

EXECUTIVE SUMMARY
TUGAS PERANCANGAN PABRIK KIMIA



PRAPERANCANGAN PABRIK BIOETANOL BERBAHAN BAKU *CORN STOVER*
DENGAN KAPASITAS 132.000 KL/TAHUN

Oleh :

Arum Syafeka S.P.

NIM. L2C607008

Setyo Aji Wijayanto

NIM. L2C607052

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

2011

EXECUTIVE SUMMARY

JUDUL TUGAS	PRAPERANCANGAN PABRIK BIOETANOL BERBAHAN BAKU CORN STOVER DENGAN KAPASITAS 132.000 KL/TAHUN
	KAPASITAS PRODUKSI 132.000 KL/tahun

I. STRATEGI PERANCANGAN

Latar Belakang	<ul style="list-style-type: none"> • Krisis energi. • Ketersediaan minyak bumi yang menipis yang mendorong kebutuhan untuk mencari sumber energi baru yang dapat diperbaharui. • Bioetanol memiliki keunggulan mampu menurunkan emisi gas rumah kaca, karena dengan mencampurkan etanol pada bahan bakar minyak menyebabkan bertambahnya suplai oksigen ekstra yang akan menurunkan kadar monoksida. • Kebijakan energi nasional, untuk memenuhi target substitusi bahan bakar dengan bahan bakar nabati. • <i>Corn stover</i> merupakan bahan baku bioetanol yang dipilih pada pra perancangan pabrik ini karena yield yang tinggi, pertimbangan ekonomi, serta ketersediaannya di Indonesia.
Dasar Penetapan Kapasitas Produksi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ketersediaan bahan baku Propinsi Lampung menghasilkan <i>Corn Stover</i> sebesar 2 juta ton/tahun 2. Kebutuhan produk Total kebutuhan bioetanol untuk energi di Indonesia yaitu 3 juta kL bioetanol per tahun dan baru dapat terpenuhi sekitar 14 %, oleh karena itu dibangun pabrik bioetanol untuk membantu memenuhi kekurangan kebutuhan tersebut.. <p>Atas pertimbangan – pertimbangan tersebut, kapasitas untuk pabrik bioetanol yang akan kami rancang adalah 400 Kiloliter/hari atau 132.000 kiloliter/tahun.</p>
Dasar penetapan lokasi pabrik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ketersediaan Bahan Baku Utama Lampung merupakan salah satu penghasil <i>corn stover</i> terbesar di Indonesia. 2. <i>Weight Gain</i> dan <i>Weight Loss</i> Pabrik etanol yang akan didirikan termasuk ke dalam pabrik yang bersifat <i>weight loss</i>, karena untuk menghasilkan 1 liter bioetanol dibutuhkan kurang lebih 5 kg <i>corn stover</i>. Pabrik lebih cocok didirikan di daerah yang dekat dengan bahan baku. 3. Pemasaran Produk Lampung merupakan daerah yang berada di Sumatera bagian selatan dan terdapat pelabuhan Bakauheni yang dapat dimanfaatkan sebagai tempat pengiriman produk untuk memasok etanol untuk daerah sekitarnya 4. Ketersediaan Air dan Listrik serta Utilitas Lainnya Fasilitas utilitas meliputi penyediaan air, bahan bakar, dan listrik.

<p>Dasar penetapan lokasi pabrik (cont)</p>	<p>Kebutuhan listrik dapat dipenuhi dengan listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan juga menyediakan generator listrik sendiri. Untuk sarana penyediaan air dapat diperoleh dari air sungai dan air laut. Di provinsi Lampung banyak terdapat sungai, seperti Way Seputih dan Way Sekampung. Sedangkan bahan bakar industri dapat dipasok dari Dumai.</p> <p>5. Ketersediaan Tenaga Kerja Lokasi pabrik diusahakan berada pada daerah yang masyarakatnya mempunyai latar pendidikan yang cukup maju sehingga bisa memperoleh tenaga kerja di sekitar lokasi pabrik dan dapat meminimalkan upah tenaga kerja. Di Lampung sudah terdapat berbagai institusi pendidikan yang telah mencetak tenaga kerja terdidik. Sehingga tenaga kerja dapat direkrut dari wilayah Lampung dan daerah sekitarnya.</p> <p>6. Pengolahan Limbah Lampung merupakan daerah yang dekat dengan beberapa aliran sungai yang bermuara di laut Jawa, yang akan mempermudah proses pembuangan limbah cair pabrik (berupa air). Sedangkan limbah padat pabrik dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak.</p>
<p>Pemilihan proses</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proses yang dipilih dalam produksi bioetanol ini adalah proses pembuatan bioetanol proses <i>Lurgi</i>. • Proses pembentukan etanol dari <i>corn stover</i> berlangsung dalam tiga tahap yaitu proses persiapan bahan baku, fermentasi, dan pemurnian. <p>Proses pemurnian bioetanol berlangsung dalam dua tahap yaitu distilasi pertama menghasilkan etanol 75%, kemudian distilasi kedua untuk memperoleh etanol dengan kadar 95% dan dehidrasi menggunakan membran pervaporasi sehingga diperoleh etanol dengan kadar 99,5%</p>

Bahan baku utama																	
Jenis	Corn Stover																
Spesifikasi	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Kandungan</th> <th style="text-align: center;">Jumlah (% wt)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cellulose / glucan</td> <td style="text-align: center;">40,9 %</td> </tr> <tr> <td>Xylan</td> <td style="text-align: center;">21,5 %</td> </tr> <tr> <td>Arabinan</td> <td style="text-align: center;">1,8 %</td> </tr> <tr> <td>Mannan</td> <td style="text-align: center;">0 %</td> </tr> <tr> <td>Galactan</td> <td style="text-align: center;">1,0 %</td> </tr> <tr> <td>Lignin</td> <td style="text-align: center;">18 %</td> </tr> <tr> <td>Debu</td> <td style="text-align: center;">17 %</td> </tr> </tbody> </table>	Kandungan	Jumlah (% wt)	Cellulose / glucan	40,9 %	Xylan	21,5 %	Arabinan	1,8 %	Mannan	0 %	Galactan	1,0 %	Lignin	18 %	Debu	17 %
	Kandungan	Jumlah (% wt)															
	Cellulose / glucan	40,9 %															
	Xylan	21,5 %															
	Arabinan	1,8 %															
	Mannan	0 %															
	Galactan	1,0 %															
	Lignin	18 %															
Debu	17 %																
Sumber: Szulczyk, Kenneth R. 2010																	
Kebutuhan	1681247,70 ton/tahun																
Asal	Lampung																
Produk																	
Jenis	Bioetanol																
Spesifikasi	<i>Fuel grade</i> (kadar 99,5-100%)																
Laju produksi	132.000 KL/tahun																
Daerah pemasaran	Pulau Sumatra, Jawa dan sekitarnya																

II. DIAGRAM ALIR PROSES DAN PENERACAAN

2.1 DIAGRAM ALIR PROSES

(Diagram alir proses terlampir)

2.2 NERACA MASSA DAN PANAS

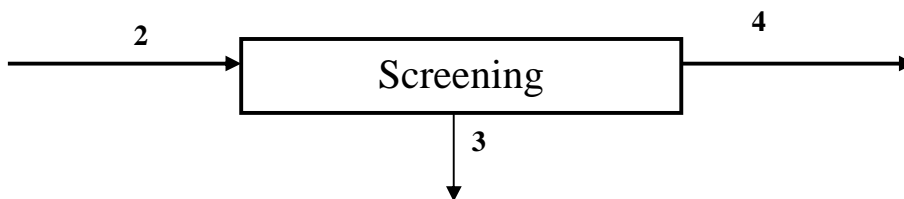
2.2.1 Neraca Massa

1. Neraca Massa di Unit *Hammer Mill*



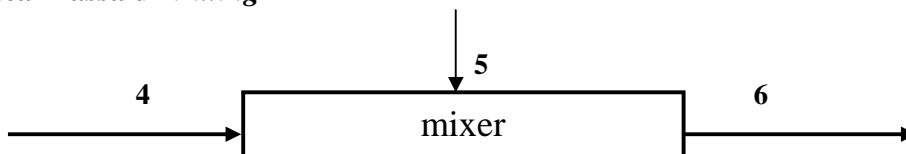
Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	1	2
Corn Stover	5094690.00	5094690.00
Jumlah	5094690.00	5094690.00

2. Neraca Massa di Unit *Screening (SC)*



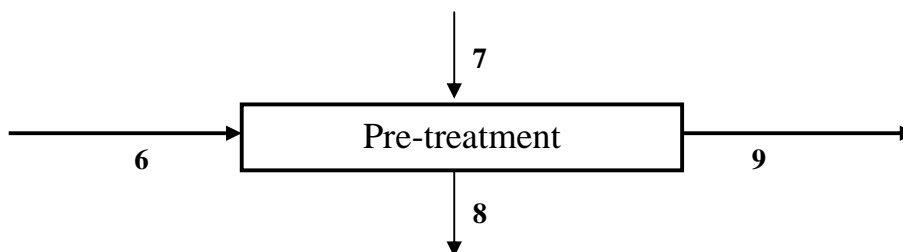
Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	2	3	4
Corn Stover	5094690.00	50946.90	4941849.30
Jumlah		50946.90	4941849.30
	5094690.00	5094690.00	

3. Neraca Massa di *Mixing*



Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	4	5	6
Cellulose/glucan	2011332.67	0	2011332.67
Xylan	1062497.60	0	1062497.60
Arabinan	88953.29	0	88953.29
Mannan	0	0	0
Galactan	49418.49	0	49418.49
Lignin	889532.87	0	889532.87
Debu	840114.38	0	840114.38
Air		28003812.70	28003812.70
Jumlah	4941849.30	28003812.70	32945662.00
	32945662.00		32945662.00

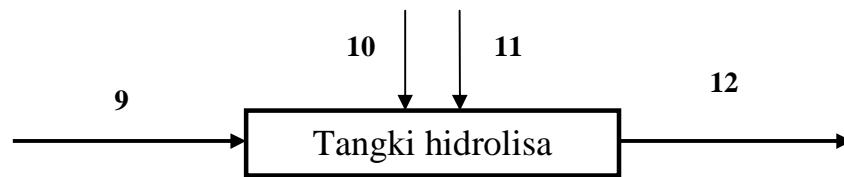
4. Neraca Massa di Unit Alkaline Pre-treatment



Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	6	7	8	9
Cellulose/glucan	2011332.67	0	0	2011332.67
Xylan	1062497.60	0	0	1062497.60
Arabinan	88953.29	0	0	88953.29
Mannan	0	0	0	0
Galactan	49418.49	0	0	49418.49
Lignin	889532.87	0	889532.87	0

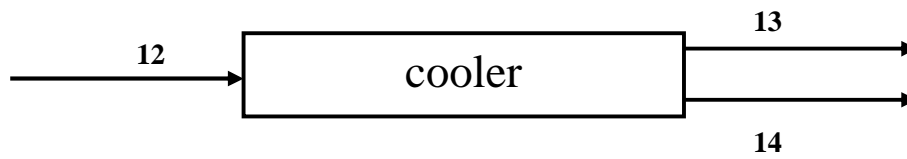
Debu	840114.38	0	840114.38	0
Air	28003812.70	0	0	28003812.70
NaOH	0	658913.24	0	658913.24
Jumlah	32945662	658913.24	1729647.25	31874927,99
	33604575.24		33604575.24	

5. Neraca Massa di Unit Tangki Hidrolisa



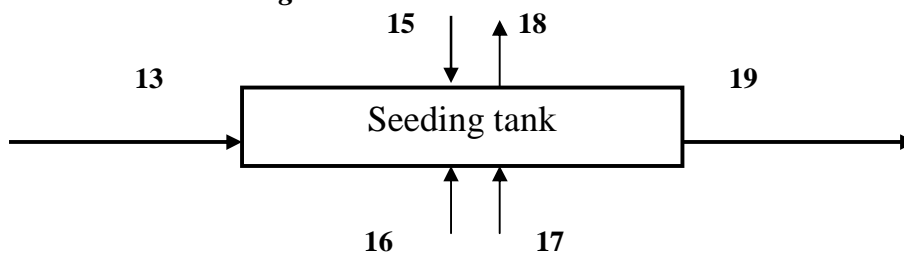
Input (kg/jam)				Output (kg/jam)	
Komponen	9	10	11	Komponen	Massa (kg)
Cellulose/glucan	2011332.67			H ₂ O sisa	27791505.39
Xylan	1062497.60			Cellulose/glucan	100566.63
Arabinan	88953.29			Xylan	1062497.60
Mannan	0.00			Arabinan	88953.29
Galactan	49418.49			Mannan	0.00
Air	28003812.70			Galactan	49418.49
NaOH	658913.24			NaOH	658913.24
xylanase		11715.75		Xylanase	11715.75
H ₂ SO ₄ 98%			31.02	Glukosa	2123073.37
Air			0.03	H ₂ SO ₄ 98 %	31.02
	31874927.99	11715.75	31.05		
Total	31886674.78			Total	31886674.78

6. Neraca Massa di Unit Cooler



Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	12		13	14
H ₂ O sisa	27791505.39		2779150.54	25012354.85
Cellulose/glucan	100566.63		10056.66	90509.97
Xylan	1062497.60		106249.76	956247.84
Arabinan	88953.29		8895.33	80057.96
Mannan	0.00		0.00	0.00
Galactan	49418.49		4941.85	44476.64
NaOH	658913.24		65891.32	593021.92
<i>Xylanase</i>	11715.75		1171.58	10544.18
Glukosa	2123073.37		212307.34	1910766.03
H ₂ SO ₄ 98 %	31.02		3.10	27.92
	31886674.78		3188667.48	28698007.31
Jumlah	31886674.78		31886674.78	

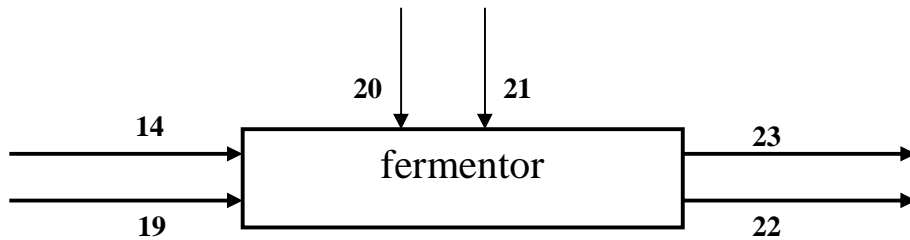
7. Neraca Massa di Unit Seeding Tank



Komponen	Input (kg/jam)				Output (kg/jam)	
	13	15	16	17	18	19
H ₂ O sisa	2779150.54					2779155.81
cellulose/glucan	10056.66					10056.66
Xylan	106249.76					106249.76

Arabinan	8895.33		8895.33
Mannan	0.00		0.00
Galactan	4941.85		4941.85
NaOH	65891.32		65891.32
Xylanase	1171.58		1171.58
Glukosa	212307.34		212289.62
H2SO4 98 %	3.10		3.10
<i>S. cerevisiae</i>	1.25		
Udara	21.28	16.81	
Nutrien	2546.00		2546.00
CO ₂		4.52	
Biomass			0.50
Total	3191236.01	Total	3191236.01

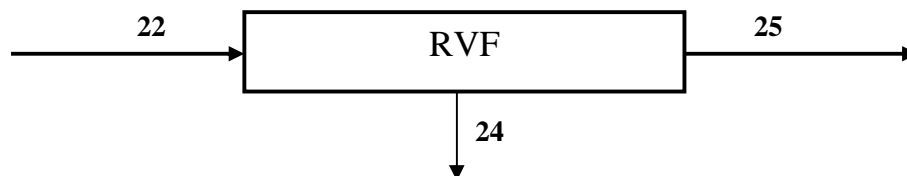
8. Neraca Massa di *Fermentor Tank*



Komponen	Input (kg/jam)				Output (kg/jam)	
	19	14	20	21	23	22
H ₂ O	2779155.81	25012354.85				27793041.49
cellulose/glucan	10056.66	90509.97				100566.63
Xylan	106249.76	956247.84				1062497.60
Arabinan	8895.33	80057.96				88953.29
Mannan	0.00	0.00				0.00

Galactan	4941.85	44476.64				49418.49
NaOH	65891.32	593021.92				658913.24
<i>Xylanase</i>	1171.58	10544.18				11715.75
Glukosa	212289.62	1910766.03				106152.783
H2SO4 98 %	3.10	27.92				31.02
Biomass	0.496448825					15284.83048
Nutrien sisa	2546.000116					
Antifoam			31912.36			31912.36011
Urea				10615.26		
(NH ₄)H ₂ PO ₄				2123.06		
CO ₂					986041.403	
C ₂ H ₅ OH						1031866.557
Amyl Alkohol						608.2082654
Isoamil Alkohol						1602.989581
Butanol						319.5670547
Propanol						87.62322468
Total	31933859.527			31933859.527		

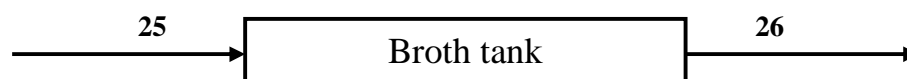
9. Neraca Massa di *Rotary Vacuum Filter*



Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		24	25
C ₂ H ₅ OH	1031866.55674	51593.32784	980273.22890
Amyl Alkohol	608.20827	30.41041	577.79785

Isoamil Alkohol	1602.98958	80.14948	1522.84010
Butanol	319.56705	15.97835	303.58870
Propanol	87.62322	4.38116	83.24206
H ₂ O	27793041.49051	1389652.07453	26403389.41599
Cellulose / glucan	100566.63326	100063.8001	502.83317
Xylan	1062497.59950	1057185.112	5312.48800
Arabinan	88953.28740	88508.52096	444.76644
Mannan	0.00000	0	0.00000
Galactan	49418.49300	49171.40054	247.09247
NaOH	658913.24000	655618.6738	3294.56620
<i>xylanase</i>	11715.75300	11657.17423	58.57876
Glukosa	106152.78262	105622.0187	530.76391
H ₂ SO ₄ 98 %	31.01667	30.8615878	0.15508
Biomass	15284.83048	15208.40633	76.42415
Antifoam	31912.36011	31752.79831	159.56180
		3556195.08782	27396777.34359
Total	30952972.43141	30952972.43141	

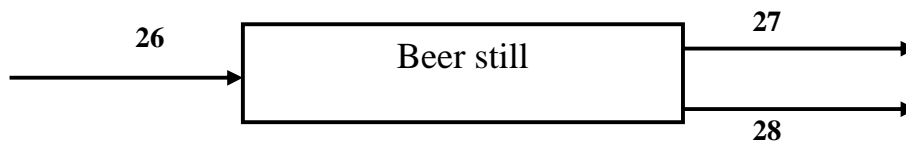
10. Neraca Massa di *Broth Tank*



Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	25	26
C ₂ H ₅ OH	980273.22890	980273.22890
Amyl Alkohol	577.79785	577.79785
Isoamil Alkohol	1522.84010	1522.84010
Butanol	303.58870	303.58870
Propanol	83.24206	83.24206
H ₂ O	26403389.41599	26403389.41599

Cellulose / glucan	502.83317	502.83317
Xylan	5312.48800	5312.48800
Arabinan	444.76644	444.76644
Mannan	0.00000	0.00000
Galactan	247.09247	247.09247
NaOH	3294.56620	3294.56620
<i>xylanase</i>	58.57876	58.57876
Glukosa	530.76391	530.76391
H2SO4 98 %	0.15508	0.15508
Biomass	76.42415	76.42415
Antifoam	159.56180	159.56180
Total	27396777.34359	27396777.34359

11. Neraca Massa di *Beer Still*



komponen	Input (kg/jam)	Komponen	Input (kg/jam)
	26	28	27
C2H5OH	40844.71787	205.0393366	40639.67853
propanol	3.46841931	2.718419325	0.75000
H2O (HK)	1100141.226	996078.8538	104062.37185
butanol	12.64952925	12.64952899	2.61036E-07
Amyl Alkohol	24.07491051	24.07481279	9.77129E-05
Isoamil Alkohol	63.45167091	63.45156199	0.00010892
Cellulose / glucan	20.95138193	20.95138193	
Xylan	221.3536666	221.3536666	
Arabinan	18.53193487	18.53193487	
Mannan	0	0	

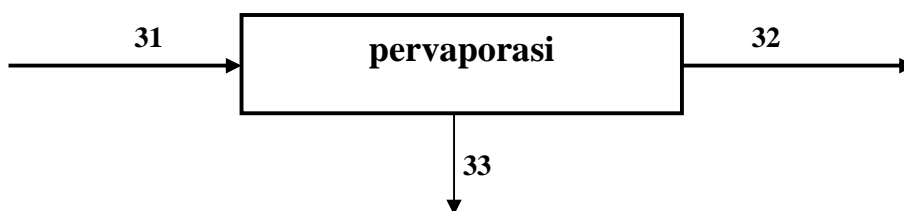
Galactan	10.29551938	10.29551938	
NaOH	137.2735917	137.2735917	
xylanase	2.440781875	2.440781875	
Glukosa	22.11516305	22.11516305	
H2SO4 98 %	0.006461806	0.006461806	
Biomass	3.184339683	3.184339683	
Antifoam	6.648408355	6.648408355	
		996829.58872	144702.80059
total	1141532.389	1141532.389	

12. Neraca Massa di Distilasi



Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	27	30	29
C ₂ H ₅ OH (LK)	40639.679	203.5463563	40436.1322
Propanol	0.750	0.652538368	0.0975
H ₂ O (HK)	104062.372	98641.61208	5420.7598
Butanol	2.61036E-07	2.61036E-07	2.78508E-15
Amyl Alkohol	0.00010892	9.77128E-05	7.28574E-11
Isoamil Alkohol	9.77129E-05	0.00010892	3.19965E-11
		98845.81	45856.9894
Total	144702.80	144702.80	

18. Neraca Massa di Unit Membran Pervaporasi



Komponen	Input (kg/jam)	Komponen	Output (kg/jam)
	31	32	33
C ₂ H ₅ OH	40436.13218	13029.09685	27407.03533
Propanol	0.097461617	0.00055268	0.096908937
H ₂ O	5420.75977	0.157156104	5420.602614
Butanol	2.78508E-15	1.77931E-17	2.76729E-15
Amyl Alkohol	7.28574E-11	5.17708E-13	7.23397E-11
Isoamil Alkohol	3.19965E-11	2.2736E-13	3.17691E-11
		13029.25455	32827.73486
Total	45856.98941	45856.98941	

2.2.1 Neraca Panas

1. Neraca Panas di Tangki Hidrolisa

Hin (kJ/jam)		Hout (kJ/jam)	
dH	158810528	dH	442276427,8
dH	307,098	Q diserap	14917247,38
dH	37917,824		
Qsuplai	298344948		
Jumlah	457193700		457193700

2. Neraca Panas di Cooler

Hin (kJ/jam)		Hout (kJ/jam)	
dH	1414979116	dH	27301751,71
		dH	2457155765,4
		Q diserap air	1141961599
Jumlah	1414979116		1414979116

3. Neraca Panas di Tangki Fermentor

H in (kJ/jam)		H out (kJ/jam)	
dH	245715765	dH	207533216,3
dH	21023300,5	dH	3975718,937
dH	185410,812	Q diserap	-4288101057
dH	39531,2962		
H reaksi	-4343556110		
Jumlah	-4076592102		-4076592102

4. Menghitung Neraca Panas di Pre Heater Beer Still

ΔH in (kJ/jam)		ΔH out (kJ/jam)	
H	188464501,50	H	2006339235,95
Q suplai	1913552352,06	Qloss	95677617,60
Jumlah	2102016853,55		2102016853,55

5. Menghitung Neraca Panas di Beer Still

H input (kJ/jam)		H output (kJ/jam)	
Hf	83597468,16	H _D	8868097,75
Qs	4687249,815	H _B	74740307,68
		Qc	262076,6512
		Qloss	4414235,899
Jumlah	88284717,98		88284717,98

6. Menghitung Neraca Panas di Unit Distilasi (D-01)

H input (kJ/jam)		H output (kJ/jam)	
Hf	8863509.018	H _D	1519793.076
Qs	622161.3656	H _B	7404149.539

		Qc	87444.24987
		Qloss	474283.5192
Jumlah	9485670.384		9485670.384

7. Menghitung Neraca Panas di Unit Cooler

H input (kJ/jam)		H output (kJ/jam)	
H	530569.7993	H	1193782.048
Qs	698118.157	Qloss	34905.90785
jumlah	1228687.956		1228687.956

III. PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

III.1. Perancangan Alat Proses

1. Gudang Penyimpanan *Corn Stover*

Kode :
 Fungsi : Untuk menyimpan bahan baku *Corn Stover*
 Panjang : 25,581 m
 Lebar : 25,581 m
 Tinggi : 17,054 m
 Volume : 11161,715 m³
 Bahan Konstruksi : Beton

2. Belt Conveyor

Kode : CV-01
 Fungsi : Untuk mengangkut *Corn Stover* dari gudang menuju Hammer Mill
 Type : Troughed Antifriction Idlers (on 20° Idlers)
 Kecepatan Belt : 61 m/menit
 Kapasitas : 205910,3875 kg/jam
 Lebar Belt : 14 in
 Tenaga Motor : 0,5117 hp

3. Pompa

Kode : P-01

Fungsi : Mengalirkan Slurry dari tangki mixing menuju ke tangki hidrolisa

Tipe : Recirprocating Piston

Material : Carbon stell type SA – 283 grade C

Kapasitas Pompa : 3,669 ft³/detik

Tenaga Pompa : 11,049 ft lbf/lbm

Ukuran pipa

Nominal pipe size : 1 ft

Schedule number : 40

ID : 0,9948 ft

OD : 1,0625 ft

Flow area per pipe: 0,139 ft²

4. Fermentor

Kode : F-03

Fungsi : Sebagai tempat terjadinya proses fermentasi pembentukan etanol

Tipe : *Stired Tank* Bioreaktor

Jumlah : 12 buah

Material : Stainless steel 304 grade 3 (SA-167)

Kondisi : Tekanan : 14,7 Psia

Suhu : 32 °C

Fase reaksi: Cair

Yeast : *Saccaromyces cereviceae*

Tinggi : 36 ft

Diameter : 52,73 ft

Volume : 184200 ft³

Material pengaduk : SS 316 dengan tipe *Three Propeller Impeller*

5. Kolom Distilasi

Kode : D-01

Fungsi : Memurnikan etanol menjadi 95 %

Tipe : Sieve tray

Jumlah : 1 buah

Material : Carbon Steel SA 285 Grade C

Tinggi : 23,19 Ft

Diameter : 2,156 m

Kondisi operasi :

Puncak

Tekanan : 1 atm

Suhu : 358,735 K

Umpan

Tekanan : 1 atm

Suhu : 368,9 K

Dasar

Tekanan : 1 atm

Suhu : 373,13 K

6. Membran Pervaporasi

Kode : M-01

Fungsi : Menaikkan kadar etanol menjadi 99,5% (*fuel grade*)

Tipe : Pervaporasi

Modul : Tubular (Shell & Tube)

Bahan : Keramik

Jumlah *channel* dalam satu modul : 19

Jumlah modul dalam satu *housing* : 19

Fluks permeat (J_p) : 0,45 kg/m²jam

Panjang *tube* (L) : 1,39 m

Diameter hidraulik *channel*: 5 mm

Jumlah modul : 2236 modul

Diameter modul : 2,6 cm

Jumlah *housing* : 118 buah

Diameter *Housing* : 11,8 cm

III.2. Utilitas

AIR	
Air untuk keperluan umum (<i>service water</i>)	12,02 m ³ /hari
Air pendingin (<i>cooling water</i>)	50990285,8 m ³ /hari
Air untuk proses (<i>process water</i>)	2177,34 m ³ /hari
Air umpan Boiler (<i>Boiler feed water</i>)	4452657,124 m ³ /hari
Total kebutuhan air	4139333,104 m ³ /hari
Didapat dari sumber	Air sungai
STEAM	
Kebutuhan steam	4452657,124 m ³ /h
Jenis boiler	water tube boiler
LISTRIK	
Kebutuhan listrik	94,69 Kilowatt
Dipenuhi dari	Pembangkit sendiri: 0 Kilowatt
	PLN : 100 Kilowatt
BAHAN BAKAR	
Jenis	Solar

Kebutuhan	293205,12 liter/hari
Sumber dari	Pertamina

IV. PERHITUNGAN EKONOMI

Physical Plant Cost (PPC)	Rp. 1.765.175.316.316,00
Fixed Capital Investment (FCI)	Rp. 2.541.852.455.495,00
Working Capital Investment (WCI)	Rp. 509.015.005.472,00
Total Capital Investment (TCI)	Rp. 3.156.777.979.946,00
ANALISIS KELAYAKAN	
Return on investment (ROI)	Before tax : 14 % After tax : 11 %
Pay out time (POT)	Before tax : 4,3 tahun After tax : 4,9 tahun
Break event point (BEP)	51,64 %
Shut down point (SDP)	23,94 %
Discounted Cash Flow (DCF)	5,57 %