroperasi yang dikenal dengan istilah *Total Capital Investment*.
2. Biaya produksi (*Total Production Cost*).
3. Harga jual produk yang dihasilkan.
4. Tinjauan kelayakan dari investasi yang disebut *Profitability Measure of Investment*. Tinjauan kelayakan ini terdiri atas perhitungan laba kotor dan laba bersih, laju pengembalian modal (*Rate of Return*), waktu pengembalian modal (*Pay Out Time*), serta titik impas (*Break Event Point*).

9.1 Total Capital Investment (TCI)

Total Capital Investment(TCI) adalah sejumlah modal yang ditanamkan/diresikokan untuk mendirikan pabrik sampai pabrik siap beroperasi. *Total Capital Investment* terbagi 2, yaitu :

a. Fixed Capital Investment (FCI)

Fixed Capital Investment atau investasi biaya tetap adalah modal yang dikeluarkan untuk pembelian dan pemasangan peralatan pabrik serta alat penunjang lainnya sehingga pabrik dapat beroperasi. Berdasarkan perhitungan Lampiran D didapatkan *Fixed Capital Investment* sebesar US\$ 15.851.140,96 atau Rp 220.013.836.551,06

b. Working Capital Investment (WCI)

Working Capital Investment atau investasi biaya kerja adalah modal atau biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan pabrik sampai menghasilkan produk perdana. Biaya ini dimaksudkan untuk membiayai start up, gaji karyawan,

pembelian bahan baku, pajak dan kebutuhan lainnya. Berdasarkan perhitungan Lampiran D didapatkan *Working Capital Investment* sebesar US\$.3.002.809,49 atau Rp 41.922.223.335,43

Dengan demikian, *Total Capital Investment* adalah sebesar US\$ 2.797.260,17 atau Rp 38.825.971.156,07

9.2 Biaya Produksi (*Total Production Cost*)

Total Production Cost adalah biaya yang diperkirakan untuk menjalankan pabrik. Biaya produksi terbagi 2, yaitu:

a. *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost adalah biaya yang berhubungan dengan produksi yang terdiri dari *Direct Production Cost*, biaya tetap dan biaya *overhead*. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, didapatkan harga *manufacturing cost* seperti berikut.

- *Direct Production Cost* = US\$ 4.846.887,86 = Rp.67.274.803.560,60
- *Fixed Charge* = US\$ 1.997.243,76 = Rp.27.721.743.405,43
- *Plant overhead cost* = US\$ 1.174.085,03 = Rp.16.296.300.222,90

b. *General expenses*

General expenses adalah biaya yang diperlukan untuk keperluan administrasi, distribusi, penjualan produk, penelitian dan pembiayaan lainnya. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, *general expenses* yang didapatkan adalah US\$ 3722.633,65 atau Rp 51.670.115.040,08

Dengan demikian, *Total Production Cost* adalah sebesar US\$ 11.740850,30 atau Rp 162.963.002.229,02

9.3 Harga Jual (*Total Sales*)

Produk utama yang dihasilkan pada pabrik bioetanol dari siingkong karet akan dipasarkan di seluruh wilayah Indonesia dan sebagiannya akan di ekspor. Harga jual bioetanol dunia saat ini adalah sebesar US\$ 2,16 /L.Total penjualan bioetanol di pabrik bioetanol sebesar US\$.16210.374,64 atau Rp. 225.000.000.000,00

9.4 Tinjauan Kelayakan Pabrik

Tinjauan kelayakan pabrik bioetanol dari singkong karet dapat dilihat dari 4 bagian berikut ini.

9.4.1 Laba Kotor dan Laba Bersih

Laba adalah hasil yang diperoleh dari total penjualan dikurangi total biaya produksi. Laba kotor adalah laba sebelum dikeluarkan pajak, sedangkan laba bersih adalah laba yang diperoleh setelah dikeluarkan pajak. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, diperoleh laba sebagai berikut.

- Laba kotor yang diperoleh adalah = US\$ 4.469.524,34
= Rp. 62.036.997.770,98
- Laba bersih yang diperoleh adalah = US\$ 3.910.833,79
= Rp. 54.282.373.049,61

9.4.2 Laju Pengembalian Modal (*Rate of Investment*)

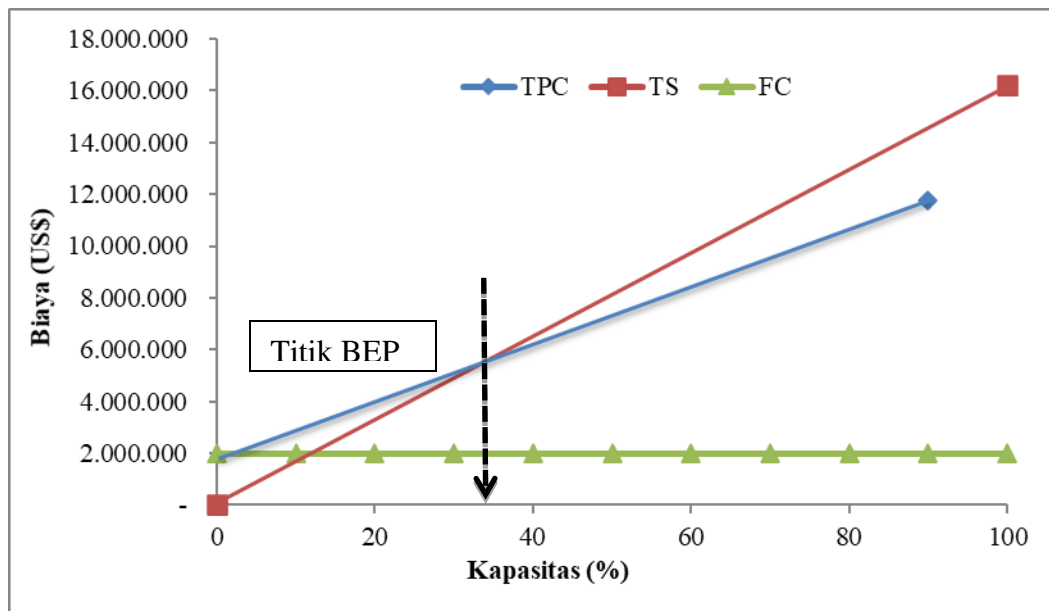
Rate of Return (ROR) merupakan perbandingan antara laba yang diperoleh tiap tahun terhadap modal yang ditanamkan. Berdasarkan perhitungan Lampiran D didapatkan nilai ROR sebesar 20,97%. Hal ini menandakan bahwa pabrik bioetanol dari singkong karet dengan kapasitas produksi 7.500 KL/tahun layak didirikan.

9.4.3 Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time*)

Pay Out Time (POT) merupakan lamanya waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal yang dipinjam. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, POT yang didapatkan adalah 3 tahun 6 bulan 6 hari.

9.4.4 Titik Impas (*Break Event Point*)

Break Event Point (BEP) atau yang lebih dikenal dengan sebutan titik impas merupakan suatu kondisi dimana hasil penjualan produk sama dengan biaya produksi. Berdasarkan perhitungan Lampiran D didapatkan BEP sebesar 31%. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik bioetanol dari singkong karet dengan kapasitas 7.500 KL/tahun layak untuk didirikan.. Analisa BEP dapat dilihat pada Gambar 9.1



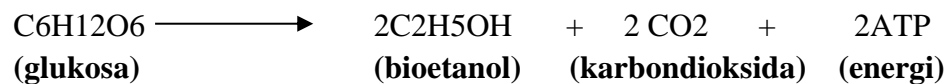
Gambar 9.1 Kurva *Break Event Point* (BEP)

BAB X. TUGAS KHUSUS

10.1 Pendahuluan

Industri kimia merupakan industri yang mengolah bahan baku menjadi produk dengan memanfaatkan proses-proses kimia. Bioetanol merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari proses kimia. Bioetanol dapat dibuat melalui tahapan hidrolisis dan fermentasi.

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan bioetanol adalah singkong karet, pati singkong karet direaksikan dengan air melalui bantuan enzim akan membentuk glukosa. Selanjutnya glukosa difermentasi dengan bantuan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* membentuk etanol. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Perancangan pabrik bioetanol harus mempertimbangkan ketersediaan lahan, bahan baku, dan kebutuhan bioetanol di Indonesia. Pemilihan proses dan peralatan yang digunakan serta pemasaran hasil produksi. Tahapan proses produksi bioetanol meliputi perlakuan awal, tahap persiapan bahan baku, tahap reaksi, dan tahap pemurnian bioetanol. Sebelum proses produksi berjalan, langkah awal yang terlebih dahulu dilakukan yaitu membuat rancangan peralatan proses yang digunakan.

10.2 Ruang Lingkup Rancangan

Perancangan peralatan proses yang digunakan dalam produksi bioetanol terdiri atas rancangan tangki, reaktor, alat transportasi, perancangan alat perpindahan panas dan rancangan peralatan pemisah. Tangki digunakan untuk penampungan bahan baku ataupun bahan penunjang lainnya. Reaktor merupakan tempat terjadinya reaksi hidrolisis dalam proses produksi bioetanol, alat transportasi fluida cair berupa pompa, alat perpindahan panas berupa *heater*, serta rancangan *centrifuge* sebagai alat pemisah. Rancangan lengkap peralatan proses dapat dilihat pada subbab rancangan.

10.3 Rancangan

Adapun rancangan khusus dalam pembuatan tugas akhir pra rancangan pabrik bioetanol dari singkong karet adalah pompa *storage tank*, *preheater* destilasi, *Centrifuge*, *storage tank* dan reaktor hidrolisis.

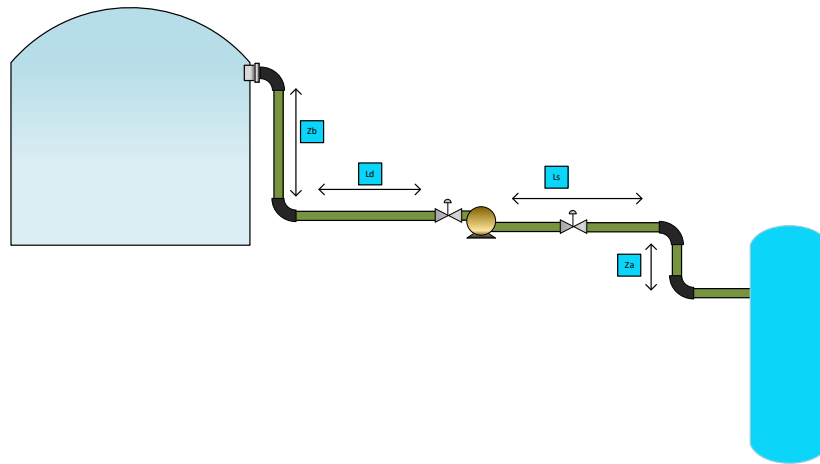
10.3.1. Pompa (P 302-4)

Fungsi : Mengalirkan hasil ke *storage*

Tipe : *Centrifugal Pumps*

Bahan : *Carbon steel*

Gambar :



Data :

- Laju alir massa, m : 1.755,91 kg/jam = 1,0750 lb/s
- Densitas, ρ : 1.491 kg/m³ = 93,10 lb/ft³
- Viskositas, μ : 1,094 cP = 2,6476 lb/ft.hr
- Tinggi pompa terhadap cairan masuk, Z_a : 2 m = 6,56 ft
- Tinggi pompa terhadap cairan keluar, Z_b : 6 m = 19,68 ft
- Panjang pipa hisap, L_s : 6 m = 19,68 ft
- Panjang pipa buang, L_d : 10 m = 32,8 ft
- Faktor keamanan 10%

Pemilihan faktor keamanan pada pompa *centrifugal pump* dapat dilihat pada Gambar 10.1

TABLE 6
Factors in equipment scale-up and design

Type of equipment	Is pilot plant usually necessary?	Major variables for operational design (other than flow rate)	Major variables characterizing size or capacity	Maximum scale-up ratio based on indicated characterizing variable	Approximate recommended safety or over-design factor, %
Agitated batch crystallizers	Yes	Solubility-temperature relationship	Flow rate Heat transfer area	>100:1	20
Batch reactors	Yes	Reaction rate Equilibrium state	Volume Residence time	>100:1	20
Centrifugal pumps	No	Discharge head	Flow rate Power input Impeller diameter	>100:1 >100:1 10:1	10

Gambar 10.1 Pemilihan Faktor Keamanan pada Jenis Pompa

Sumber : (Peter, Pers 14.15 Hal 496)

Laju alir volumetrik, Q_v

$$Q_p = \frac{m}{0.9}$$

$$= \frac{1755,91 \text{ kg/jam}}{0.9} = 1951,0111 \text{ kg/jam}$$

$$Q_v = \frac{Q_p}{\rho}$$

$$= \frac{1951,011 \text{ kg/jam}}{1491 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 1,3083 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0128 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$= 5,7601 \text{ gal/min}$$

Diameter optimum, D_{opt}

Asumsi aliran turbulen

$$D_{opt} = 3,9 * Q_v^{0,45} * \rho^{0,13} \quad (\text{Peter, Pers 14.15 Hal 496})$$

Untuk mendapatkan rumus diameter optimum pada aliran turbulen dapat dilihat pada Gambar 10.2

The derivation of equations for determining optimum economic pipe diameters is presented in Chap. 11 (Optimum Design and Design Strategy). The following simplified equations [Eqs. (45) and (47) from Chap. 11] can be used for making design estimates:

For turbulent flow ($N_{Re} > 2100$) in steel pipes

$$D_{i,opt} = 3.9q_f^{0.45}\rho^{0.13} \tag{15}$$

For viscous flow ($N_{Re} < 2100$) in steel pipes

$$D_{i,opt} = 3.0q_f^{0.36}\mu_c^{0.18} \tag{16}$$

MATERIALS TRANSFER, HANDLING, AND TREATMENT EQUIPMENT 497

where $D_{i,opt}$ = optimum inside pipe diameter, in.
 q_f = fluid flow rate, ft^3/s
 ρ = fluid density, lb/ft^3
 μ_c = fluid viscosity, centipoises

Gambar 10.2 Rumus Diameter Optimum pada Aliran Turbulen

Sumber : (Peter, Pers 14.15 Hal 496)

$$\begin{aligned}
 D_{opt} &= 3,9 * Q_v^{0,45} * \rho^{0,13} \\
 &= 3,9 * (0,0128)^{0,45} * (93,1011)^{0,13} \\
 &= 0,9902 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 11 Kern, diperoleh pipa baja dengan ukuran sebagai berikut, dapat dilihat pada Gambar 10.3

Nominal pipe size, in.	Outside diameter, in.	Schedule no.	Wall thickness, in.	Inside diameter, in.	Cross-sectional area of metal, in. ²	Inside sectional area, ft ²	Circumference, ft or surface, ft ² /ft of length		Capacity at 1 ft/s velocity		Pipe weight lb/ft
							Outside	Inside	U.S. gal/min	Water, lb/h	
¼	0.405	40	0.068	0.269	0.072	0.00040	0.106	0.0705	0.179	89.5	0.24
		80	0.095	0.215	0.093	0.00025	0.106	0.0563	0.113	56.5	0.31
½	0.540	40	0.088	0.364	0.125	0.00072	0.141	0.095	0.323	161.5	0.42
		80	0.119	0.302	0.157	0.00050	0.141	0.079	0.224	112.0	0.54
¾	0.675	40	0.091	0.493	0.167	0.00133	0.177	0.129	0.596	298.0	0.57
		80	0.126	0.423	0.217	0.00098	0.177	0.111	0.440	220.0	0.74
1	0.840	40	0.109	0.622	0.250	0.00211	0.220	0.163	0.945	472.0	0.85
		80	0.147	0.546	0.320	0.00163	0.220	0.143	0.730	365.0	1.09
1¼	1.050	40	0.114	0.824	0.333	0.00374	0.275	0.216	1.065	522.5	1.15
		80	0.154	0.742	0.433	0.00300	0.275	0.194	1.345	672.5	1.47
1½	1.315	40	0.133	1.049	0.494	0.00600	0.344	0.275	2.690	1,345	1.68
		80	0.179	0.957	0.639	0.00499	0.344	0.250	3.240	1,620	2.15
2	1.660	40	0.140	1.380	0.668	0.01040	0.435	0.361	4.57	2,285	2.27
		80	0.191	1.278	0.881	0.00891	0.435	0.335	3.99	1,995	3.00
2½	1.900	40	0.145	1.610	0.800	0.01414	0.497	0.421	6.34	3,170	2.72
		80	0.200	1.500	1.069	0.01225	0.497	0.393	5.49	2,745	3.63

(Continued)

3

Gambar 10.3 Ukuran Pipa Baja

Sumber : (mc.cabe appendix 5, Tabel 11)

IPS	Suction (a)			Discharge (b)		
	in	ft	m	in	ft	m
	1 in Sch 80					
OD	1,315	0,1095	0,0334	1,3150	0,1095	0,0334
ID	0,957	0,0797	0,0243	0,9570	0,0797	0,0243
a"	0,7180	in ²	0,0050	ft ²		

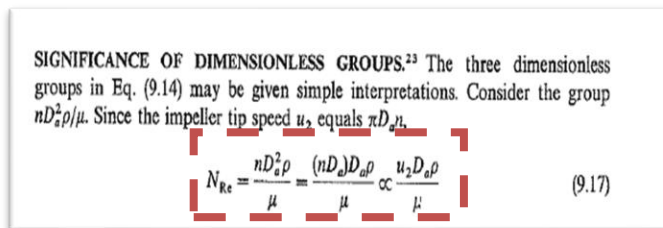
Kecepatan aliran, V

V_a = V_b, karena ukuran pipa hisap dan pipa buang sama

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q_v}{a''} \\
 &= \frac{0,0128 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,0050 \text{ ft}^2} = 2,573 \text{ ft/s} = 9263,65 \text{ ft/h} \\
 \frac{V^2}{2g_c} &= \frac{(2,573 \text{ ft/dt})^2}{2 \times 32,17 \text{ ftlbm/lbfs}^2} = 0,1029 \text{ ft-lbf/lb.m}
 \end{aligned}$$

Bilangan Reynolds, N_{Re}

$$N_{Re} = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} \quad (\text{Mc Cabe, pers 9.17})$$



$$\begin{aligned}
 N_{Re} &= \frac{\rho \times V \times D}{\mu} \\
 &= \frac{93,1011 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 9263,6528 \frac{\text{ft}}{\text{hr}} \times 0,0797 \text{ ft}}{2,6476 \frac{\text{lb}}{\text{ft.hr}}} = 25.968
 \end{aligned}$$

Rugi Gesek

1. Suction

- Rugi Gesek akibat gesekan dengan kulit pipa

$$h_{fsa} = f \frac{\Delta L V^2}{r_H 2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.56})$$

The hydraulic radius is a useful parameter for generalizing fluid-flow phenomena in turbulent flow. Equation (5.7) can be so generalized by substituting $4r_H$ for D or $2r_H$ for r_w :

$$h_{fs} = \frac{\tau_w}{\rho r_H} \Delta L = \frac{\Delta p_s}{\rho} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{\bar{V}^2}{2g_c} \quad (5.56)$$

$$N_{Re} = \frac{4r_H \bar{V} \rho}{\mu} \quad (5.57)$$

The simple hydraulic-radius rule does not apply to laminar flow through noncircular sections. For laminar flow through an annulus, for example, f and N_{Re} are related by the equation³

$$f = \frac{16}{N_{Re}} \phi_a \quad (5.58)$$

$$r_H = \frac{ID}{4} \quad (\text{Mc Cabe, Hal 103})$$

$r_H \equiv \frac{S}{L_p} \quad (5.54)$

where S = cross-sectional area of channel
 L_p = perimeter of channel in contact with fluid

Thus, for the special case of a circular tube, the hydraulic radius is

$$r_H = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = \frac{D}{4}$$

The equivalent diameter is $4r_H$, or simply, D .
 An important special case is the annulus between two concentric pipes. Here the hydraulic radius is

$$r_H = \frac{\pi D_o^2/4 - \pi D_i^2/4}{\pi D_i + \pi D_o} = \frac{D_o - D_i}{4} \quad (5.55)$$

$$r_H = \frac{ID}{4} = \frac{0,0797 \text{ ft}}{4} = 0,0199 \text{ ft}$$

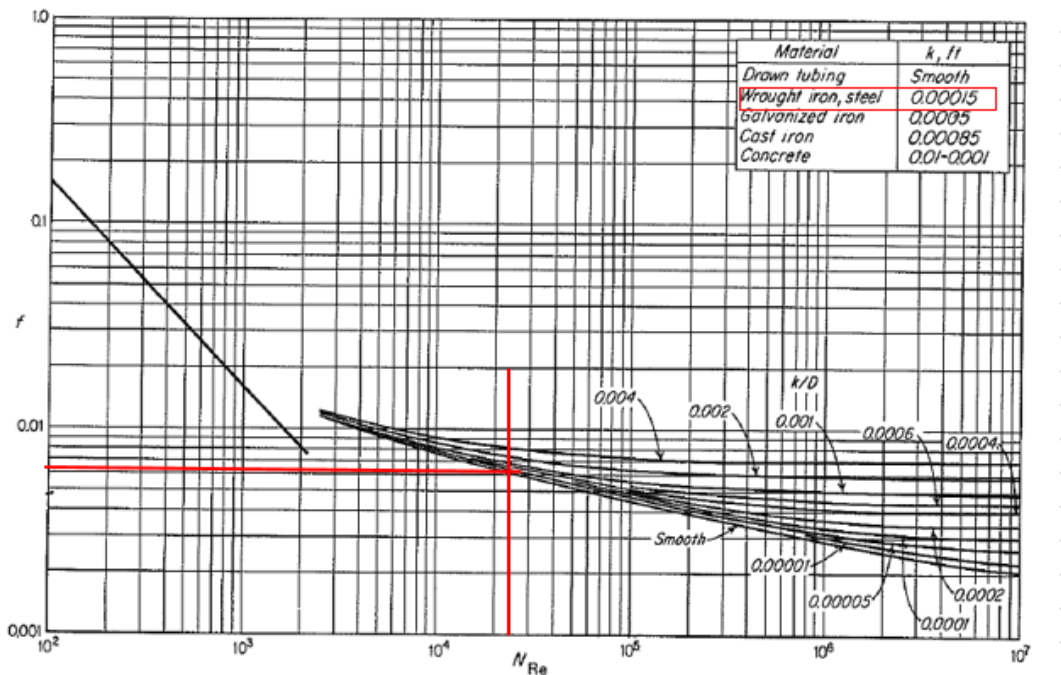
$$N_{Re} = 25.967$$

Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah *commercial steel pipe*, dimana

$$k = 0,00015 \text{ ft} \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

$$\frac{k}{ID} = \frac{0,00015 \text{ ft}}{0,0797 \text{ ft}} = 0,00188$$

$$f = 0,006 \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$



Maka,

$$\begin{aligned}
 h_{fsa} &= 0,004 \times \frac{19,68ft}{0,0199ft} \times 0,1029 ft \cdot lb_f/lb \\
 &= 0,6098 ft \cdot lb_f/lb
 \end{aligned}$$

2. Discharge

- Rugi Gesek akibat gesekan dengan kulit pipa

$$h_{fsb} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.56})$$

The hydraulic radius is a useful parameter for generalizing fluid-flow phenomena in turbulent flow. Equation (5.7) can be so generalized by substituting $4r_H$ for D or $2r_H$ for r_w :

$$h_{fs} = \frac{\tau_w}{\rho r_H} \Delta L = \frac{\Delta p_s}{\rho} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2g_c} \quad (5.56)$$

$$N_{Re} = \frac{4r_H V \rho}{\mu} \quad (5.57)$$

The simple hydraulic-radius rule does not apply to laminar flow through noncircular sections. For laminar flow through an annulus, for example, f and N_{Re} are related by the equation³

$$f = \frac{16}{N_{Re}} \phi_a \quad (5.58)$$

$$r_H = \frac{ID}{4} \quad (\text{Mc Cabe, Hal 103})$$

$$r_H = \frac{S}{L_p} \quad (5.54)$$

where S = cross-sectional area of channel
 L_p = perimeter of channel in contact with fluid

Thus, for the special case of a circular tube, the hydraulic radius is

$$r_H = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = \frac{D}{4}$$

The equivalent diameter is $4r_H$, or simply, D .
 An important special case is the annulus between two concentric pipes. Here the hydraulic radius is

$$r_H = \frac{\pi D_o^2/4 - \pi D_i^2/4}{\pi D_i + \pi D_o} = \frac{D_o - D_i}{4} \quad (5.55)$$

$$r_H = \frac{ID}{4}$$

$$= \frac{0,0797 \text{ ft}}{4} = 0,0199 \text{ ft}$$

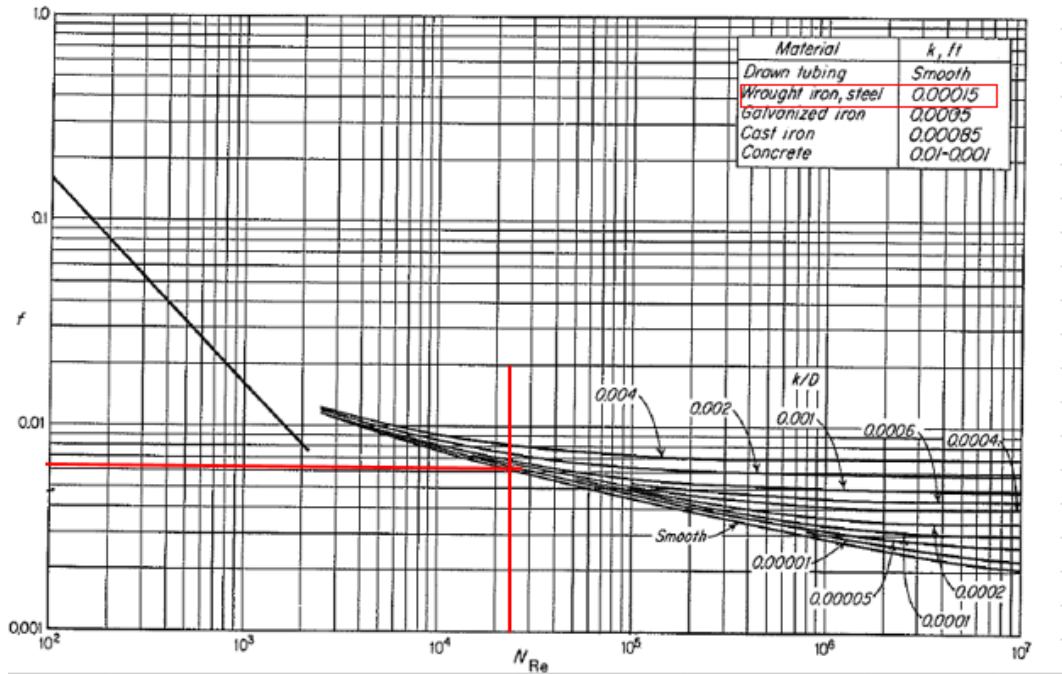
$$N_{Re} = 25.967$$

Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah *commercial steel pipe*, dimana

$$k = 0,00015 \text{ ft} \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

$$\frac{k}{ID} = \frac{0,00015 \text{ ft}}{0,0797 \text{ ft}} = 0,00188$$

$f = 0,006$ (Mc Cabe, Fig. 5.



Maka,

$$h_{fsa} = 0,004 \times \frac{32,8ft}{0,0199 ft} \times 0,1029 ft \cdot lb_f/lb$$

$$= 1,0163 ft \cdot lb_f/lb$$

- Rugi gesek akibat fitting dan valve

$$h_{ffb} = K_f \frac{v^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.67})$$

EFFECT OF FITTINGS AND VALVES. Fittings and valves disturb the normal flow lines and cause friction. In short lines with many fittings, the friction loss from the fittings may be greater than that from the straight pipe. The friction loss h_{ff} from fittings is found from an equation similar to Eqs. (5.59) and (5.65):

$$h_{ff} = K_f \frac{\bar{v}_a^2}{2g_c} \quad (5.67)$$

where K_f = loss factor for fitting
 \bar{v}_a = average velocity in pipe leading to fitting

Factor K_f is found by experiment and differs for each type of connection. A short list of factors is given in Table 5.1.

K_f (elbow 90°) = 0,9 = 4 unit (Mc Cabe, Tabel 5.1)

K_f (Gate valve) = 0,2 = 2 unit (Mc Cabe, Tabel 5.1)

K_f (globe valve) = 10 = 1 unit (Mc Cabe, Tabel 5.1)

TABLE 5.1
Loss coefficients for standard
threaded pipe fittings†

Fitting	K_f
Globe valve, wide open	10.0
Angle valve, wide open	5.0
Gate valve	
wide open	0.2
half open	5.6
Return bend	2.2
Tee	1.8
Elbow	
90°	0.9
45°	0.4

† From J. K. Vennard, in V. L. Streeter (ed.), *Handbook of Fluid Dynamics*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1961, p. 3-23.

$$\text{Total } K_f = (4 \times 0,9) + (1 \times 0,2) + (1 \times 10) = 13,8$$

Maka,

$$h_{ffb} = 13,8 \times 0,1029 \text{ ft. lb}_f/\text{lb} = 1,4202 \text{ ft-lb}_f/\text{lb}$$

Sehingga, total rugi gesek adalah

$$\begin{aligned} &= h_{fsa} + h_{fsb} + h_{ffb} \\ &= (0,6098 + 1,0163 + 1,4202 \text{ ft}) \text{ ft-lb}_f/\text{lb} \\ &= 3,1903 \text{ ft-lb}_f/\text{lb} \end{aligned}$$

Daya pompa (BHP)

Daya pompa dihitung menggunakan Persamaan Bernoulli :

(Mc.Cabe, pers 4.32)

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} + \eta W_p = \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} + h_f$$

fluid is $W_p - h_{fp}$. In practice, in place of h_{fp} , a pump efficiency denoted by η is used, defined by the equation

$$W_p - h_{fp} \equiv \eta W_p$$

or

$$\eta = \frac{W_p - h_{fp}}{W_p} \quad (4.31)$$

The mechanical energy delivered to the fluid is, then, ηW_p , where $\eta < 1$. Equation (4.29) corrected for pump work is

$$\frac{P_c}{\rho} + \frac{gZ_c}{g_c} + \frac{\alpha_c V_c^2}{2g_c} + \eta W_p = \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} + h_f \quad (4.32)$$

Equation (4.32) is a final working equation for problems on the flow of incompressible fluids.

Atau

$$\eta W_p = \left(\frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} \right) - \left(\frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} \right) + h_f$$

Dimana

$$P_a = P_b$$

$$V_a = V_b$$

$$\rho_a = \rho_b$$

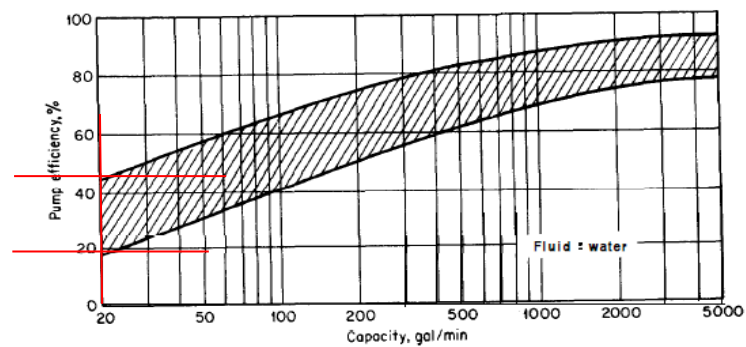
$$g/g_c = 1$$

$$\alpha_a = \alpha_b$$

$$\eta = 54 \%$$

(Peters, Fig. 14.37)

FIGURE 1436
Characteristic curves for a typical centrifugal pump showing effect of viscosity.



Sehingga persamaan di atas dapat disederhanakan menjadi :

$$\eta W_p = (Z_b - Z_a) + h_f$$

$$0,43 W_p = (19,68 - 6,56) \text{ ft} + 3,1903 \text{ ft-lb}_f/\text{lb}$$

$$W_p = 37,9310 \text{ ft-lb}_f/\text{lb}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{W_p \times m}{550} \\ &= \frac{37,931 \text{ ft.lb}_f/\text{lb} \times 1,0750 \text{ lb}/\text{dt}}{550} \\ &= 0,0741 \text{ hp} \end{aligned}$$

Daya motor (MHP)

$$\text{MPH} = \frac{\text{BHP}}{\eta}$$

$$\eta = 82 \%$$

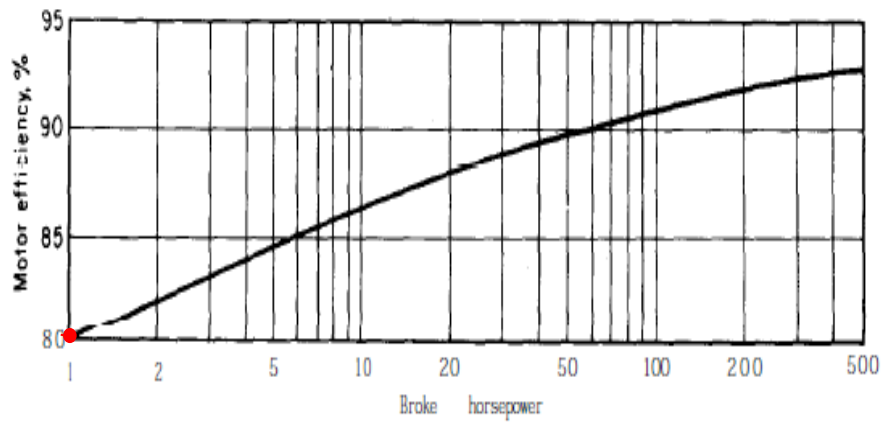


FIGURE 1438
Efficiencies of three-phase motors.

$$\begin{aligned} \text{MPH} &= \frac{0,0741\text{HP}}{0,8} \\ &= 0,0927 \text{ hp} \end{aligned}$$

10.3.2. Reaktor Hidrolisis (RH 115-1)

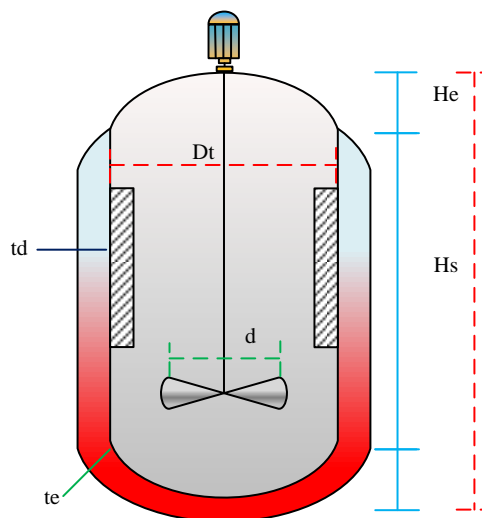
Fungsi : Mengkonversi pati menjadi glukosa dengan menggunakan enzim.

Tipe : Silinder vertikal dengan alas dan tutup ellipsoidal

Jumlah : 1 unit

Fasa : Cair dan padat

Gambar :



Gambar 10. Reaktor Hidrolisis

- Temperatur, T = 48 °C
- Tekanan, P = 1,00 atm = 14,7 psi
- Laju Alir, m = 12.938 kg/jam = 28.523,79 lb/Jam
- Laju alir volumetrik, v = 11,4581 m³/jam = 0,1124 ft³/jam
- Viskositas, μ = 0,05 cP = 0,000037 lb/ft.s
- Densitas, ρ = 1129,17 kg/m³ = 70,49 lb/ft³
- Waktu reaksi hidrolisis = 2 jam

Kapasitas Tangki

$$V_c = \frac{m/\text{batch} \times t}{\rho}$$

$$= \frac{12.938 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 2}{1.129,17 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 22,91 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan = 20%

(Peter, Tabel 6)

PROCESS DESIGN DEVELOPMENT 37

TABLE 6
Factors in equipment scale-up and design PETER

Type of equipment	Is pilot plant usually necessary?	Major variables for operational design (other than flow rate)	Major variables characterizing size or capacity	Maximum scale-up ratio based on indicated characterizing variable	Approximate recommended safety or over-design factor, %
Agitated batch crystallizers	Yes	Solubility-temperature relationship	Flow rate Heat transfer area	>100:1	20
Batch reactors	Yes	Reaction rate Equilibrium state	Volume Residence time	>100:1	20

Maka,

$$V_c = 80 \% \times V_t$$

$$V_t = 22,91 \text{ m}^3 / 80\% = 28,64 \text{ m}^3$$

Dimensi Reaktor :

- **Diameter Tangki**
- **Volume silinder**

$$V_s = \frac{\pi}{4} x D_t^3 x H_s$$

$$H_s = 1,5 D_t$$

Maka,

$$V_s = \frac{1,5\pi}{4} x D_t^3$$

- **Volume ellipsoidal**

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

(Peter's, Tabel 4)

538 PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS

TABLE 4
Design equations and data for pressure vessels (Continued)

Properties of vessel heads (Include corrosion allowance in variables)	2: 1 Ellipsoidal	Hemi-spherical	Standard ASME torispherical
Capacity as volume in head, in ³	$\frac{\pi D_a^3}{24}$	$\frac{2}{3} \pi L_a^3$	$0.9 \left[\frac{2\pi L_a^3}{3} (DD) \right]$
IDD = inside depth of dish, in.	$\frac{D_a}{4}$	L_a	$L_a - [(L_a - r)^3 - (L_a - t - r)^3]^{1/3}$
Approximate weight of dished portion of head, lbm	$\rho_m \left[\frac{\pi (nD_a + t)^3 t}{4} \right]$	$\rho_m [2\pi L_a^3 t]$	$\rho_m \left[\frac{\pi (OD - \frac{OD}{24 + at})^3 t}{4} \right]$

Jadi, Volume tangki (V_t) :

$$V_t = V_s + 2V_e$$

$$V_t = \left(\frac{1,5\pi}{4} x D_t^3 \right) + 2 \left(\frac{\pi}{24} x D_t^3 \right)$$

$$D_t^3 = \frac{12V_t}{5,5\pi}$$

$$Dt^3 = 19,90 \text{ m}^3$$

$$Dt = 2,71 \text{ m} = 106,69 \text{ in}$$

• **Tinggi Tangki**

- Tinggi Silinder (H_s) = $1,5 x Dt$
= $1,5 x 2,71 \text{ m}$
= $4,06 \text{ m} = 160,04 \text{ in}$
- Tinggi Ellipsoidal (H_e) = $\frac{1}{4} Dt$ (Wallas, Tabel 18.6 Hal 659)
= $0,677 \text{ m} = 26,67 \text{ in}$

TABLE 18.6. Heads and Horizontal Cylinders: Formulas for Partially Filled Volumes and Other Data

<p>Nomenclature <i>D</i> = diameter of cylinder <i>H</i> = depth of liquid <i>S</i> = surface of head <i>V₀</i> = volume of full head θ = angle subtended by liquid level or angle of cone</p> <p>Cylinder $\theta = 2 \arccos(1 - 2H/D)$ $\theta(\text{rad}) = \theta^\circ/57.3$ $V/V_0 = (1/2)\pi(\theta - \sin \theta)$</p> <p>Hemispherical head $S = 1.571 D^2$ $V = (\pi/3) H^2 (1.5D - H)$ $V_0 = (\pi/12) D^3$ $V/V_0 = 2(H/D)^2 (1.5 - H/D)$</p> <p>Ellipsoidal head ($h = D/4$) $S = 1.09 D^2$ $V_0 = 0.1309 D^3$ $V/V_0 = 2(H/D)^2 (1.5 - H/D)$</p> <p>Torispherical ($L = D$) $S = 0.842 D^2$ $V_0 = 0.0778 D^3$ $V/V_0 = 2(H/D)^2 (1.5 - H/D)$</p> <p>Conical $H = [(D - d)/2] \tan \theta$ $= \begin{cases} 0.5(D - d), & \theta = 45^\circ \\ 0.2887(D - d), & \theta = 30^\circ \end{cases}$ $S = 0.785(D + d)\sqrt{4H^2 + (D - d)^2}$, curved surface $V = 0.262H(D^2 + Dd + d^2)$</p>	
--	--

Tangki direncanakan diletakkan di lantai dua pabrik. jadi tinggi total (H_t) tangki adalah :

$$\begin{aligned} - H_t &= \text{tinggi silinder} + 2 \text{ tinggi ellipsoidal} \\ &= 4,06 \text{ m} + 2(0,67 \text{ m}) \\ &= 5,42 \text{ m} \end{aligned}$$

• **Tinggi Cairan (H_c)**

$$H_c = \frac{V_c x (H_s + 2H_e)}{V_t}$$

$$H_c = \frac{22,91 \text{ m}^3 \times 5,42 \text{ m}}{28,64 \text{ m}^3}$$

$$H_c = 4,3 \text{ m} = 170,71 \text{ in}$$

• **Tebal Dinding Tangki (t_s)**

$$t_s = \frac{PR}{SE - 0,6P} + C$$

(Walas, Tabel 18.4)

TABLE 18.4. Formulas for Design of Vessels under Internal Pressure*

Item	Thickness t (in.)	Pressure p (psi)	Stress S (psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D, P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (a)	$D\sqrt{0.3P/S}$	$t^2 S/0.3D^2$	$0.3D^2 P/t^2$	
Torispherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06, L \leq D + 2t$
Torispherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{LM + 0.2t}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/r)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2t}$	$K = [2 + (D/2h)^2]^{1/2}, 2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D, P \leq 0.685SE$
Toriconical head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P)\cos\alpha}$	$\frac{2SEt\cos\alpha}{D + 1.2t\cos\alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t\cos\alpha)}{2t\cos\alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

*Nomenclature: D = diameter (in.), E = joint efficiency (0.6-1.0), L = crown radius (in.), P = pressure (psig), h = inside depth of ellipsoidal head (in.), r = knuckle radius (in.), R = radius (in.), S = allowable stress (psi), t = shell or head thickness (in.).
Note: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.16.

- Tekanan cairan dalam tangki (P_H) :

$$P_H = \rho g H_c$$

$$P_H = 1129,17 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 4,33 \text{ m}$$

$$P_H = 48.031,60 \text{ kg/m.s}^2 = 0,46 \text{ atm} = 56,84 \text{ Psi}$$

- Tekanan desain (P_d):

$$P_d = P_{op} + P_H$$

$$P_d = 1 \text{ atm} + 0,46 \text{ atm}$$

$$= 1,46 \text{ atm} = 21,54 \text{ Psi}$$

- Jari-jari reaktor, R : 1,35 m = 53,34 in
- Allowable stress, S : 13700 psi (Peter, Tabel 4)
- Efisiensi pengelasan, E : 0,85 (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Faktor korosi yang diizinkan : 0,002 in/thn (Perry's Tabel 23-2)

$$t_s = \frac{21,54 \text{ psi} \times 53,34 \text{ in}}{18700 \text{ psi} \times 0,85 - 0,6 \times 21,54 \text{ psi}} + (0,02 \text{ in} \times 17 \text{ tahun})$$

$$= 0,412 \text{ in}$$

$$= 10,47 \text{ mm}$$

- Tebal alas dan tutup *ellipsoidal*, t_e

$$t_e = \frac{PD_t}{2SE - 0,2P} + C$$

(Walas, Tabel 18.4)

$$\begin{aligned}
 t_e &= \frac{21,54 \text{ psi} \times 53,34 \text{ in}}{2 \times 18700 \text{ psi} \times 0,85 - 0,2 \times 21,54 \text{ psi}} + (0,02 \text{ in} \times 17 \text{ tahun}) \\
 &= 0,108 \text{ in} \\
 &= 0,4 \text{ in} \\
 &= 10,47 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

• Desain Pengaduk

Untuk umpan dengan viskositas ≤ 4.000 cP, maka dipilih pengaduk jenis propeller berdaun tiga. Untuk mencegah vortex, maka pada tangki dipasang *baffle*

- The three-bladed mixing propeller is modelled on the marine propeller but has a pitch selected for maximum turbulence. They are used at relatively high speeds (up to 1800 rpm) with low viscosity fluids, up to about 4000 cP. Many versions are available: with cutout or perforated blades for shredding and breaking up lumps, with sawtooth edges as on Figure 10.2(g) for cutting and tearing action, and with other than three blades. The stabilizing ring shown in the illustration sometimes is included to minimize shaft flutter and vibration particularly at low liquid levels. (Walas, Chap 10.hal 288)

- Diameter pengaduk (d)

$$d = \frac{D_t}{3} = \frac{2,71 \text{ m}}{3} = 0,9 \text{ m} = 2,96 \text{ ft}$$

- Panjang daun pengaduk (L)

$$L = \frac{d}{4} = \frac{2,96 \text{ m}}{4} = 0,22 \text{ m} = 0,74 \text{ ft}$$

- Lebar daun pengaduk (W)

$$W = \frac{d}{5} = \frac{2,96 \text{ m}}{5} = 0,1 \text{ m} = 0,592 \text{ ft}$$

- Tinggi pengaduk dari dasar tangki (E)

$$E = \frac{D_t}{3} = \frac{2,71 \text{ m}}{3} = 0,9 \text{ m} = 2,96 \text{ ft}$$

- Lebar *baffle* (J)

$$J = \frac{D_t}{12} = \frac{2,71 \text{ m}}{12} = 0,2 \text{ m} = 0,74 \text{ ft}$$

- **Kecepatan putar pengaduk, N**

$$\frac{Nxd}{\left(\frac{\sigma g_c}{\rho}\right)^{0,25}} = 1,22 + 1,25\left(\frac{D}{d}\right) \quad (\text{Treybal, Pers 6.18})$$

$$\sigma : 0,083 \text{ lb/ft} \quad (\text{Mc Cabe, Hal 274})$$

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

Maka,

$$\begin{aligned} N &= 122 + 1,25 \left(\frac{8,88 \text{ ft}}{2,96 \text{ ft}}\right) \left(\frac{0,083 \times 32,2 \text{ lb/ft}}{70,49 \text{ lb/ft}^3}\right)^{0,25} \\ &= 0,725 \text{ rps} = 43,54 \text{ rpm} \end{aligned}$$

- **Daya pengadukan, P**

$$\mathbf{NRe} = \frac{\rho N d^2}{\mu} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 9.17 hal 259})$$

$$\begin{aligned} &= \frac{70,49 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 0,72 \text{ rps} \times (2,96 \text{ ft})^2}{0,000037 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{s}}} \\ &= 13.363.827 \end{aligned}$$

Karena $N_{Re} > 10000$, maka

$$P = \frac{K_T N^3 d^5 \rho}{g_c} \quad (\text{McCabe, Pers. 920, hal 262})$$

$$K_T = 0,87 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 9.3})$$

TABLE 9.3
Values of constants K_L and K_T in Eqs. (9.21) and (9.23) for baffled tanks having four baffles at tank wall, with width equal to 10 percent of the tank diameter

Type of impeller	K_L	K_T
Propeller, three blades		
Pitch 1.0 ⁴⁰	41	0.32
Pitch 1.5 ³⁵	55	0.87
Turbine		
Six-blade disk ³⁵ ($S_3 = 0.25$, $S_4 = 0.2$)	65	5.75
Six curved blades ⁴⁰ ($S_4 = 0.2$)	70	4.80
Six pitched blades ³⁹ (45° , $S_4 = 0.2$)	—	1.63
Four pitched blades ³⁵ (45° , $S_4 = 0.2$)	44.5	1.27
Flat paddle, two blades ⁴⁰ ($S_4 = 0.2$)	36.5	1.70
Anchor ³⁵	300	0.35

$$P = \frac{0,87 \times (0,9933 \text{ rps})^3 \times (2,96 \text{ ft})^5 \times 70,49 \text{ lb/ft}^3}{32,2 \text{ ft/s}^2}$$

$$= 0,30 \text{ HP}$$

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

$$\text{Daya motor} = 0,37 \text{ HP}$$

• Desain pendingin

$$\text{Temperatur umpan, } T_o = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Temperatur } \textit{colling water}, T_c = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 77 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Densitas, } \rho = 1000 \text{ kg/m}^3 = 62,43 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Panas, } Q = 54.093,55 \text{ Kkl/jam} = 214,52073 \text{ Btu/jam}$$

$$\text{Massa } \textit{colling water}, m = 10,8187 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Koefisien panas (} U_D) = 35,2 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{ }^\circ\text{F} \quad (\text{engineeringpage.com})$$

- Luas area perpindahan panas (A)

$$A = \frac{Q}{U_d \Delta T} \quad (\text{Kern, Pers. 6.11})$$

$$A = \frac{214,52 \text{ btu/jam}}{35,2 \frac{\text{BTu}}{\text{ft}^2} \cdot \text{f.hr} \times 5 \text{ f}}$$

$$= 1,2188 \text{ ft}^2$$

- **Diameter tangki, D_1**

$$\begin{aligned} D_1 &= D_t + 2 t_s \\ &= 107,52 \text{ in} = 2,73 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Tinggi jaket, H_j**

Jarak jaket 5 in (Coulson, Hal 775)

$$\begin{aligned} H_j &= H_c + t_e + \text{jarak jaket} \\ &= 176,12 \text{ in} = 4,47 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Diameter luar jaket, D_2**

$$\begin{aligned} D_2 &= D_1 + (2 \times \text{jarak jaket}) \\ &= 117,522 \text{ in} = 2,98 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Tekanan Hidrostatik pada jaket untuk air pendingin , P_{Hc}**

$$\begin{aligned} P_{Hc} &= \rho g H_j \\ &= 1.000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 4,33 \text{ m} \\ &= 42537,97 \text{ kg/m}^2\text{s} = 0,412 \text{ atm} = 6,063 \text{ Psi} \end{aligned}$$

- **Tekanan Disain, P_j**

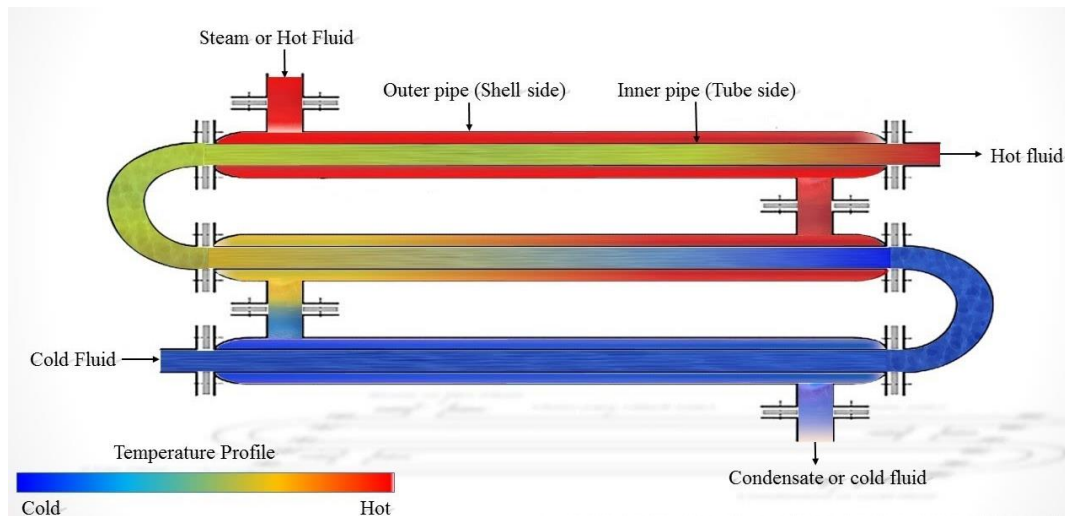
$$\begin{aligned} P_j &= P_{\text{operasi}} + P_{Hc} \\ &= 1 \text{ atm} + 0,412 \text{ atm} \\ &= 1,412 \text{ atm} \\ &= 20,75 \text{ psi} \end{aligned}$$

- **Tebal dinding jaket, t_j**

$$\begin{aligned} t_j &= D_1 - D_2 \\ &= 0,25 \text{ m} \end{aligned}$$

10.3.3. Preheater (HE 303-1)

Fungsi	: untuk pemanasan umpan awal masuk destilasi
Tipe	: <i>Double Pipe</i>
Bahan konstruksi	: <i>Duplex Stainless steel Tipe-2205</i>
Jumlah	: 1 unit
Fasa	: Cair



Gambar 10.3 Preheater

Data:

- Laju alir *hot fluid (Steam)* : 962,962 kg/jam : 2122,94 lb/jam
- Laju alir *cold umpan destilasi*: 11758,3009 kg/jam : 25922,3502 lb/jam
- Q : 485.375,096 kkal/jam : 1.925.968,3 btu/jam
- Tekanan : 1 atm
- T_1 : 152 °C : 305,6 °F
- T_2 : 152 °C : 205,6 °F
- t_1 : 30 °C : 86 °F
- t_2 : 75 °C : 167 °F

1. Menentukan Jenis *Heater*

a. Menghitung LMTD

<i>Hot fluid</i>		<i>Cold Fluid</i>	<i>Difference</i>	
305,6	<i>High Temperatur</i>	167	138,6	Δt_2
305,6	<i>Low Temperatur</i>	86	219,6	Δt_1
			81	$\Delta t_2 - \Delta t_1$

$$\text{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} \quad \text{DQ Kern, Pers 6.17 hal 117}$$

$$\begin{aligned} \text{LMTD} &= \frac{(305,6^\circ\text{F} - 167^\circ\text{F}) - (305,6^\circ\text{F} - 86^\circ\text{F})}{\ln\left(\frac{305,6^\circ\text{F} - 86^\circ\text{F}}{305,6^\circ\text{F} - 167^\circ\text{F}}\right)} \\ &= 176,01^\circ\text{F} \end{aligned}$$

b. Luas Area Perpindahan Panas

Diketahui viskositas *cold fluid* : 191,42 cP

Berdasarkan *Table 8 - DQ Kern Page 840*, diperoleh :

Heaters		
Hot fluid	Cold fluid	Overall U_D
Steam	Water	200–700§
Steam	Methanol	200–700§
Steam	Ammonia	200–700§
Steam	Aqueous solutions: Less than 2.0 cp	200–700
Steam	More than 2.0 cp	100–500§
Steam	Light organics	100–200
Steam	Medium organics	50–100
Steam	Heavy organics	6–60
Steam	Gases	5–50¶

Maka dipilih $U_d = 150 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$

Maka,

$$A = \frac{Q}{U_d \times \text{LMTD}} \quad \text{DQ. Kern Pers 7.42 Hal 144}$$

$$A = \frac{1.925.968,3 \text{ btu/jam}}{150 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F} \times 176,01^\circ\text{F}}$$

$$A = 72,9490 \text{ ft}^2$$

Karena nilai $A < 200 \text{ ft}^2$ maka tipe *heat exchanger* yang digunakan adalah *double pipe* (*DQ Kern Page 103*)

no fewer than 14 points at which leakage might occur. The time and expense required for dismantling and periodically cleaning are prohibitive compared with other types of equipment. However, the double pipe exchanger is of greatest use where the total required heat-transfer surface is small, 100 to 200 ft² or less.

Film Coefficients for Fluids in Pipes and Tubes. Equation (3.42) was obtained for heating several oils in a pipe based on the data of Morris and

Berdasarkan *Table 6.2 DQ. Kern Page 110* maka dipilih ukuran *double pipe* berikut ini.

	<i>Outer pipe</i>	<i>Inner Pipe</i>	Satuan
IPS	3	2	In
Sch	40	40	
OD	3,5	2,38	In
ID	3,068	2,067	In
a"	0,917	0,622	ft ² /ft

3. Menentukan *caloric temperature*

$$T_{av} = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad \text{DQ.Kern Hal 113}$$

$$T_{av} = \frac{305,6 \text{ }^\circ\text{F} + 305,6 \text{ }^\circ\text{F}}{2}$$

$$= 305,6 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_{av} = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad \text{DQ.Kern Hal 113}$$

$$t_{av} = \frac{86 \text{ }^\circ\text{F} + 167 \text{ }^\circ\text{F}}{2}$$

$$= 127 \text{ }^\circ\text{F}$$

<i>Annulus (Steam)</i>	<i>Inner Pipe (PFAD)</i>
<p>4. <i>Flow area</i></p> $a_a = \frac{\pi(D_2^2 - D_1^2)}{4} \quad \text{DQ. Kern Pers 6.3}$ $a_a = \frac{3,14 ((0,2557 \text{ ft})^2 - (0,1983 \text{ ft})^2)}{4}$ $= 0,0205 \text{ ft}^2$ <p><i>Equivalent diameter</i></p> $D_e = \frac{(D_2^2 - D_1^2)}{D_1} \quad \text{DQ. Kern Hal 111}$ $D_e = \frac{(0,2557 \text{ ft})^2 - (0,1983 \text{ ft})^2}{0,1983 \text{ ft}}$	<p>4. <i>Flow area</i></p> $a_p = \frac{\pi(D^2)}{4} \quad \text{DQ. Kern Hal 111}$ $a_p = \frac{3,14 ((0,1723 \text{ ft})^2)}{4}$ $= 0,1353 \text{ ft}^2$ <p>5. <i>Laju alir massa</i></p> $G_p = \frac{W}{a_p} \quad \text{DQ. Kern Hal 114}$ $G_p = \frac{2.122,949 \text{ lb/jam}}{0,1353 \text{ ft}^2}$

= 0,1314 ft

5. Laju alir massa

$$G_a = \frac{W}{a_a} \quad \text{DQ. Kern Hal 114}$$

$$G_a = \frac{2.122,949 \text{ lb/jam}}{0,0205 \text{ ft}^2}$$

$$= 103.558,5171 \text{ lb/jam ft}^2$$

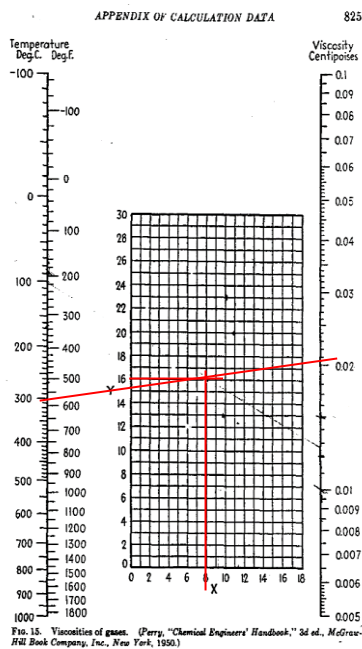
6. Bilangan Reynold

$T_{av} = 305,6 \text{ }^\circ\text{F}$

$\mu_{steam} = 0,021 \text{ cP}$

= 0,0508 lb/ft jam

DQ. Kern Hal 825



$$R_{ea} = \left(\frac{D_e \times G_a}{\mu} \right) \quad \text{DQ. Kern Hal 114}$$

= 191.591,6497 lb/jam ft²

6. Bilangan Reynold

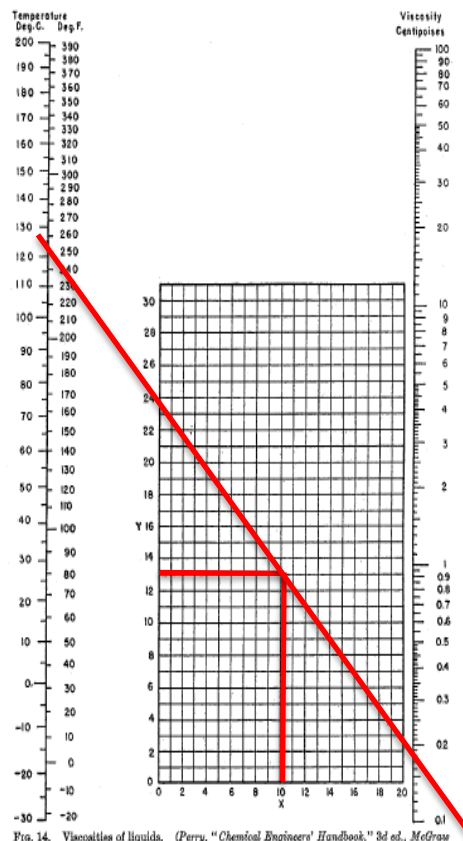
$T_{av} = 2^\circ\text{F}$

$\mu_{PFAD} = 127 \text{ cP}$

= 0,3798 lb/ft jam

DQ. Kern Hal 823

Ethyl chloride.....	14.8	6.0	Toluene.....	13.7	10.4
Ethyl ether.....	14.5	5.3	Trichloroethylene.....	14.8	10.5
Ethyl formate.....	14.2	8.4	Turpentine.....	11.5	14.9
Ethyl iodide.....	14.7	10.3	Vinyl acetate.....	14.0	8.8
Ethylene glycol.....	6.0	23.0	Water.....	10.2	13.0
Formic acid.....	10.7	15.8	Xylene, ortho.....	13.5	12.1
Freon-11.....	14.4	9.0	Xylene, meta.....	13.9	10.6
Freon-12.....	16.8	5.6	Xylene, para.....	13.9	10.9



$$R_{ep} = \left(\frac{D \times G_p}{\mu} \right) \quad \text{DQ. Kern Hal 114}$$

$$R_{ep} = \left(\frac{0,1723 \text{ ft} \times 191.591,64497 \text{ lb/jam ft}^2}{0,3798 \text{ lb/ft jam}} \right)$$

$$= 210.263$$

$$Re_{ea} = \left(\frac{0,1314 \text{ ft} \times 103.558,51 \text{ lb/jam ft}^2}{0,0508 \text{ lb/ft jam}} \right)$$

$$= 267.865,9281$$

7. h_o

Steam yang mengalami perubahan fasa tanpa perubahan suhu maka $h_i = h_o = h_{io}$
(DQ. Kern Hal 163-164)

Maka, $h_o = 1500 \text{ btu/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$

7. j_H

$j_H = 450$ DQ. Kern Hal 834

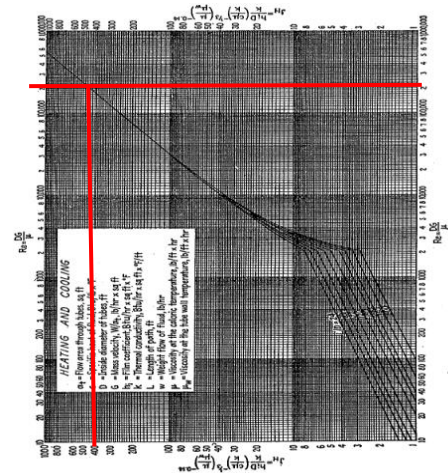


Fig. 24. Tube-side heat-transfer curve. (Adapted from Sieder and Tate.)

8. Konduktivitas dan kapasitas panas

Pada $t_{av} = 127 \text{ }^\circ\text{F}$

$c = 0,1 \text{ btu/lb }^\circ\text{F}$

$k = 0,3749 \text{ btu/(hr)(ft}^2\text{)}(^\circ\text{F)}$

DQ. Kern Hal 800

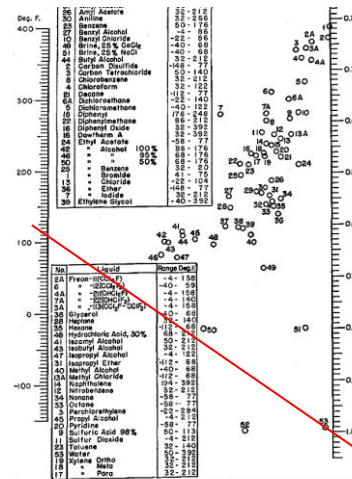


Fig. 2. Specific heats of liquids. (Chilton, Colburn, and Young, based mostly on data from International Critical Tables. Ferry, "Chemical Engineers' Handbook," 3d ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1950.)

$$\left(\frac{c \mu}{k} \right)^{1/3} = \left(\frac{0,1 \frac{\text{btu}}{\text{lb }^\circ\text{F}} \times 0,3798 \frac{\text{lb}}{\text{hr ft}}}{0,3749 \frac{\text{Btu}}{(\text{hr})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F}/\text{ft})}} \right)^{1/3}$$

$$= 0,4662 \text{ ft}$$

9. h_i

$$h_i = jH \frac{k}{D} \left(\frac{c \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \quad \text{pers 6.15a DQ Kern}$$

$$h_i = (450) \frac{0,374 \frac{\text{btu}}{(\text{hr})(\text{ft}^2)(\text{°F}/\text{ft})}}{0,1723 \text{ ft}} (0,466 \text{ ft})(1)$$

$$= 456,4728 \text{ btu}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(\text{°F})$$

10. Koreksi h_i

$$h_{io} = h_i \frac{ID}{OD} \quad \text{pers 6.15 DQ Kern}$$

$$h_{io} = 456,472 \frac{\text{btu}}{(\text{hr})(\text{ft}^2)(\text{°F})} \frac{0,1723 \text{ ft}}{0,1983 \text{ ft}}$$

$$= 396,44 \text{ btu}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(\text{°F})$$

Temperatur Dinding

$$t_w = t_{\text{avg}} + \frac{h_o}{h_{io} + h_o} \times (T_{\text{avg}} - t_{\text{avg}})$$

$$t_w = 127 \text{ °F} + \frac{1500 \text{ btu}/\text{hr ft}^2 \text{ °F}}{396,44 \text{ btu}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(\text{°F})} \times (305,6 - 127) \text{ °F}$$

$$= 268,2646 \text{ °F}$$

Pada $t_w = 268,2646 \text{ °F}$

$$\mu = 1,2 \text{ lb}/\text{ft jam}$$

Maka,

$$\phi_p = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$\phi_p = \left(\frac{0,02 \text{ lb}/\text{ft jam}}{0,49 \text{ lb}/\text{ft jam}} \right)^{0,14}$$

$$= 4,23$$

$$h_{io} \text{ sebenarnya} = 396,44 \text{ btu}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(\text{°F}) \times 4,23$$

$$= 1677,47 \text{ btu}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(\text{°F})$$

11. *Clean overall coefficient*

$$U_c = \frac{h_{i0} \times h_o}{h_{i0} + h_o} \quad \text{Pers 6.7 DQ Kern}$$

$$U_c = \frac{1677,47 \frac{\text{btu}}{\text{hr ft}^2 \text{°F}} \times 1500 \frac{\text{btu}}{\text{hr ft}^2 \text{°F}}}{1677,47 \frac{\text{btu}}{\text{hr ft}^2 \text{°F}} + 1500 \frac{\text{btu}}{\text{hr ft}^2 \text{°F}}} = 791,8903 \frac{\text{btu}}{\text{hr ft}^2 \text{°F}}$$

12. *Design overall coefficient*

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{U_c} + R_d \quad \text{Pers 6.10 DQ Kern}$$

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{791,89 \frac{\text{btu}}{\text{hr ft}^2 \text{°F}}} + 0,001 \text{ ft}^2 \text{ hr } \text{°F}/\text{btu}$$

$$U_d = 434,782 \frac{\text{btu}}{\text{hr ft}^2 \text{°F}}$$

13. *Surface area required*

$$A = \frac{Q}{U_d \times \text{LMTD}} \quad \text{DQ. Kern Pers 7.42 Hal 144}$$

$$A = \frac{1.925.968,3 \text{ btu/jam}}{434,7826 \text{ btu/jam ft}^2 \text{°F} \times 176,01 \text{°F}}$$

$$A = 25,1674 \text{ ft}^2$$

14. Menghitung jumlah *hairpin*

$$\text{Required length} = \frac{A}{a''}$$

$$\text{Required length} = \frac{79,8282 \text{ ft}^2}{0,622 \text{ ft}^2/\text{ft}}$$

$$\text{Required length} = 40,4621 \text{ ft}$$

Digunakan Panjang pipa untuk *double pipe heat exchanger* : 12 ft

1 *hairpin* terdiri dari 2 pipa, maka jumlah *hairpin* yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Hairpin} &= \frac{L}{2 \times L_H} \\ \text{Hairpin} &= \frac{40,4621 \text{ ft}}{2 \times 12 \text{ ft}} \\ \text{Hairpin} &= 1,68 \\ &\approx 2 \end{aligned}$$

Koreksi Panjang pipa

$$L \text{ koreksi} = 2 \times L \text{ Hairpin} \times \text{Banyak Hairpin}$$

$$L \text{ koreksi} = 2 \times 12 \text{ ft} \times 2$$

$$L \text{ koreksi} = 161,8484 \text{ ft}$$

15. Actual design overall coefficient

$$\text{actual surface} = \text{required length} \times a''$$

$$\text{actual surface} = 161,8484 \text{ ft} \times 0,622 \text{ ft}^2/\text{ft} = 100,6697 \text{ ft}^2$$

$$U_d \text{ actual} = \frac{Q}{A \times \text{LMTD}}$$

$$U_d \text{ actual} = \frac{1.925.968,3 \text{ btu/jam}}{100,6697 \text{ ft}^2 \times 176,01 \text{ }^\circ\text{F}}$$

$$U_d \text{ actual} = 108,6956 \text{ btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Asumsi benar karena $U_d \text{ actual} < U_d \text{ desain}$

R_d sebenarnya

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d}$$

$$R_d = \frac{434,7826 \text{ btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F} - 108,6956 \text{ btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}}{434,7826 \text{ btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F} \times 108,6956 \text{ btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}}$$

$$R_d = 0,00793 \text{ ft}^2 \text{ jam } ^\circ\text{F}/\text{btu}$$

$$R_d \text{ yang diperlukan} = 0,001 \text{ ft}^2 \text{ jam } ^\circ\text{F}/\text{btu}$$

R_d sebenarnya $>$ R_d yang diperlukan (memenuhi)

16. Pressure drop

<i>Annulus (Steam)</i>	<i>Inner Pipe (umpan destilasi)</i>
<p>1) $D_e' = D_2 - D_1$ Pers 6.4 DQ Kern $D_e' = 0,2557 \text{ ft} - 0,1983 \text{ ft}$ $D_e' = 0,0574 \text{ ft}$</p> $Re_a' = \frac{D_e' \times G_a}{\mu}$ $Re_a' = \frac{0,0574 \text{ ft} \times 103.558,51 \text{ lb/hr ft}^2}{0,0508 \text{ lb/ft hr}}$ $Re_a' = 1117.012,97 \text{ (Turbulen)}$ <p><i>Fanning factor</i> untuk turbulen :</p> $f = 0,0035 + \frac{0,264}{(DG/\mu)^{0,42}} \text{ Pers 3.47b DQ Kern}$ $f = 0,0035 + \frac{0,264}{(1117.012,97)^{0,42}}$ $f = 0,0055$ <p>2) $\Delta F_a = \frac{4 \times f \times G_a^2 \times L}{2 \times g \times \rho^2 \times D_e}$ Pers 6.14 DQ Kern $g = 4,18 \times 10^8 \text{ ft/hr}^2$ $\rho = 57,1316 \text{ lb/ft}^3$</p> $\Delta F_a = \frac{4 \times 0,0055 \times (103.558,5171 \text{ lb/hr ft})^2 \times 161,84 \text{ ft}}{2 \times 4,18 \times 10^8 \text{ ft/hr} \times (57,1316 \text{ lb/ft}^3)^2 \times 0,0574 \text{ ft}}$ $\Delta F_a = 0,2438 \text{ ft}$ <p>3) $V = \frac{G}{3600\rho}$</p> $V = \frac{103.558,5171 \text{ lb/hr ft}^2}{3600 \times 57,1316 \text{ lb/ft}^3}$ $V = 0,5035 \text{ ft/s}$ $\Delta F_1 = \frac{V^2}{2g}$ $\Delta F_1 = \frac{(0,5035 \text{ ft/s})^2}{2 \times 32,2 \text{ ft/s}^2}$	<p>1. $Re_p = 210.263$ (turbulen) <i>Fanning factor</i> untuk turbulen :</p> $f = 0,0035 + \frac{0,264}{(DG/\mu)^{0,42}} \text{ Pers 3.47b DQ Kern}$ $f = 0,0035 + \frac{0,264}{(210.263)^{0,42}}$ $f = 0,0050$ <p>5) $\Delta F_a = \frac{4 \times f \times G_a^2 \times L}{2 \times g \times \rho^2 \times D_e}$ Pers 6.14 DQ Kern $g = 4,18 \times 10^8 \text{ ft/hr}^2$ $\rho = 57,1316 \text{ lb/ft}^3$</p> $\Delta F_a = \frac{4 \times 0,0050 \times (191.591,64 \text{ lb/hr ft})^2 \times 161,84 \text{ ft}}{2 \times 4,18 \times 10^8 \text{ ft/hr} \times (57,1316 \text{ lb/ft}^3)^2 \times 0,0574 \text{ ft}}$ $\Delta F_a = 0,758 \text{ ft}$ <p>6) $V = \frac{G}{3600\rho}$</p> $V = \frac{191.591,64 \text{ lb/hr ft}^2}{3600 \times 57,1316 \text{ lb/ft}^3}$ $V = 0,9315 \text{ ft/s}$ $\Delta F_1 = \frac{V^2}{2g}$ $\Delta F_1 = \frac{(0,9315 \text{ ft/s})^2}{2 \times 32,2 \text{ ft/s}^2}$ $\Delta F_1 = 0,01347 \text{ ft}$ <p>7) $\Delta P_a = \frac{(\Delta F_a + \Delta F_1)\rho}{144}$ Pers 3.45 DQ Kern $\Delta P_a = \frac{(0,758 \text{ ft} + 0,01347 \text{ ft}) \times 57,1316 \text{ lb/ft}^3}{144}$ $\Delta P_a = 0,3063 \text{ psi}$ ΔP_a yang diizinkan = 10 psi</p>

$\Delta F_1 = 0,00394 \text{ ft}$ 4) $\Delta P_a = \frac{(\Delta F_a + \Delta F_1)\rho}{144}$ Pers 3.45 DQ Kern $\Delta P_a = \frac{(0,2438 \text{ ft} + 0,00394 \text{ ft}) 57,1316 \text{ lb/ft}^3}{144}$ $\Delta P_a = 0,0983 \text{ psi}$ $\Delta P_a \text{ yang diizinkan} = 10 \text{ psi}$ $0,0983 \text{ psi} < 10 \text{ psi (Memenuhi)}$	$0,3063 \text{ psi} < 10 \text{ psi (Memenuhi)}$
--	--

10.3.4. Centrifuge (CT 108-1)

Fungsi : memisahkan pati dari cairan

Tipe : *Bowl Disk Centrifuge*

Bahan konstruksi : *Carbon Steel*

Jumlah : 1 unit

1. Dasar perancangan dilihat dari laju alir masuk :

Larutan masuk (M) = 14.954,96 kg/jam

= 32.969 lb/jam

= 9,1583 lb/s

2. Cari densitas campuran :

komponen	massa(kg/jam)	xi(massa)	ρ (kg/m ³)	ρ (lb/ft ³)	xi. ρ i
air	11539,48	0,771616074	997	62,24054	48,0258
karbohidrat	3121,188	0,208705938	1500	93,64174	19,54359
protein	178,3536	0,011926054	950	59,30644	0,707292
lemak	26,75304	0,001788908	860	53,68793	0,096043
abu	89,1768	0,005963027	2500	156,0696	0,930647
jumlah	14954,96	1			69,30337

$$\rho \text{ campuran} = \frac{\sum x_i \rho_i}{\sum x_i}$$

$$\rho \text{ campuran} = \frac{69,30337}{1}$$

$$\rho \text{ campuran} = 69,30 \text{ lb/ft}^3$$

3. Mencari laju alir volumetric

$$\text{Rate Volumetric } Q = \frac{M}{\rho}$$

$$Q = \frac{9,1383 \text{ lb/S}}{69,30 \text{ lb/ft}^3}$$

$$Q = 0,1321 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,9885 \text{ gal/s}$$

$$Q = 59,3123 \text{ gal/m}$$

4. Penentuan spesifikasi dan jenis centrifuge

Maka dari Perry's table 18-12 hal 18-112 untuk rate 59,3123 gpm didapatkan spesifikasi sebagai berikut:

TABLE 18-12 Specifications and Performance Characteristics of Typical Sedimenting Centrifuges

Type	Bowl diameter	Speed, r/min	Maximum centrifugal force × gravity	Throughput		Typical motor size, hp
				Liquid, gal/min	Solids, tons/h	
Tubular	1.75	50,000°	62,400	0.05–0.25		°
	4.125	15,000	13,200	0.1–10		2
	5	15,000	15,900	0.2–20		3
Disk	7	12,000	14,300	0.1–10		½
	12	7,500	10,400	5–50		6
	24	4,000	5,500	20–200		7½
Nozzle discharge	10	10,000	14,200	10–40	0.1–1	20
	16	6,250	8,900	25–150	0.4–4	40
	27	4,200	6,750	40–400	1–11	125
	30	3,300	4,600	40–400	1–11	125
Helical conveyor	6	8,000	5,500	To 20	0.03–0.25	5
	14	4,000	3,180	To 75	0.5–1.5	20
	18	3,500	3,130	To 100	1–3	50
	24	3,000	3,070	To 250	2.5–12	125
	30	2,700	3,105	To 350	3–15	200
	36	2,250	2,590	To 600	10–25	300
	44	1,600	1,600	To 700	10–25	400
54	1,000	770	To 750	20–60	250	
Knife discharge	20	1,800	920	†	1.0†	20
	36	1,200	740	†	4.1†	30
	68	900	780	†	20.5†	40

Nama alat : *Centrifuge*

Fungsi : membersihkan cairan air dari pati

Type : *Disk- Centrifugal Bowl*

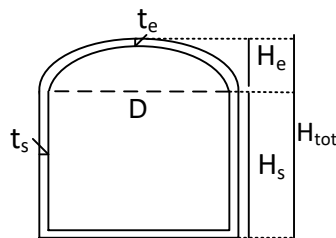
Bahan Kontruksi : *Carbon Stell*

Kapasitas Maksimum : 200 gpm

Diameter <i>Bowl</i>	: 24 inc
RPM	: 4000 rpm
Maks <i>Centrifugal Force</i>	:5500
Power	: 7,5 HP

10.3.5. Storage Tank (ST 307-1)

Fungsi	: Tempat penyimpanan etanol
Tipe	: Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup elipsoidal
Bahan konstruksi	: Stainless stell
Jumlah	: 1 unit
Lama penyimpanan	: 3 hari
Sifat bahan	: Tidak korosif
Gambar	:



Data :

- Laju alir massa	: 766,116 kg/jam = 1.688,99 lb/jam
- Densitas campuran	: 800,70 kg/m ³ = 49,98 lb/ft ³
- Temperatur	: 30°C
- Viscositas	: 1.01 cP = 0,0000071 lb/ft.s
- Tekanan	: 1 atm = 14,6960 psi
- Lama persediaan	: 3 hari = 72 jam

Kapasitas tangki, V_t

$$V_p = \frac{m \times t}{\rho}$$

$$= \frac{766,116 \frac{kg}{jam} \times 72 jam}{800,70 \frac{kg}{m^3}} = 68,89 m^3$$

Faktor keamanan 20 %

Maka,

$$\begin{aligned} V_p &= 0,8 V_t \\ V_t &= \frac{V_p}{0,8} \\ &= \frac{157,65 \text{ m}^3}{0,8} = 86,112 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimensi tangki

- Volume silinder, V_s

Let D = diameter of the vessel, feet
 H = height of the vessel, feet
 V = volume of the vessel, cubic feet = $\frac{\pi D^2(H)}{4}$

$$H = \frac{4V}{D^2\pi} \quad (3.1)$$

(Brownell & Young hal 43)

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^2 \times H_t \quad H_t = 1,5D_t$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^3$$

- Volume ellipsoidal, V_e

538 HEAT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS

TABLE 4
Design equations and data for pressure vessels (Continued)

Properties of vessel heads (include corrosion allowance in variables)	2:1 Ellipsoidal	Hemi-spherical	Standard ASME torispherical
Capacity as volume in head, in ³	$\frac{\pi D_a^3}{24}$	$\frac{1}{2} \pi L_a^3$	$0,9 \left[\frac{2\pi L_a^3}{3} (DD) \right]$
IDD = inside depth of dish, in.	$\frac{D_a}{4}$	L_a	$L_a - [(L_a - r)^2 - (L_a - t - r)^2]^{1/2}$
Approximate weight of dished portion of head, lb	$\rho_m \left[\frac{\pi(nD_a + t)^2 t}{4} \right]$	$\rho_m [2\pi L_a^2 t]$	$\rho_m \left[\frac{\pi(OD - OD/24 + at)^2 t}{4} \right]$

(peter's, Tabel 4)

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

$$V_e = 0,1308 \times D_t^3$$

- Diameter tangki, D_t

$$\begin{aligned} V_t &= V_s + 2V_e \\ &= \left(\frac{1,5\pi}{4} \times D_t^3 \right) + 2 \times 0,1308 \times D_t^3 \end{aligned}$$

$$V_t = 1,4391 \times D_t^3$$

$$D_t^3 = \frac{V_t}{1,4391}$$

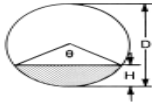
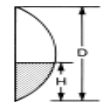
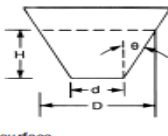
$$D_t^3 = \frac{86,112}{1,4391}$$

$$D_t = 4,03 \text{ m}$$

- **Tinggi tangki, H_t**

Tinggi silinder, $H_s = 1,5 D_t = 6,04 \text{ m} = 2 \text{ in}$

Tinggi ellipsoidal, $H_e = 1/4D_t = 1,0080 \text{ m} = 39,68 \text{ in}$ (walas, Tabel 18.6)

TABLE 18.6. Heads and Horizontal Cylinders: Formulas for Partially Filled Volumes and Other Data	
Nomenclature D = diameter of cylinder H = depth of liquid S = surface of head V_0 = volume of full head θ = angle subtended by liquid level or angle of cone	
Cylinder $\theta = 2 \arccos(1 - 2H/D)$ $\theta(\text{rad}) = \theta^\circ/57.3$ $V/V_0 = (1/2)\pi(\theta - \sin \theta)$	
Hemispherical head $S = 1.571 D^2$ $V = (\pi/3) H^2 (1.5D - H)$ $V_0 = (\pi/12) D^3$ $V/V_0 = 2(H/D)^2 (1.5 - H/D)$	
Ellipsoidal head ($h = D/4$) $S = 1.09 D^2$ $V_0 = 0.1309 D^3$ $V/V_0 = 2(H/D)^2 (1.5 - H/D)$	
Torispherical ($L = D$) $S = 0.842 D^2$ $V_0 = 0.0778 D^3$ $V/V_0 = 2(H/D)^2 (1.5 - H/D)$	
Conical $H = 1(D - d)/2 \tan \theta$ $\theta = \begin{cases} 0.5(D - d), & \theta = 45^\circ \\ 0.2887(D - d), & \theta = 30^\circ \end{cases}$ $S = 0.785(D + d)\sqrt{4H^2 + (D - d)^2}$, curved surface $V = 0.262H(D^2 + Dd + d^2)$	

Tinggi total, $H_t = \text{tinggi silinder} + \text{tinggi ellipsoidal}$

$$H_t = 6,04 \text{ m} + 1,008 \text{ m} = 7,0559 \text{ m}$$

- **Tinggi cairan dalam tangki, H_c**

$$H_c = \frac{\text{volume cairan}}{\text{volume tangki}} \times H_t$$

$$= \frac{68,89 \text{ m}^3}{86,112 \text{ m}^3} \times 7,055 \text{ m}$$

$$= 5,664 \text{ m}$$

- **Tekanan cairan dalam tangki, P_c**

$$P_c = \rho \times g \times H_c$$

$$= 800,70 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/dt}^2 \times 5,664 \text{ m}$$

$$= 44338,48 \text{ kg/m.dt}^2$$

$$= 0,437 \text{ atm}$$

$$= 6,430 \text{ psi}$$

- **Tekanan desain, P_d**

$$P_d = P_{op} + P_c$$

$$= (1 + 0,437) \text{ atm}$$

$$= 1,437 \text{ atm}$$

$$= 21,12 \text{ psi}$$

- **Tebal dinding tangki, t_a**

TABLE 18.3. Formulas for Design of Vessels under Internal Pressure*

Item	Thickness t (in.)	Pressure P (psi)	Stress S (psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D$, $P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (a)	$\frac{D\sqrt{0.3P/S}}{2}$	$t^2 S / 0.3D^2$	$0.3D^2 P / t^2$	
Torispherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06$, $L \leq D + 2t$
Torispherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{LM + 0.2t}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/r)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2Et}$	$K = [2 + (D/2h)^2]^{1/2}$, $2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D$, $P \leq 0.685SE$
Toriconical head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P) \cos \alpha}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t \cos \alpha)}{2t \cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

*Nomenclature: D = diameter (in.), E = joint efficiency (0.6–1.0), L = crown radius (in.), P = pressure (psig), h = inside depth of ellipsoidal head (in.), r = knuckle radius (in.), R = radius (in.), S = allowable stress (psi), t = shell or head thickness (in.).

Note: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.16.

$$t_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3})$$

- Tekanan desain, P_d : 21,12 psi
- Jari-jari, R : 79,36 in
- Allowable stress, S : 13700 psi (Walas, Tabel 18.4)
- Efisiensi pengelasan, E : 0,85 (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Faktor korosi yang diizinkan : 0,002 in/thn (Perry's Tabel 23-2)
- Lama tahun digunakan : 17 tahun

Maka,

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{21,12 \text{ psi} \times 79,36 \text{ in}}{(13700 \text{ psi} \times 0,85) - (0,6 \times 21,12 \text{ psi})} + 0,002 \frac{\text{in}}{\text{tahun}} \times 17 \text{ tahun} \\ &= 0,4841 \text{ in} \\ &= 12,2974 \text{ mm} \end{aligned}$$

- **Tebal dinding ellipsoidal, t_e**

$$t_e = \frac{PD}{2SE - 0.2P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3})$$

$$t_d = \frac{21,12 \text{ psi} \times 158,73 \text{ in}}{2(13700 \text{ psi} \times 0,85) - (0,2 \times 21,11 \text{ psi})} + 0,002 \frac{\text{in}}{\text{tahun}} \times 17 \text{ tahun}$$

$$= 0,4840 \text{ in}$$

$$= 12,29 \text{ mm}$$

- **Tebal Alas Tangki**

$$t = D \sqrt{\frac{0.3P}{S}} + C$$

(Walas, Tabel 18.3)

$$t_a = 158,73 \times \sqrt{\frac{0,3 \times 21,12}{13700}} \times 0,002 \frac{\text{in}}{\text{tahun}} \times 17 \text{ tahun}$$

$$t_a = 3,75 \text{ in}$$

$$t_a = 95,35 \text{ mm}$$

BAB XI

KESIMPULAN DAN SARAN

11.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan hasil perhitungan dari bab–bab sebelumnya pada pra rancangan pabrik Bioetanol dari Singkong Karet dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pra Rancangan Pabrik Bioetanol dengan Kapasitas Produksi 7.500 KL/tahun direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.
2. Dari analisa teknis dan ekonomi yang dilakukan, maka Pabrik Bioetanol dari Singkong Karet dengan Kapasitas Produksi 7.500 KL/tahun layak didirikan di Kabupaten oku timur Provinsi Sumatra Selatan.
3. Pra Rancangan Pabrik Bioetanol dari Singkong Karet merupakan perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line and staff* dengan jumlah tenaga kerja 119 orang yang terdiri dari 93 karyawan *shift* dan 26 orang karyawan *non shift*.
4. Dari perhitungan analisa ekonomi, maka Pabrik Bioetanol dari Singkong Karet ini layak didirikan dengan :

- *Fixed Capital Investment (FCI)* = US\$ 15.851.140,96
= Rp 220.013.836.551,06
- *Working Capital Investment (WCI)* = US\$ 2.797.260,17
= Rp 38.825.971.156,07
- *Total Capital Investment (TCI)* = US\$ 18.648.401,13
= Rp 258.839.707,13
- *Total Sales (TS)* = US\$ 16.210.374,64
= Rp 225.000.000.000,00
- *Rate of Return (ROI)* = 21 %.
- *Pay of Time (POT)* = 3 tahun 6 bulan 6 hari
- *Break Event Point (BEP)* = 31 %

11.2 Saran

Berdasarkan pertimbangan dari analisa ekonomi yang telah dilakukan pabrik Bioetanol dari Singkong Karet ini layak untuk dilanjutkan ke tahap rancangan. Untuk itu disarankan kepada pengurus dan pemilik modal untuk dapat mempertimbangkan dan mengkaji ulang tentang pendirian pabrik Bioetanol dari Singkong Karet.