

**EXECUTIVE SUMMARY**

**TUGAS PRA PERANCANGAN PABRIK KIMIA**



**TUGAS PRA PERANCANGAN PABRIK BIOETANOL  
DARI FERMENTASI PATI DENGAN PROSES *DRY MILLING*  
KAPASITAS 70.000 KL/TAHUN**

Oleh:

<b>ANNISA KUSUMANINGRUM</b>	<b>L2C 008 010</b>
<b>APRIAN INDRA W</b>	<b>L2C 008 012</b>

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

**2012**

## EXECUTIVE SUMMARY

<b>JUDUL TUGAS</b>	<b>PRA PERANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI FERMENTASI PATI DENGAN PROSES DRY MILLING KAPASITAS 70.000 KL/TAHUN</b>	
	<b>KAPASITAS PRODUKSI</b>	<b>70.000 KL/TAHUN</b>

### I. STRATEGI PERANCANGAN

<b>Latar Belakang</b>	<p>Ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar fosil masih menjadi sebuah masalah yang serius. Kebutuhan akan bahan bakar yang tinggi, tidak diimbangi dengan sumber daya alam yang melimpah. Dengan persediaan bahan bakar fosil yang semakin menipis, para ahli senantiasa mengembangkan penelitian mengenai sumber energi yang dapat diperbaharui. Penggunaan energi alternatif yang berbasis biomassa sangat strategis dikembangkan di Indonesia, selain terbarukan dan ramah lingkungan, bahan baku energi ini dijumpai di Indonesia. Dengan kondisi alam Indonesia yang sangat beranekaragam, memberikan potensi yang berlimpah pula. Salah satunya dapat juga berkontribusi dalam memberikan solusi kelangkaan energi tersebut. Energi alternatif tersebut adalah bioetanol.</p>
<b>Dasar Penetapan Kapasitas Produksi</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>Prediksi kebutuhan bioetanol untuk dalam negeri dan volume impor etanol dari luar negeri.</li><li>Ketersediaan bahan baku, terdapat perkebunan singkong di wilayah Samarinda, Kalimantan Timur.</li><li>Kapasitas pabrik bioetanol dengan proses sejenis</li><li>Kapasitas produksi pabrik bioetanol minimum yang telah ada</li></ol>
<b>Dasar Penetapan Lokasi Pabrik</b>	<p>Pabrik Bioetanol ini akan didirikan di kawasan Samarinda kalimantan Timur, karena dekat dengan bahan baku perkebunan singkong. Fasilitas yang ada antara lain : pelabuhan laut,</p>

	pembangkit listrik, air, dan utilitas pendukung lainnya.
<p><b>Pemilihan Proses</b></p>	<p><i>Dry Milling</i></p> <p>tepung pati dihidrolisa menjadi dextrin. Reaksi hidrolisis pati menggunakan enzim <i>α-amylase</i></p> $  \begin{array}{ccc}  (C_6H_{10}O_5)_n + n H_2O & \longrightarrow & n C_6H_{12}O_6 \\  \text{(pati)} & \text{enzim} & \text{(glukosa)}  \end{array}  $ $  \begin{array}{ccc}  (C_6H_{12}O_6) & \longrightarrow & 2 C_2H_5OH + 2 CO_2 \\  \text{(glukosa)} & \text{yeast} & \text{(etanol) (karbondioksida)}  \end{array}  $ <p>Proses gelatinasi terjadi pada temperatur lebih dari 100°C menyebabkan granula pati terurai dan pecah. Selanjutnya proses likuifaksi menggunakan enzim <i>α-amylase</i>. <i>α-amylase</i> berasal dari bakteri <i>Bacillus subtilis</i> dan <i>Bacillus licheniformis</i> yang dapat bertahan hidup hingga suhu 105°C. Enzim <i>α-amylase</i> yang akan menjadi katalis bagi reaksi hidrolisis dengan memutus ikatan <i>α,1-4 glikosidik</i> amylase dan amilopektin, hingga dihasilkan <i>dekstrin</i>. Selanjutnya proses sakarifikasi yang melibatkan enzim <i>glukoamilase</i> yang berasal dari bakteri <i>Aspergillus niger</i>. Tahap ini bertujuan memecah <i>dekstrin</i> menjadi glukosa sumber nutrient utama mikroorganisme pada proses fermentasi. Fermentasi glukosa menghasilkan etanol ( alkohol )</p> <p>Kemudian bahan baku tepung pati dikirim ke fermentor, dengan temperatur 35°C sehingga pertumbuhan <i>yield</i> fermentasi dapat dipertahankan. Reaksi fermentasi adalah sebagai berikut:</p> $  \begin{array}{ccc}  C_6H_{12}O_6 & \longrightarrow & 2 CH_3CH_2OH + 2 CO_2 \\  \text{(glukosa)} & \text{yeast} & \text{(etanol) (karbon dioksida)}  \end{array}  $

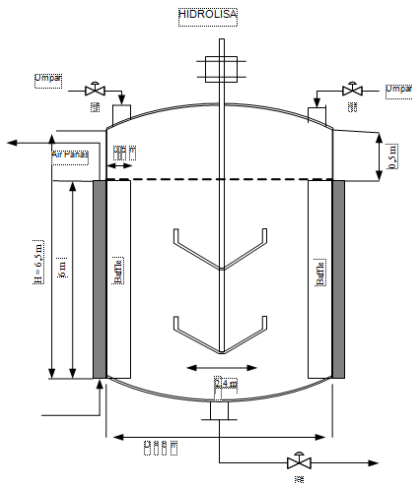
<b>Bahan Baku</b>	
<b>Jenis</b>	Tepung pati
<b>Spesifikasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wujud : padat</li> <li>• Kenampakan : berwujud butiran-butiran halus</li> <li>• Densitas : 1,5 g/cm<sup>3</sup></li> </ul>
<b>Kebutuhan</b>	98.182,5479 kg tepung pati/jam
<b>Asal</b>	Samarinda, Kalimantan Timur
<b>Produk</b>	
<b>Jenis</b>	Bioetanol
<b>Spesifikasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wujud : cairan</li> <li>• warna : tidak berwarna</li> <li>• Densitas : 0,789 g/cm<sup>3</sup></li> <li>• Titik didih : 78,4°C</li> <li>• Flash point : 13-14 °C</li> <li>• pH : 6,5-9,0</li> <li>• Angka oktan : 113</li> <li>• Kelarutan dalam air : sangat larut</li> </ul>
<b>Laju Produksi</b>	184.128 kg/hari
<b>Daerah Pemasaran</b>	Propinsi Kalimantan Timur memiliki fasilitas pelabuhan untuk memasarkan produk biodiesel hampir ke seluruh wilayah Indonesia. Sehingga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan bioetanol di Pulau Kalimantan dan Jawa pada khususnya dan Indonesia pada umumnya.

## II. DIAGRAM ALIR PROSES DAN PERANCANGAN (terlampir)

### III. PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

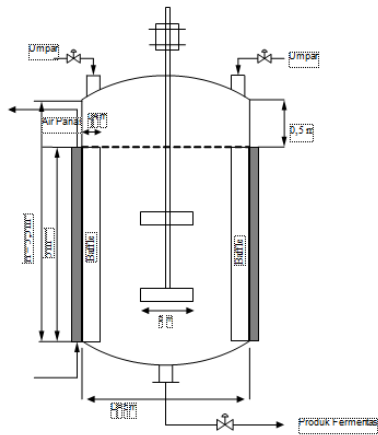
#### 1. Spesifikasi Alat

##### A. Reaktor Enzimatis Hidrolisa Pati



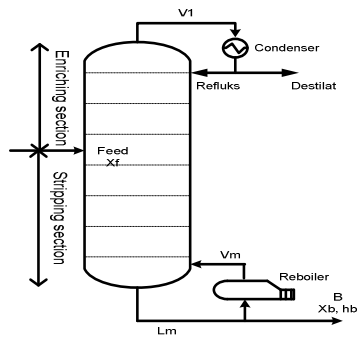
- Kode : V-202
- Fungsi : Reaksi hidrolisa pati menjadi glukosa
- Tipe : Stired Tank Bioreaktor
- Jumlah : 6 buah
- Material : Stainless steel SS 316
- Kondisi : Tekanan : 1 atm  
Suhu : 85 °C
- Fase reaksi : cair
- Katalis Enzym  $\alpha$ -amylase dan gluukoamylase
- Tinggi : 12 m
- Diameter : 6 m
- Volume : 564,30 m<sup>3</sup>
- Tebal : 4,826 mm
- Jenis *head* dan *bottom* : *Therispherical*
- Head dan bottom : Tebal : 5,574 mm  
Tinggi : 1,0668 m
- Material pengaduk : SS 316 dengan tipe *Paddle*

## B. Fermentor



Kode	: V-205
Fungsi	: Reaksi pembentukan etanol dengan proses fermentasi ragi.
Tipe	: Stired Tank Bioreaktor
Material	: Stainless steel SA-167
Kondisi	: Tekanan : 1 atm Suhu : 35°C
Fase reaksi	: cair
Katalis	: Ragi + NH <sub>3</sub>
Tinggi	: 14 m
Diameter	: 7 m
Volume	: 553,49 m <sup>3</sup>
Tebal	: 4,64 mm
Jenis head dan bottom	: <i>Thorispherical</i>
Head dan bottom	: Tebal : 7/8 in Tinggi : 75,08 in

## C. Kolom Distilasi



Kode : V-303

Fungsi : memisahkan dan memurnikan etanol hasil fermentasi menjadi etanol 96 %

Tipe : Sieve tray

Jumlah : 1 buah

Material : Low Alloy Steel SA-204 Grade A

Tinggi : 13,16 m

Jenis *head* dan *bottom* : *Thorispherical*

Kondisi operasi :

Puncak Tekanan : 100 kPa

Suhu : 350 K

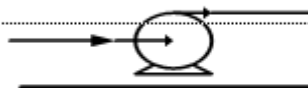
Umpan Tekanan : 100 kPa

Suhu : 348,85 K

Dasar Tekanan : 101 kPa

Suhu : 373,45 K

#### D. Pompa



Kode : P-302

Fungsi : Mengalirkan bahan baku produk fermentasi dari membran mikrofiltrasi menuju kolom distilasi I.

Tipe : Pompa sentrifugal

Kapasitas pompa : 4,27 cuft/detik  
 Tenaga pompa : 10,795 ft.lbf/lbm  
 Daya pompa : 5,77 HP  
 Ukuran pipa  
 Nominal Size : 12 in  
 Schedule No. : 40  
 OD : 12,75 in = 1,0625 ft  
 ID : 11,938 in = 0,9948 ft  
 Tebal dinding : 0,406 in = 0,0338 ft  
 Inside sectional area : 0,7773 ft<sup>2</sup>

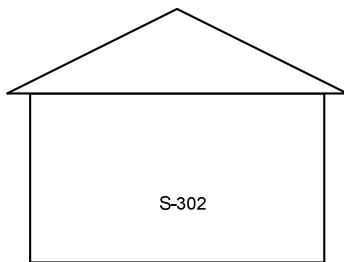
### E. Heater

Nama	: Heater
Kode	: HE-301
Fungsi	: Untuk menaikkan suhu yang keluar dari membrane mikrofiltrasi (30 <sup>0</sup> C) menjadi suhu umpan bagi flash kolom (65 <sup>0</sup> C ).
Tipe	<i>double pipe annulus</i>
Bahan Konstruksi	Carbon Steel SA 285 Grade C
<b>Spesifikasi</b>	
<b>Annulus</b>	<b>Pipe</b>
ID --> D2 = 0,1725 ft	ID --> D = 0,115 ft
OD --> D1 = 0,138 ft	
Panjang = 320 lin ft, Jumlah = 8 hairpin 20ft	
<b>Luas Perpindahan Panas</b>	<b>Panas yang dipindahkan</b>



365,41 ft <sup>2</sup>	24.119.097.860 Btu/jam
<b>Koefisien Perpindahan Panas</b>	
$U_C$ 288,9 (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F)	$U_D$ 450,61 (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F)
<b>Faktor Kekotoran</b>	
$R_D$ minimum 0,0002 (jam.ft <sup>2</sup> .°F/Btu)	$R_D$ perhitungan 0,000124 (jam.ft <sup>2</sup> .°F/Btu)
<b>Pressure Drop</b>	
<b>Annulus</b>	<b>Pipe</b>
<i>Pressure drop</i> yang diijinkan 10 psi	<i>Pressure drop</i> yang diijinkan 10 psi
<i>Pressure drop</i> perancangan 1,7 psi	<i>Pressure drop</i> perancangan 9,7 psi

#### F. Tangki Penyimpanan Produk Bioetanol



Kode : S-302

Fungsi : Menyimpan produk etanol cair selama 30 hari

Tipe : Silinder Tegak dengan Alas Datar dan Atap Conical

Kondisi Operasi Temperatur : 30 °C = 303 K

Tekanan : 1 atm

Fase : Cair

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA – 283 grade C

Kapasitas : 248.892,33ft<sup>3</sup>

Diameter : 80 ft

Tinggi : 32 ft

Tebal shell : Course 1 : 0,62 in

Course 2 : 0,48 in

Course 3 : 0,36 in

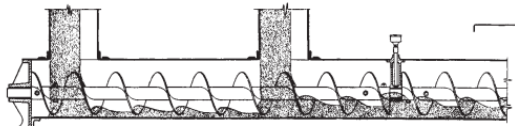
Course 4 : 0,24

Bentuk Head : Conical roof

Tebal Head : 0,8575 in

Tinggi Head : 6,68 ft

## G. Conveyor



Kode : BC-101

Fungsi : mengangkut tepung pati menuju screening

Jenis : Screw Conveyor

Konstruksi : Stainless Steel tipe 316

Kapasitas screw : 96.807,99 kg/jam

Diameter : 20 in

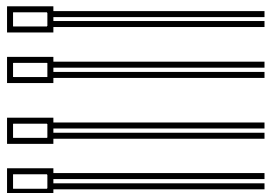
Kapasitas Maksimum : 8.000 cuft/jam

Kecepatan : 250 rpm

Panjang screw : 45 ft

Daya : 6,3 HP

## H. Cooler



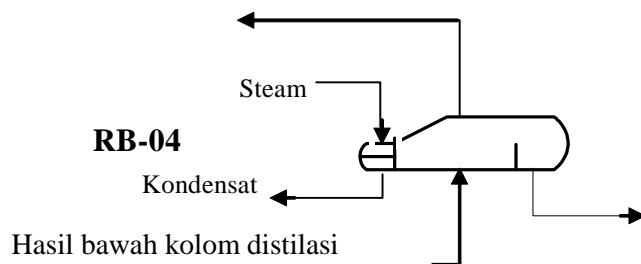
Kode : HE-201

Fungsi : Untuk menurunkan suhu yang keluar tangki pemasakan ( $121^{\circ}\text{C}$ ) menjadi suhu operasi pada tangki hidrolisa yaitu  $85^{\circ}\text{C}$ .

Tipe : Shell and Tube

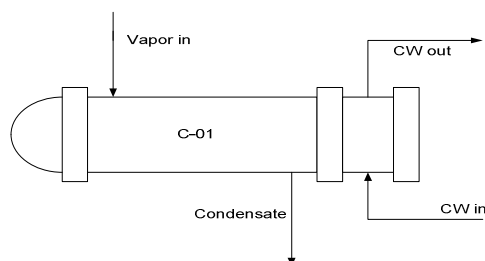
Bahan konstruksi : Carbon steel SA – 283 grade C  
A : 689.756,49 ft<sup>2</sup>  
U<sub>D</sub> : 150 (Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)

### I. Reboiler



Kode : R-301  
Fungsi : Menguapkan hasil bawah kolom destilasi  
Tipe : Shell and Tube  
Bahan konstruksi : Carbon steel SA – 283 grade C  
A : 694.061,71 ft<sup>2</sup>  
U<sub>D</sub> : 150 (Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F)

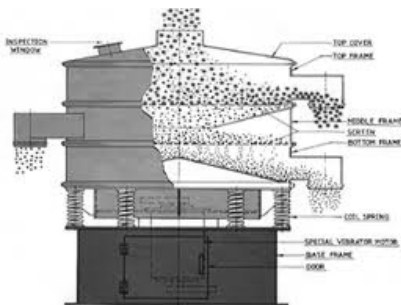
### J. Kondensor



Kode : C-301  
Fungsi : Mengembunkan dan mendinginkan hasil atas kolom distilasi

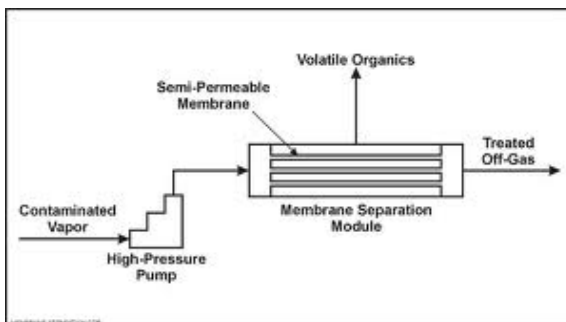
Tipe : Shell and Tube  
Bahan konstruksi : Carbon steel SA – 283 grade C  
A : 239.482,68 ft<sup>2</sup>

### K. Screening



Kode : SCR-101  
Tipe : Vibrating Screen  
Kecepatan getar : 900-7200 per menit  
Tekanan : atmosfer

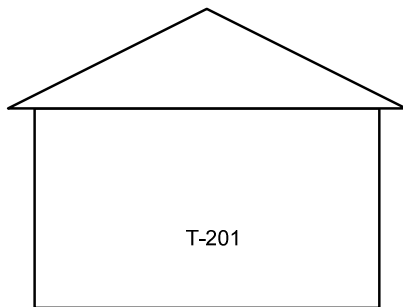
### L. Membran Pervaporasi



Kode : MP-301

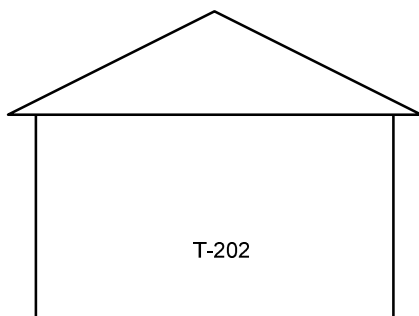
Tipe : Pervaporasi  
Modul : Tubular (Shell & Tube)  
Bahan : Polydimetil-siloxane (organofilik)

### M. Tangki Penyimpanan Enzim $\alpha$ -amilase



Kode : T-201  
Fungsi : Menyimpan enzim  $\alpha$ -amilase untuk digunakan pada unit hidrolisa  
Tipe : Silinder Tegak dengan Alas Datar dan Atap Conical  
Kondisi Operasi  
Temperatur :  $30\text{ }^{\circ}\text{C} = 303\text{ K}$   
Tekanan : 1 atm  
Fase : Cair  
Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA – 283 grade C  
Kapasitas : 9.543,34 ton/ ft<sup>2</sup>  
Bentuk Head : Conical roof

### N. Tangki Penyimpanan Enzim Glukoamilase



Kode : T-202

Fungsi : Menyimpan enzim glukoamilase menuju unit sakarifikasi

Tipe : Silinder Tegak dengan Alas Datar dan Atap Conical

Kondisi Operasi

    Temperatur : 30 °C = 303 K

    Tekanan : 1 atm

    Fase : Cair

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA – 283 grade C

Kapasitas : 637 ton/ ft<sup>2</sup>

Bentuk Head : Conical roof

## 2. Utilitas

AIR	
Air pemanas	12.287.851,72 m <sup>3</sup> /hari
Air pendingin ( <i>cooling water</i> )	3.219.786,540 m <sup>3</sup> /hari
Air untuk Sanitasi	11,3 m <sup>3</sup> /hari
Total Kebutuhan air	32.074.121 m <sup>3</sup> /hari
Didapat dari sumber	Air sungai Mahakam dan air tanah
STEAM	
Kebutuhan Steam	1.145.739.534 lb/jam
Jenis Boiler	Water tube boiler
LISTRIK	
Kebutuhan Listrik	1130 kW
Dipenuhi dari	Generator kapasitas 500 kW
BAHAN BAKAR	
Jenis	Solar
Kebutuhan	135 m <sup>3</sup> /bulan
Sumber dari	PT. Pertamina (Persero)

## IV. PERHITUNGAN EKONOMI

Physical Plant Cost	US\$ 16,207,788.8
Fixed Capital	US\$ 23,533,709
Working Capital	US\$ 726,567,871.9
Total Capital Investment	US\$ 751,984,278
<b>ANALISIS KELAYAKAN</b>	
Rate of Return on Investment	Before tax : 39,15%      After tax : 33,94 %
Pay Out Time (POT)	Before tax : 3 th 3 bln      After tax : 4 th 3 bln
Break Even Point (BEP)	42,07 %
Shut Down Point (SDP)	34,93 %
Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFROR)	48,6 %