

**EXECUTIVE SUMMARY**  
**MATA KULIAH TUGAS PERANCANGAN PABRIK KIMIA**



**PERANCANGAN PABRIK BIOETANOL**  
**DARI JERAMI DENGAN PROSES SHF (SEPARATE-HYDROLYSIS-**  
**FERMENTATION) DENGAN KAPASITAS 300.000 kL/Tahun**

**Oleh :**

**ROSI HIKMIARUM S.P**

**NIM. 21030110151102**

**RETNO AYU HESTINGRUM**

**NIM. 21030110151122**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS DIPONEGORO**  
**SEMARANG**

**2012**

**Halaman Pengesahan**  
**EXECUTIVE SUMMARY**  
**MATA KULIAH TUGAS PERANCANGAN PABRIK KIMIA**

**UNIVERSITAS DIPONEGORO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK KIMIA**

---

Nama / NIM	:	Rosi Hikmiarum Suri Pertiwi	21030110151102
Nama / NIM	:	Retno Ayu Hestiningrum	21030110151122
Judul	:	Perancangan Pabrik Bioetanol dari Jerami dengan Proses SHF (Separate – Hydrolysis - Fermentation) dengan Kapasitas 300.000 kL/Tahun	

Semarang,  
Menyetujui  
Dosen Pembimbing,

Ir. Hargono, MT  
NIP 19561126 198703 1 002

## EXECUTIVE SUMMARY

JUDUL TUGAS	PERANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI JERAMI DENGAN PROSES SHF (SEPARATE-HYDROLYSIS FERMENTATION)	
	KAPASITAS PRODUKSI	300.000 kL/TAHUN

### I. STRATEGI PERANCANGAN

Latar Belakang	<p>Seiring dengan bertambahnya penduduk dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia, serta menipisnya cadangan minyak bumi, maka dicari energi alternatif untuk menunjang kebutuhan akan energi. Bahan bakar fosil merupakan bahan bakar yang selain tidak bisa diperbarui, juga tidak ramah lingkungan. Selain terancam punah, bahan bakar jenis ini dikenal pemicu polusi udara nomor satu. BBM yang dipakai kendaraan bermotor saat ini menghasilkan zat beracun seperti CO<sub>2</sub>, CO, HC, NOX, SPM dan debu. Kesemuanya menyebabkan gangguan pernapasan, kanker, bahkan pula kemandulan.</p> <p>Penggunaan bahan bakar alam yang ramah lingkungan perlu diterapkan di Indonesia. Mengingat potensi sumberdaya alam yang melimpah dan ditunjang dengan iklim tropis yang cocok untuk tumbuhnya berbagai macam tanaman. Penerapan bahan bakar hayati di negara berkembang juga dianjurkan oleh PBB karena memiliki peluang untuk mengurangi kemiskinan, menciptakan pembangunan berkelanjutan, mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak, dan meningkatkan akses terhadap bahan bakar modern (Walter, 2007).</p> <p>Kekayaan Indonesia yang berlimpah akan sumber daya hayati termasuk mikroorganisma, sangat memungkinkan untuk pemanfaatan biomasa/ lignoselulosa menjadi bioetanol, yang sampai saat ini belum dikembangkan secara optimal. Bahan baku untuk proses produksi bioetanol diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu gula, pati dan selulosa. Sumber gula yang berasal dari gula tebu, gula bit, molase dan buah-buahan, dapat langsung dikonversi menjadi etanol. Sumber dari bahan berpati seperti jagung, singkong, kentang dan akar tanaman harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi gula. Sumber selulosa yang</p>
----------------	---

berasal dari kayu, limbah pertanian, limbah pabrik pulp dan kertas, semuanya harus dikonversi menjadi gula dengan bantuan asam mineral (Lin and Tanaka, 2006).

Lignoselulosa adalah komponen organik di alam yang berlimpah dan terdiri dari tiga tipe polimer, yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Komponen ini merupakan sumber penting untuk menghasilkan produk bermanfaat seperti gula dari proses fermentasi, bahan kimia dan bahan bakar cair. Lignoselulosa bisa diperoleh dari bahan kayu, jerami, rumput-rumputan, limbah pertanian/hutan, limbah industri (kayu, kertas) dan bahan berserat lainnya. Dari sekian banyak bahan yang tersedia di alam selain bahan berpati, bahan lignoselulosa merupakan substrat terbanyak yang belum digunakan secara maksimal. Selama ini peruntukannya banyak untuk pakan. Akan tetapi komponen bahan lignoselulosa ini sangatlah kompleks, sehingga dalam penggunaannya sebagai substrat untuk produksi bioetanol harus melalui beberapa tahapan, antara lain delignifikasi untuk melepas selulosa dan hemiselulosa dari ikatan kompleks lignin, depolimerisasi untuk mendapatkan gula bebas dan fermentasi gula heksosa dan pentosa untuk mendapatkan produksi bioetanol

Meningkatnya konsumsi bahan bakar menjadi pendorong munculnya kebijakan energi nasional yang tertuang dalam Perpres No.5 Tahun 2006, dimana pemanfaatan biofuel ditargetkan 2% pada tahun 2010 dan 5% pada 2025. Untuk mengurangi konsumsi BBM jenis bensin, dapat dilakukan dengan menambahkan 10% bioetanol atau sering disebut E-10.

Secara global, kondisi pasar bioetanol diproyeksikan terjadi peningkatan yang cukup signifikan, melihat agresivitas beberapa negara terutama Amerika dan Eropa dalam penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif. Hal ini dapat terlihat dari proyeksi produksi ethanol maupun biodiesel dunia yang diproyeksikan terjadi peningkatan rata-rata 10% setiap tahunnya, mulai dari tahun 2008 sampai dengan 2012. Peningkatan produksi tersebut secara optimis

	diproyeksikan karena diperkirakan tingkat harga minyak dunia akan kembali bergerak diatas \$80 per barel.
Dasar Penetapan Kapasitas Produksi	<p>Dalam pemilihan kapasitas rancangan pabrik bioetanol ada beberapa pertimbangan, yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ketersediaan Bahan Baku <p>Potensi produksi jerami padi per ha kurang lebih 10 – 15 ton, jerami basah dengan kadar air kurang lebih 60%. Jika seluruh jerami per ha ini diolah menjadi ethanol (fuel grade ethanol), maka potensi produksinya kurang lebih 766 hingga 1,148 liter/ha FGE. Menurut data BPS tahun 2006 menunjukkan bahwa 55 juta ton padi diproduksi di Indonesia.</p> </li> <li>2. Kebutuhan Produk <p>Potensi etanol dari jerami menurut Kim and Dale (2004) adalah sebesar 0.28 L/kg jerami. Sedangkan menurut Badger (2002) adalah sebesar 0.2 L/kg jerami. Jadi pabrik yang akan dibangun dengan kapasitas 300.000 kL/tahun akan membutuhkan bahan baku jerami sebesar 1.500.000 ton/tahun.</p> </li> <li>3. Kapasitas minimum pabrik yang ada di dunia. <p>Dalam penentuan kapasitas pabrik juga didasarkan atas kapasitas minimum pabrik yang ada di dunia.</p> </li> </ol>
Dasar penetapan lokasi pabrik	<p>Lokasi pendirian pabrik bioetanol dari jerami di pilih di Serang, Banten. Pertimbangannya dijelaskan sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ketersediaan bahan baku utama <p>Bahan baku utama yang digunakan dalam proses pembuatan etanol ini adalah jerami padi. Data BPS tahun 2006 menunjukkan bahwa dari 55 juta ton padi yang diproduksi di Indonesia, 50%-nya diproduksi di daerah Jawa Timur, Jawa Barat dan Jawa Tengah (Hambali, 2007). Jawa Barat merupakan penghasil padi terbesar di Indonesia yaitu sebesar 22.5 % dari produksi nasional terutama di daerah Karawang hingga Indramayu. Di Jawa Tengah sebagai penghasil padi terbesar ketiga setelah Jawa Barat dan Jawa Timur dihasilkan 8,5 juta ton padi atau setara dengan 1,7 juta ton sekam per tahun.</p> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Pemasaran produk</b>  <p>Wilayah Serang, Banten merupakan wilayah yang relatif dekat dengan pelabuhan merak yang dapat dijadikan sebagai pelabuhan utama untuk memasok bioetanol untuk daerah sekitarnya. Lokasi pabrik yang berdekatan dengan pasar atau pusat distribusi akan mempengaruhi harga jual produk dan lamanya waktu pengiriman. Produk bioetanol dapat dengan mudah dipasarkan untuk memenuhi kebutuhan Pulau Jawa dan Sumatra.</p> </li> <li>▪ <b>Ketersediaan Air dan Listrik serta Utilitas Lainnya</b>  <p>Air dan listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam industri. Kebutuhan air diperoleh dari danau maupun air laut atau PDAM setempat sedangkan kebutuhan listrik dan PLN, menggunakan generator listrik serta penyedia utilitas kawasan industri.</p> </li> <li>▪ <b>Transportasi</b>  <p>Pengiriman bahan baku dan distribusi produk dilakukan melalui jalur darat dan laut. Wilayah Serang memiliki fasilitas transportasi darat dan laut yang baik dan mudah dicapai sehingga proses transportasi dapat ditangani dengan baik.</p> </li> <li>▪ <b>Ketersediaan tenaga kerja</b>  <p>Kabupaten Serang memiliki jumlah penduduk yang padat sehingga mudah untuk memperoleh tenaga kerja. Lokasi pabrik berdekatan dengan pemukiman penduduk setempat sehingga mempermudah perekrutan tenaga kerja.</p> </li> <li>▪ <b>Pembuangan limbah</b>  <p>Kawasan industri di Banten khususnya Serang berada dekat dengan beberapa sungai yang bermuara ke Laut Jawa sehingga pembuangan limbah dapat dilakukan di sungai tersebut. Namun, dalam pembuangan limbah ini adalah limbah yang telah diolah sehingga tidak merusak lingkungan.</p> </li> </ul>
Proses	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Terdapat 2 proses dalam membuat bioetanol dari jerami, <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses Separate-Hydrolysis-Fermentation (SHF)</li> <li>- Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)</li> </ul> </li> </ul>

	<p>Perbedaan antara proses SHF dan SFF adalah proses Separate-Hydrolysis-Fermentation (SHF) merupakan proses pembuatan etanol dimana tahap hidrolisis dan tahap fermentasi berlangsung terpisah. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan pengontrolan terhadap tiap tahap, agar tercapai hasil yang diinginkan. Proses SSF memiliki dasar yang sama dengan proses SHF, hanya saja tahap hidrolisis dan tahap fermentasi berlangsung simultan dalam satu tangki. Dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut maka proses yang terpilih pada perancangan ini adalah produksi etanol dengan proses SHF dan purifikasinya dengan membrane pervaporasi.</p>
--	---

### Bahan Baku

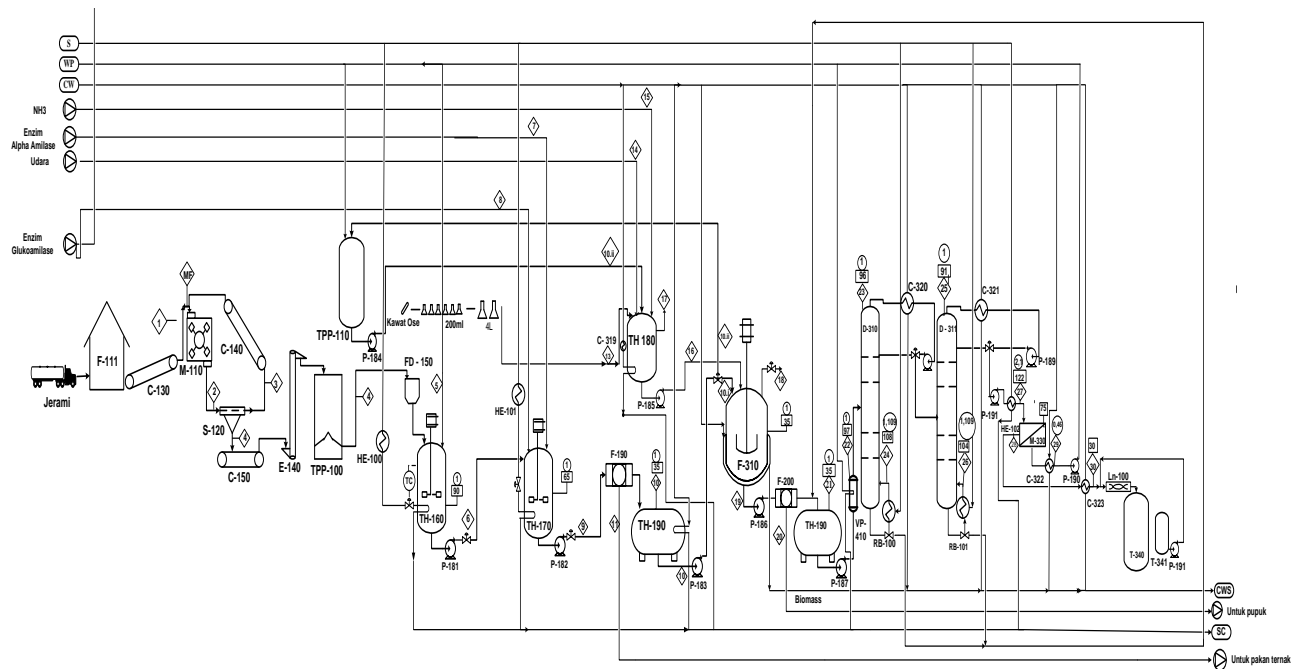
Jenis	Jerami Padi
Spesifikasi	<p><b>1. Jerami Padi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Wujud : grain</li> <li>◆ Komposisi <ul style="list-style-type: none"> <li>: Protein 1,2% berat</li> <li>: Lemak 3% berat</li> <li>: Serat kasar 17,8%</li> <li>: Hemiselulosa 27%</li> <li>: Selulosa 39%</li> <li>: Lignin 12%</li> </ul> </li> <li>◆ Kadar air : maksimal 15%</li> <li>◆ Butir rusak : maksimal 16%</li> <li>◆ Kotoran : maksimal 2%</li> </ul>
Kebutuhan	– Jerami : 189.393 kg/jam
Asal	– Jerami padi didapatkan dari petani padi di daerah Banten atau daerah Jawa Barat.

### Produk

Jenis	Bioetanol
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kadar Metanol : 300 mg/L, Max</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berat molekul : 46 kg/ kmol</li> <li>• Densitas : 0,7912 kg/m<sup>3</sup></li> <li>• Titik didih : 78,4 °C</li> <li>• Densitas pada 20 °C : 0,7893 gr/ml</li> <li>• Viskositas pada 20 °C : 1,17 cp</li> <li>• Kelarutan dalam air, pada 20 °C : larut</li> </ul>
Daerah pemasaran	Di seluruh wilayah Indonesia, khususnya Pulau Jawa dan Sumatra.

## II. DIAGRAM ALIR PROSES DAN PENERACAAN

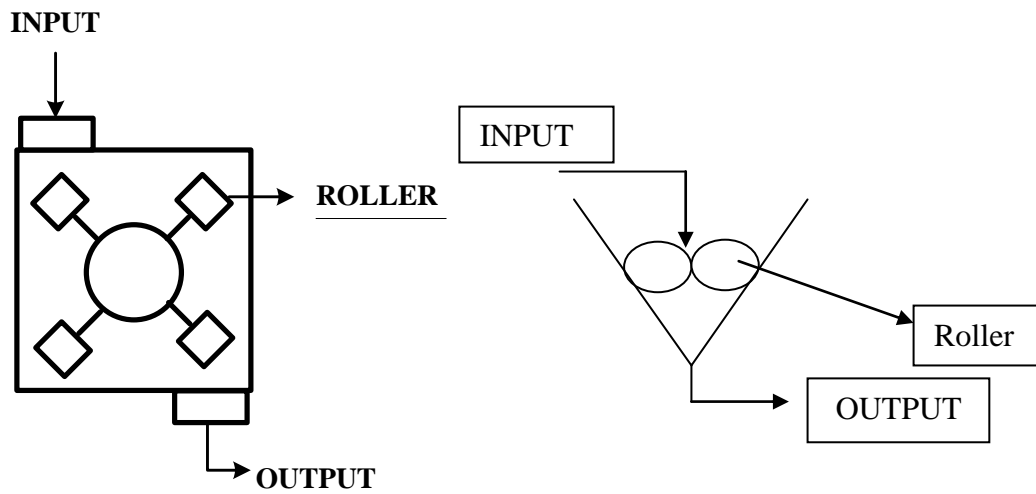


Gambar 2.1. Diagram Alir Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi dengan Proses SHF dengan Kapasitas 300.000 kL/tahun

### III. PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

#### 3.1 Spesifikasi Alat Utama

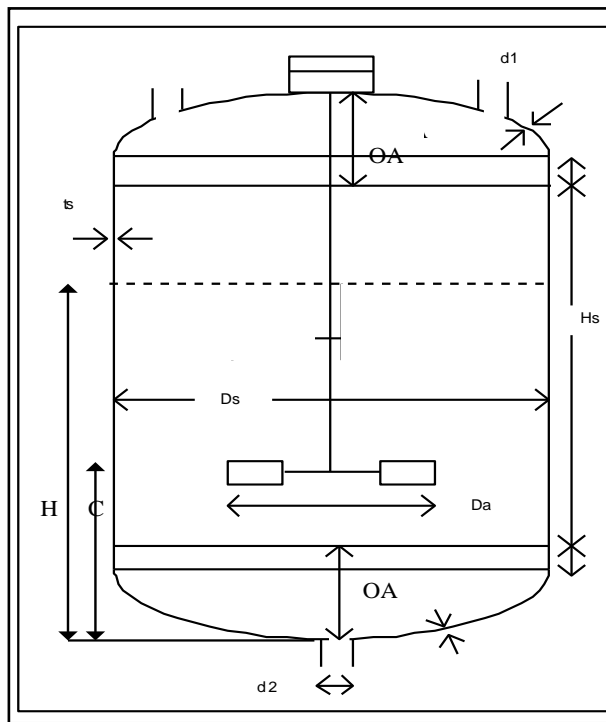
##### 1. HAMMER MILL (M-110)



Gambar 1. Hammer Mill

Kode	: M-110
Fungsi	: Menghaluskan jerami hingga ukuran 1-1,5 mm
Bahan Konstruksi	: Iron and Stell
Jenis Mill	: Hammer Roller Mill
Kapasitas	: 189.393 kg/jam
Power	: 2.083.323 HP
Jumlah	: 1 buah

## 2. TANGKI MASHING (TH-160)



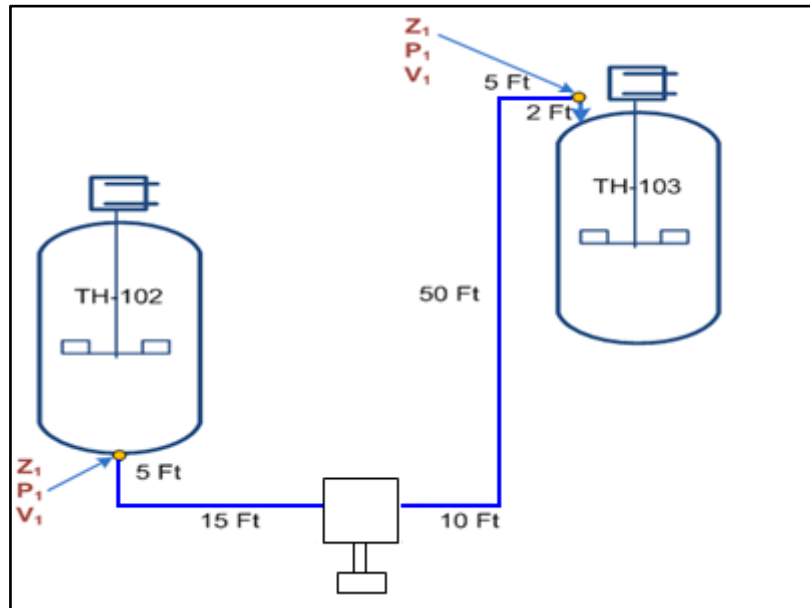
Gambar 2. Tangki Mashing

### Keterangan :

- DS : Diameter shell
- HS : Tinggi shell
- OA : Tinggi dish
- C : Jarak Propeler dari dasar tangki
- Da : Diameter propeler
- d2 : Diameter Outlet
- d1 : Diameter Input
- H : Tinggi Liquid

- Kode : TH-160
- Fungsi : Sebagai tempat pemasakan / cooking
- Kondisi operasi : 95<sup>0</sup>C
- Tekanan : 1 atm
- Kapasitas : 23569,5 Ft<sup>3</sup>/jam
- Jumlah : 2 tangki
- Bahan Konstruksi : stainless stell tipe 304 grade 3 (SA-167)
- Head dan Bottom :
  - Jenis = Thorispherical
  - Tebal = 1/2 in
  - Tinggi = 28,6 in
- Tinggi tangki : 29 ft
- Power Pengaduk : 4 HP

### 3. POMPA (P-181)



Gambar 3. Pompa Mengalirkan Slurry dari T.Mashing menuju T. Sakarifikasi

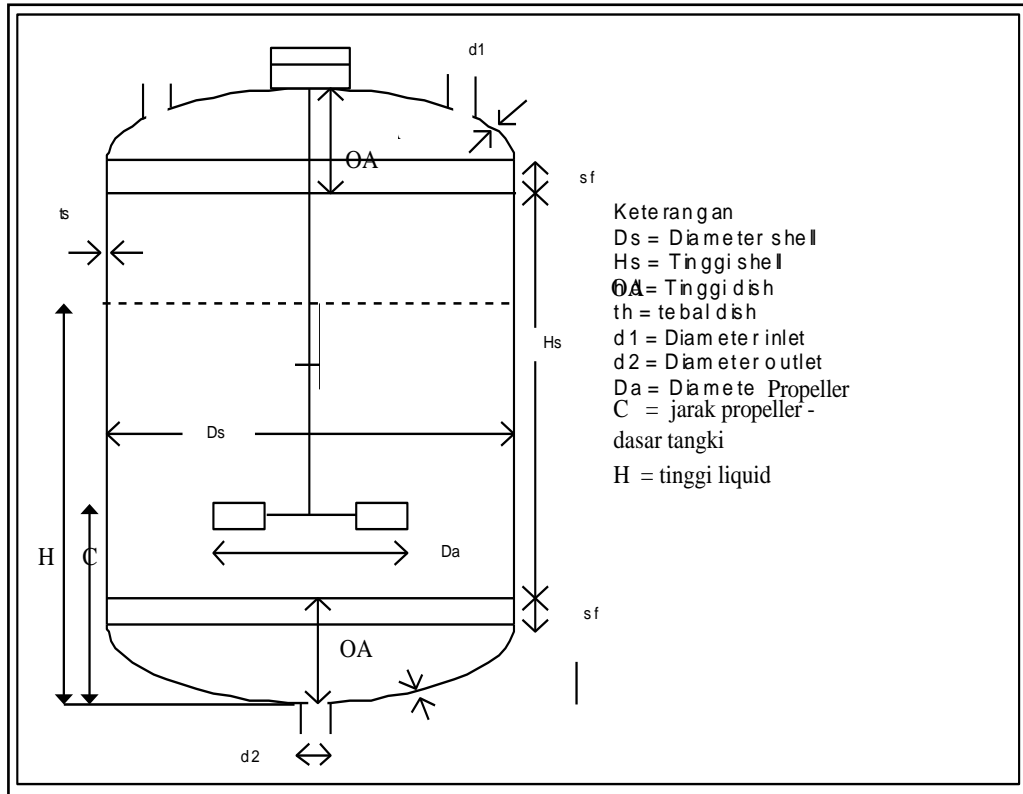
Kode	: P-181
Fungsi	: Mengalirkan Slurry dari T.Mashing menuju T. Sakarifikasi
Tipe	: Recirprocating Piston
Kapasitas	: 1,37 Ft <sup>3</sup> /s
Bahan Konstruksi	: Iron and Steel
Daya pompa	: 15 HP
Pipa	: D Nominal Size : 8 in Schedule Number 40 Inside Diameter (ID) : 7,981 in Outside Diameter (OD) : 8,625 in Flow area pipe (A) : 0, 3474 Ft <sup>2</sup>

### 4. HEAT EXCHANGER (TH -113)

Kode	: HE-101
Tipe	: Coil
Bahan Konstruksi	: Carbon Steel Grade C
Fungsi	: Mentransfer supply panas untuk kebutuhan reaksi saccarifikasi
Kondisi operasi	: 65 <sup>0</sup> C
Tekanan	: 1 atm

Pipa : Outside Diameter (OD) :  $\frac{3}{4}$  in  
 BWG : 16  
 Inside Diameter (ID) :  $\frac{5}{8}$  in  
 Luas Perpindahan Panas :  $101 \text{ ft}^2$

## 5. FERMENTOR (F-310)

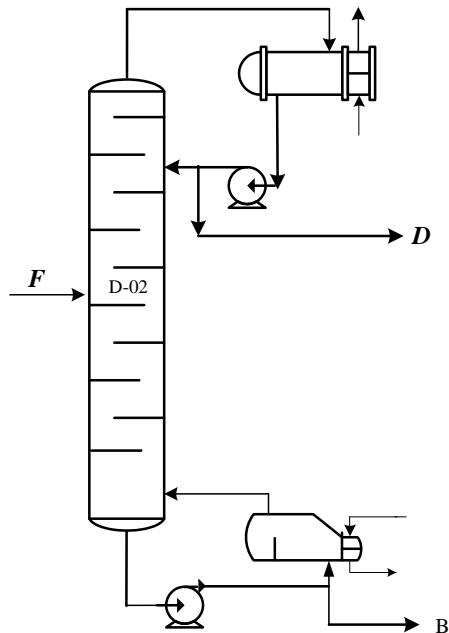


Gambar 4. Fermentor

Kode : F-310  
 Fungsi : Sebagai tempat untuk terjadinya proses fermentasi utama  
 Kondisi operasi :  $35^{\circ}\text{C}$   
 Tekanan : 2 atm  
 Kapasitas :  $2821,034 \text{ Ft}^3/\text{jam}$   
 Jumlah : 12 tangki  
 Bahan Konstruksi : stainless stell tipe 304 grade 3 (SA-167)  
 Dimensi Tangki :  
 Diameter : 14 Ft  
 Tebal :  $\frac{3}{4}$  in  
 Tinggi : 34 Ft

Tinggi tangki : 27 ft  
 Power Pengaduk : 13 HP  
 Jaket Pendingin  
 Tipe : Jacket  
 Bahan Konstruksi : Carbon Steel Grade C  
 Fungsi : Menjaga temperatur pada fermentor ( 35 °C )  
 Pipa : Outside Diameter (OD) : 11,35 in  
       IPS : 11  
       Inside Diameter (ID) : 11,02 in  
       Clear overall Koef.(UC) : 343,21 Btu/ (Hr)(ft<sup>2</sup>)(°F)  
       Desaign overall Koef.(UD): 247,63 Btu/ (Hr)(ft<sup>2</sup>)(°F)  
       Luas Perpindahan Panas : 78,4 ft<sup>2</sup>

## 6. MENARA DISTILASI (D-311)



Gambar 5. Menara destilasi

Kode : D-311  
 Fungsi : Memurnikan produk etanol 95% mol  
 Tipe : Sieve tray  
 Jumlah : 2 buah  
 Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA 285 Grade C  
 Jenis Aliran : Cross Flow

Head dan Bottom :

Jenis : Torispherical

Tebal : 0.25 in

Kondisi Operasi :

a. Puncak Menara :

Tekanan : 1 atm

Temperatur : 360,289°K

b. Dasar

Tekanan : 1,07 atm

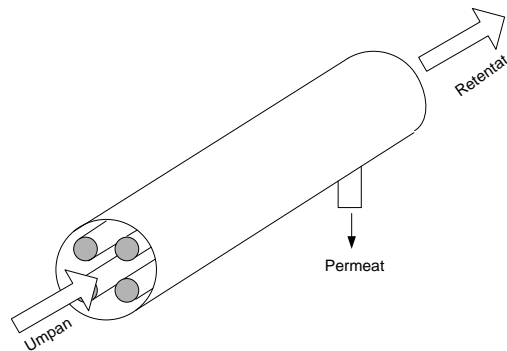
Temperatur : 373,996°K

Jumlah tray : 11 Tray

Diameter : 2,6 m

Tinggi : 5,29 m

## 7. MEMBRAN PERVAPORASI (M-330)



Gambar 6. Membran Pervaporasi

Kode : M-330

Fungsi : Untuk memurnikan produk etanol hingga 99,5% v/v

Bahan Membran : Material keramik yang dimodifikasi dengan Na-A Zeolit

Kondisi operasi : 75°C

Pola Aliran : Cross Flow

Jumlah Chanel : 21 buah

Jumlah Modul : 21 buah

Jumlah Housing : 620 buah

Diameter :

- a. Diameter modul pervingorasi : 10,1 cm
- b. Diameter housing pervingorasi : 46 cm

Panjang Tube : 1,25 m

### 3.2. Utilitas

<b>AIR</b>	
Air untuk keperluan umum ( <i>service water</i> )	12,02 m <sup>3</sup> /hari
Air pendingin ( <i>cooling water</i> )	430.700,829 m <sup>3</sup> /hari
Air untuk proses ( <i>process water</i> )	14.285,64 m <sup>3</sup> /hari
Air umpan ketel ( <i>boiler feed water</i> )	113,629 m <sup>3</sup> /hari
Total kebutuhan Air	445.112,1197 m <sup>3</sup> /hari
Didapat dari sumber	Air sungai dan air laut
<b>STEAM</b>	
Kebutuhan steam	7.587,908 m <sup>3</sup> /hari
Jenis boiler	<i>Water Tube Boiler</i>
<b>LISTRIK</b>	
Kebutuhan listrik	619,677 kW
Dipenuhi dari	Pembangkit sendiri : 528,71 kW
	PLN : 90,967 Kw
<b>BAHAN BAKAR</b>	
Jenis	Solar
Kebutuhan	237.350 L/Bulan
Sumber dari	PT. Pertamina

### IV. PERHITUNGAN EKONOMI

Physical Plant Cost (PPC)	US \$ 60.380.190,57
Fixed Capital	US \$ 82.600.100,7
Working Capital	US \$ 30.700.821,82
Total Capital Investment	US \$ 119.097.420,8
<b>ANALISIS KELAYAKAN</b>	
Return on Investment (ROI)	Before tax : 137,68 % after tax : 105,76 %
Pay Out Time (POT)	Before tax : 0,73 Tahun After tax : 0,95 Tahun
Break Event Point (BEP)	14,49 %
Shut Down Point (SDP)	6,31 %
Discounted Cash Flow (DCF)	82,09 %
Umur Pabrik (n)	9 Tahun

