

EXECUTIVE SUMMARY
TUGAS PERANCANGAN PABRIK KIMIA



TUGAS PERANCANGAN PABRIK BIOETANOL
DARI AMPAS TEBU DENGAN PROSES SSF (SIMULTANEOUS
SACCHARIFICATION FERMENTATION) DENGAN KAPASITAS
100.000 kL/Tahun

Oleh :

OKI YUARISKI

NIM. 21030110151113

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

2012

EXECUTIVE SUMMARY

JUDUL TUGAS	TUGAS PERANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI AMPAS TEBU DENGAN PROSES SSF (SIMULTANEOUS SACCHARIFICATION AND FERMENTATION)	
	KAPASITAS PRODUKSI	100.000 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 CO₂, 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>Salah satu alternatif bahan bakar hayati yang dapat digunakan adalah bioetanol. Bioetanol adalah ethanol yang bahan utamanya dari tumbuhan dan umumnya menggunakan proses fermentasi. Ethanol atau ethyl alkohol C₂H₅OH berupa cairan bening tak berwarna, terurai secara biologis (<i>biodegradable</i>), toksisitas rendah dan tidak menimbulkan polusi udara yg besar bila bocor. Ethanol yg terbakar menghasilkan karbondioksida (CO₂) dan air. Ethanol adalah bahan bakar beroktan tinggi dan dapat menggantikan timbal sebagai peningkat nilai oktan dalam bensin. Dengan mencampur ethanol dengan bensin, akan mengoksigenasi campuran bahan bakar sehingga dapat terbakar lebih sempurna dan</p>
----------------	--

mengurangi emisi gas buang (seperti karbonmonoksida/CO).

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 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,

	<p>dapat dilakukan dengan menambahkan 10% bioetanol atau sering disebut E-10.</p> <p>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.</p>
<p>Dasar Penetapan Kapasitas Produksi</p>	<p>Dalam pemilihan kapasitas rancangan pabrik bioetanol ada beberapa pertimbangan, yaitu:</p> <p>1) Kebutuhan Bioetanol</p> <p>Produksi bioetanol di Indonesia diperkirakan akan mengalami pertumbuhan yang cukup signifikan. Pada kurun pertama 2007-2010 selama 3 tahun pemerintah memerlukan rata-rata 30.833.000 liter bioetanol per bulan. Dari total kebutuhan itu Cuma 137.000 liter bioetanol setiap bulan yang terpenuhi atau 0,4%. Itu berarti setiap bulan pemerintah kekurangan pasokan 30.696.000 liter bioetanol untuk bahan bakar. Pangsa pasar yang sangat besar belum terpenuhi lantaran saat ini baru PT Molindo Raya Industrial yang memasok Pertamina. Dari produksi 150.000 liter, Molindo memasok 15.000 liter per hari.</p> <p>2) Ketersediaan bahan baku</p> <p>Indonesia memiliki banyak pabrik gula tebu, baik yang dikelola oleh Negara (PT Perkebunan Nusantara/PTPN) maupun swasta. Data statistik dari Direktorat Jendral Perkebunan, Kementrian Pertanian menunjukkan bahwa produksi gula meningkat dari tahun ke tahun (tabel 1.1). Direktorat Jendral Perkebunan (2009b) juga melaporkan bahwa produksi tebu nasional adalah 33 juta ton/tahun dan saat ini terdapat 58 pabrik gula dengan kapasitas giling total 195.622 ton tebu per hari (TTH). Sementara itu, data P3GI (2010) menunjukkan terdapat 15 perusahaan dengan 62 pabrik gula dengan jumlah tebu yang digiling 28,9111 juta ton.</p>

	<p>3) Kapasitas minimum pabrik yang ada di dunia. Dalam penentuan kapasitas pabrik juga didasarkan atas kapasitas minimum pabrik yang ada di dunia.</p>																												
<p>Dasar penetapan lokasi pabrik</p>	<p>Lokasi pendirian pabrik bioetanol dari jerami di pilih di Malang, Jawa Timur. Pertimbangannya dijelaskan sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ditinjau dari lokasi sumber bahan baku Lokasi ini dipilih karena berdekatan dengan sumber bahan baku (ampas tebu). <p style="text-align: center;">Tabel 1.4 Data Produksi Tebu</p> <table border="1" data-bbox="483 723 1444 1005"> <thead> <tr> <th>Pabrik</th> <th>Kapasitas Giling Tebu (Ton/tahun)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PG Kebon Agung</td> <td>1.260.000</td> </tr> <tr> <td>PG Krebbe Baru I</td> <td>1.170.000</td> </tr> <tr> <td>PG Krebbe II</td> <td>990.000</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>3.420.000</td> </tr> </tbody> </table> <p>Data pabrik gula diatas merupakan beberapa pabrik gula yang mengolah tebu di daerah Jawa Timur, menunjukkan bahwa bahan baku yang tersedia sangat melimpah.</p> <p style="text-align: center;">Tabel 1.5 Jumlah PG dan Kapasitas terpasang Industri Gula Indonesia</p> <table border="1" data-bbox="579 1279 1444 1675"> <thead> <tr> <th>Provinsi</th> <th>Jumlah PG (unit)</th> <th>Total Kapasitas (TCD)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Jawa Barat</td> <td>5</td> <td>13.030</td> </tr> <tr> <td>Jawa Tengah</td> <td>10</td> <td>25.160</td> </tr> <tr> <td>Jawa Timur</td> <td>31</td> <td>90.430</td> </tr> <tr> <td>Sumatera</td> <td>8</td> <td>58.240</td> </tr> <tr> <td>Sulawesi</td> <td>4</td> <td>10.980</td> </tr> </tbody> </table> <p>Dasar pemilihan lokasi di Jawa Timur dikarenakan Jawa Timur merupakan provinsi yang mempunyai jumlah unit pabrik gula terbanyak di Indonesia dengan total kapasitas 90.4230 TCD yang merupakan sumber produksi ampas tebu.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Ditinjau dari area pemasaran produk Dalam pemasaran produk, produk yang dihasilkan dapat dengan mudah didistribusikan melalui jalur transportasi darat. Wilayah 	Pabrik	Kapasitas Giling Tebu (Ton/tahun)	PG Kebon Agung	1.260.000	PG Krebbe Baru I	1.170.000	PG Krebbe II	990.000	Total	3.420.000	Provinsi	Jumlah PG (unit)	Total Kapasitas (TCD)	Jawa Barat	5	13.030	Jawa Tengah	10	25.160	Jawa Timur	31	90.430	Sumatera	8	58.240	Sulawesi	4	10.980
Pabrik	Kapasitas Giling Tebu (Ton/tahun)																												
PG Kebon Agung	1.260.000																												
PG Krebbe Baru I	1.170.000																												
PG Krebbe II	990.000																												
Total	3.420.000																												
Provinsi	Jumlah PG (unit)	Total Kapasitas (TCD)																											
Jawa Barat	5	13.030																											
Jawa Tengah	10	25.160																											
Jawa Timur	31	90.430																											
Sumatera	8	58.240																											
Sulawesi	4	10.980																											

	<p>Malang juga berdekatan dengan pelabuhan yang ada di Surabaya dan di Banyuwangi untuk pemasaran diluar Pulau Jawa. Sehingga produk bioetanol akan mudah dipasarkan untuk memenuhi kebutuhan Pulau Jawa dan luar Jawa.</p> <p>3. Alat angkutan (transportasi)</p> <p>Transportasi dapat optimal ditinjau dari segi biaya dan angkut yang ditempuh.</p> <p>4. Buruh dan tingkat upahnya</p> <p>Diharapkan dapat diperoleh tenaga kerja terampil dan terlatih dengan gaji tinggi.</p> <p>5. Sumber air</p> <p>Lokasi yang dipilih dekat dengan sumber air yang mana sangat diperlukan dalam proses produksi.</p> <p>Produksi limbah ampas tebu di Indonesia cukup besar, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu energi alternatif. Penggunaan ampas tebu sebagai bahan baku pembuatan bioethanol merupakan salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan energi di Indonesia karena kandungan selulosanya cukup besar yakni 52,7 % dan hemiselulosa 17,5 %. Hal inilah yang mendasari pemilihan pembangunan pabrik bioetanol dari ampas tebu.</p>
Proses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terdapat 2 proses dalam membuat bioetanol dari jerami, <ul style="list-style-type: none"> - Proses Separate-Hydrolysis-Fermentation (SHF) - Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) <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</p>

	produksi etanol dengan proses SSF dan purifikasinya dengan membrane pervaporasi.
--	--

Bahan Baku

Jenis	Ampas Tebu (baggase)
Spesifikasi	<p>1. Ampas Tebu</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Wujud : grain ◆ Komposisi <ul style="list-style-type: none"> : Hemiselulosa 25% : Selulosa 50% : Lignin 25% ◆ Kadar air : maksimal 15% ◆ Butir rusak : maksimal 16% ◆ Kotoran : maksimal 2%
Kebutuhan	– Ampas Tebu : 63.131,31 kg/jam
Asal	– Ampas tebu didapatkan dari PTPN tebu yang ada di daerah Jawa Timur

Produk

Jenis	Bioetanol
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> • Kadar Metanol : 300 mg/L, Max • Berat molekul : 46 kg/ kgmol • Densitas : 0,7912 kg/m³ • Titik didih : 78,4 °C • Densitas pada 20 °C : 0,7893 gr/ml • Viskositas pada 20 °C : 1,17 cp • Kelarutan dalam air, pada 20 °C : larut
Daerah pemasaran	Di seluruh wilayah Indonesia, khususnya Pulau Jawa dan Sumatra.

II. DIAGRAM ALIR PROSES DAN PENERACAAN

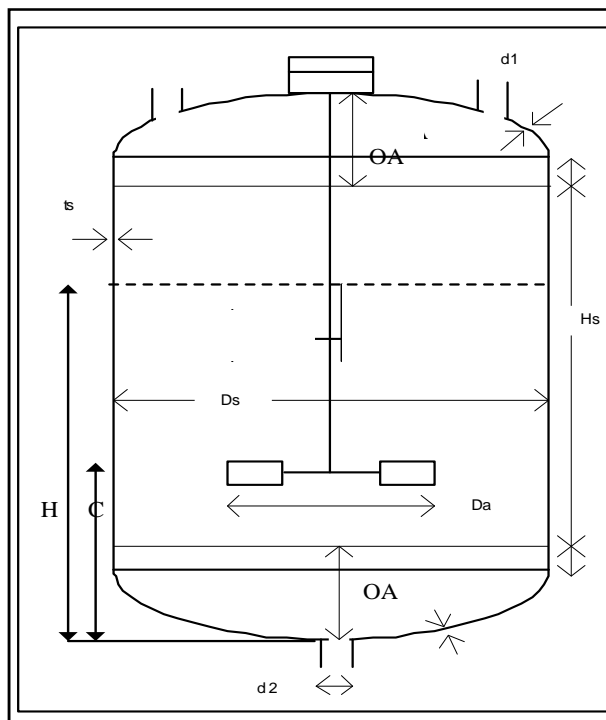
2.1. Gambar Flowsheet, instrumen dan kondisi operasinya.

(Terlampir)

III. PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

3.1 Spesifikasi Alat Utama

1. TANGKI PRE TREATMENT (TH-160)



Keterangan :

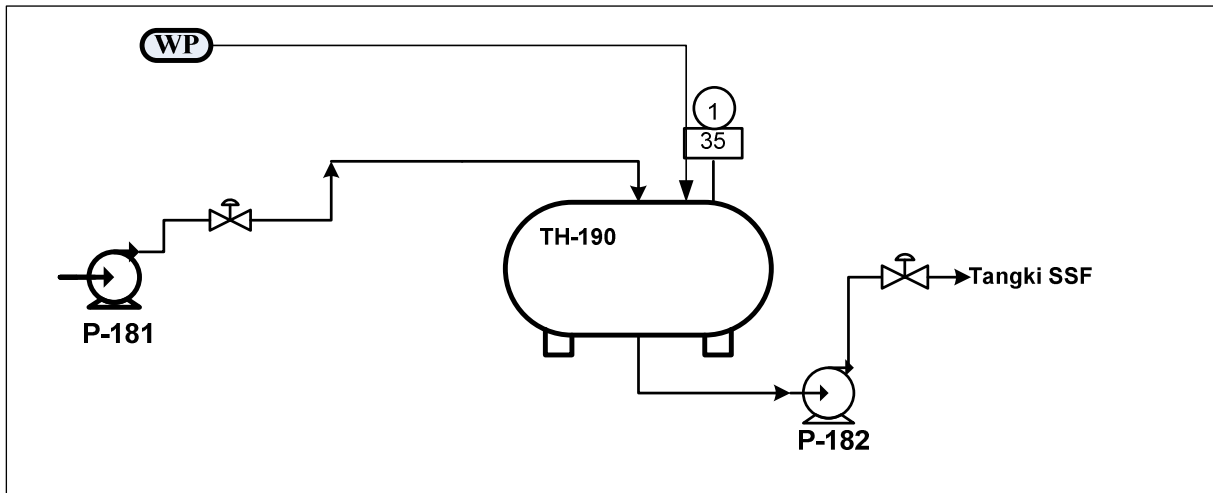
- DS : Diameter shell
- HS : Tinggi shell
- OA : Tinggi dish
- C : Jarak Propeler dari dasar tangki
- Da : Diameter propeler
- d2 : Diameter Outlet
- d1 : Diameter Input
- H : Tinggi Liquid

Gambar 1. Tangki Pretreatment

Kode	: TH-160
Fungsi	: Sebagai tempat pemasakan / cooking
Kondisi operasi	: 95 ⁰ C
Tekanan	: 1 atm
Kapasitas	: 23569,5 Ft ³ /jam
Jumlah	: 2 tangki
Bahan Konstruksi	: stainless stell tipe 304 grade 3 (SA-167)
Head dan Bottom	:
Jenis	= Thorisperical
Tebal	= 1/2 in

Tinggi = 28,6 in
Tinggi tangki : 29 ft
Power Pengaduk : 4 HP

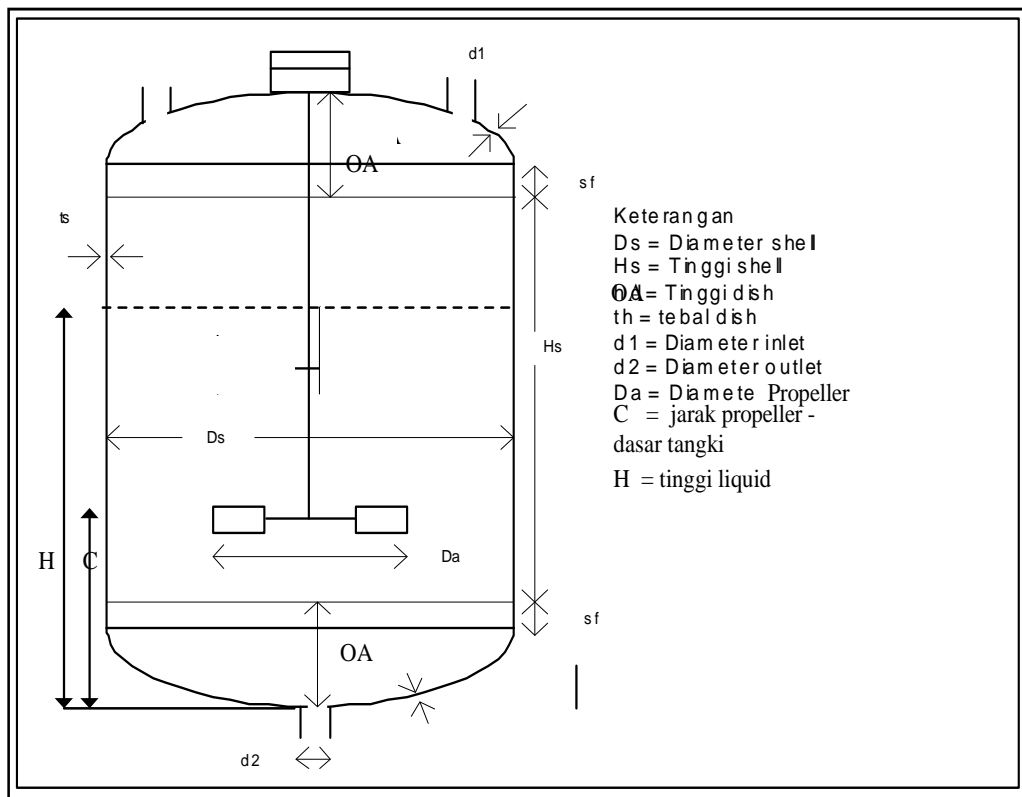
3. POMPA (P-182)



Gambar 2. Pompa Mengalirkan Slurry dari T.Holding menuju T. SSF

Kode : P-182
Fungsi : Mengalirkan Slurry dari T.Holding menuju T. SSF
Tipe : Recirprocating Piston
Kapasitas : 1,37 Ft³/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 Ft²

4. TANGKI SSF (SIMULTANEOUS SACCHARIFICATION AND FERMENTATION) (SF-310)

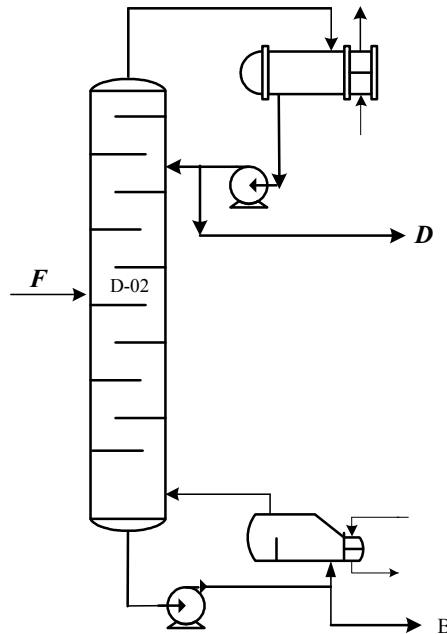


Gambar 3. Tangki SSF

Kode	: F-310
Fungsi	: Sebagai tempat untuk terjadinya proses fermentasi utama
Kondisi operasi	: 35 °C
Tekanan	: 2 atm
Kapasitas	: 2821,034 Ft ³ /jam
Jumlah	: 12 tangki
Bahan Konstruksi	: stainless stell tipe 304 grade 3 (SA-167)
Dimensi Tangki	:
Diameter	: 14 Ft
Tebal	: 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)(ft²)(°F)
 Desaign overall Koef.(UD): 247,63 Btu/ (Hr)(ft²)(°F)
 Luas Perpindahan Panas : 78,4 ft²

6. MENARA DISTILASI (D-311)

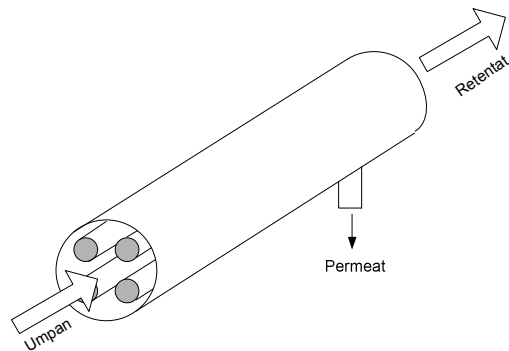


Gambar 4. Menara destilasi

Kode : D-311
 Fungsi : Memurnikan produk etanol 94% 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 5. 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 pervaporasi : 10,1 cm
 b. Diameter housing pervaporasi : 46 cm
 Panjang Tube : 1,25 m

3.2. Utilitas

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

IV. PERHITUNGAN EKONOMI

Physical Plant Cost (PPC)	US \$ 52.573.373,46
Fixed Capital	US \$ 71.920.374,89
Working Capital	US \$ 12.852.787,19
Total Capital Investment	US \$ 89.820.205,93
ANALISIS KELAYAKAN	
Return on Investment (ROI)	Before tax : 30,009 % after tax : 25,007 %
Pay Out Time (POT)	Before tax : 3.33 Tahun After tax : 4 Tahun
Break Event Point (BEP)	42,71 %
Shut Down Point (SDP)	16,41 %
Discounted Cash Flow (DCF)	39 %
Umur Pabrik (n)	9 Tahun

