

EXECUTIVE SUMMARY

JUDUL TUGAS	PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI MOLASE	
	DENGAN PROSES FERMENTASI	
	KAPASITAS PRODUKSI	11.200 kiloliter/tahun

I. STRATEGI PERANCANGAN

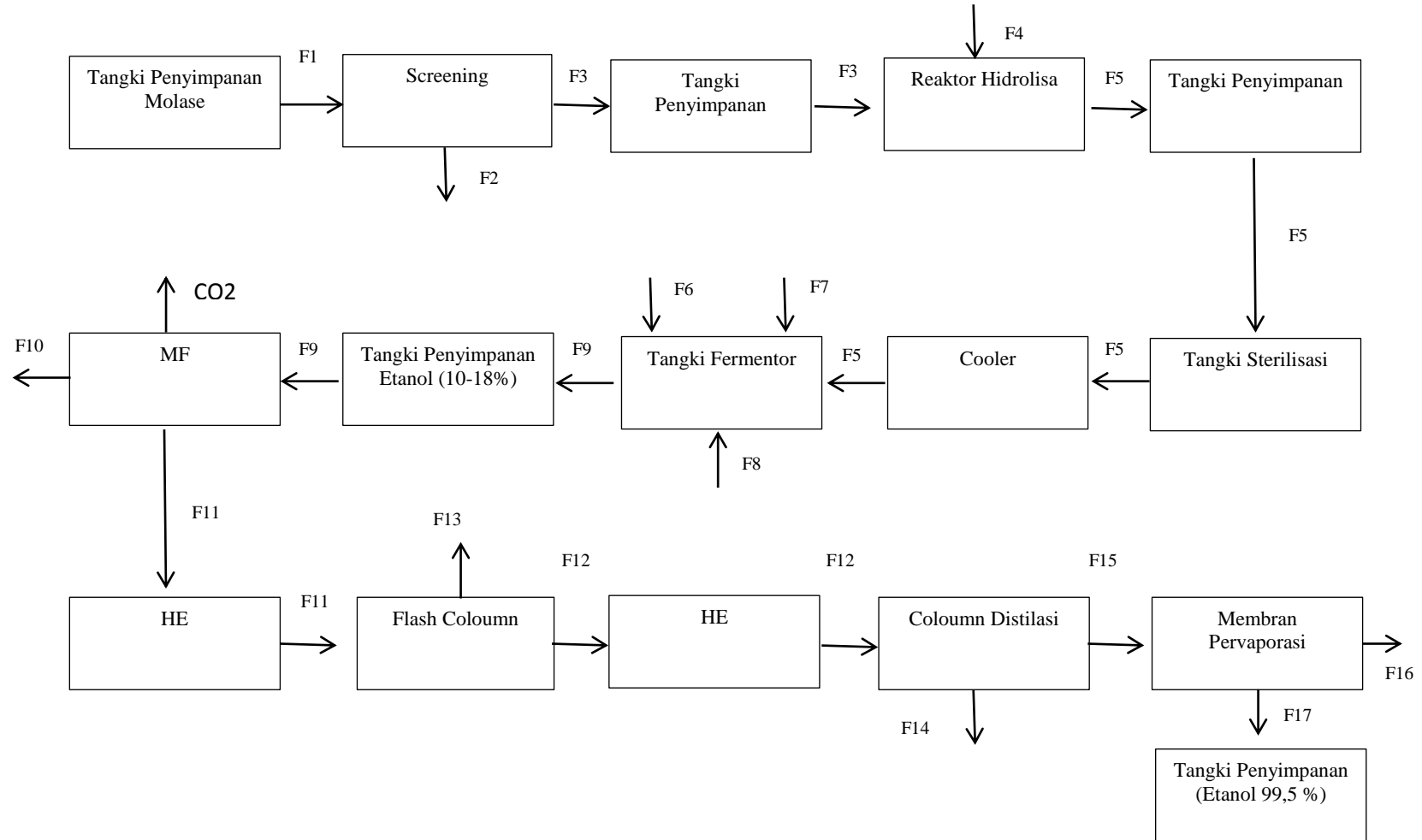
Latar belakang	<p>Pendirian pabrik bioetanol di Indonesia dilatarbelakangi oleh ketergantungan dunia terhadap bahan bakar fosil. Keadaan ini mendorong Negara-negara industri mencari sumber energi alternatif seperti etanol, metana, dan hidrogen. Bioetanol menjadi pilihan utama dunia karena senyawa ini dapat terus diproduksi baik secara fermentasi maupun sintesis kimia</p>
Dasar penetapan kapasitas produksi	<p>Penetapan kapasitas produksi didasarkan oleh 3 hal yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diperkiraan pada tahun 2015 kapasitas nasional produksi etanol sebesar ± 70.000 ton/tahun, impor etanol mengalami kenaikan sebesar ± 2.800 ton/tahun, ekspor etanol sebesar ± 37.500 ton/tahun, sehingga kebutuhan etanol dalam negeri ± 35.300 ton/ tahun. Pabrik ini direncanakan dapat memenuhi 25% dari kebutuhan dalam negeri yaitu 9.000 ton/tahun (11.200 kiloliter/tahun). 2. Road map pemanfaatan biofuel, Indonesia pada tahun 2011-2015 membutuhkan 2,78 juta kL bioethanol sebagai konsumsi 10% Gasoline (Ditjen Migas 2009). 3. Bahan baku yang berupa tetes tebu (<i>molasses</i>) dapat diperoleh dari beberapa pabrik gula PTP Nusantara IX (kawasan Solo-Semarang) dengan jumlah 13 unit pabrik gula kapasitas tetes tebu 99.580 ton/tahun (PT Kharisma Pemasaran Bersama Nusantara).
Dasar penetapan lokasi pabrik	<p>Lokasi pabrik bioetanol ditetapkan di Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah dengan alasan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Penyediaan bahan baku Lokasi pabrik dipilih mendekati sumber bahan baku untuk mengurangi biaya transportasi dan kehilangan bahan baku dalam transportasi. Bahan baku tetes tebu diperoleh dari pabrik gula kawasan Solo-Semarang. 2. Penyediaan listrik Kebutuhan listrik dapat dipenuhi dengan menyediakan genset sendiri.

	<p>Sehingga sewaktu-waktu terjadi gangguan listrik dari PLN maka pabrik tidak mengalami kerugian sebagai akibat terhentinya produksi.</p> <p>3. Penyediaan air Di daerah Karanganyar, air untuk proses cukup tersedia karena dekat dengan sungai Bengawan Solo.</p> <p>4. Transportasi Transportasi memadai sehingga akan mempermudah pengangkutan bahan baku dan produk.</p> <p>5. Tenaga kerja Tenaga kerja di daerah Jawa sehingga akan dengan didirikannya pabrik akan mampu menyerap tenaga kerja dan menunjang program pemerintah untuk mengurangi pengangguran.</p>
Pemilihan proses	<ul style="list-style-type: none"> • Proses yang dipilih dalam produksi bioetanol ini adalah proses biosintesa (fermentasi). Proses ini melibatkan aktivitas mikroba khamir dari spesies <i>Saccaromyces Cerevisiae</i> pada kondisi anaerob. • Proses pembentukan etanol dari molase diawali dengan proses pemisahan abu dari dalam bahan baku molase, proses hidrolisa sukrosa pada molase menjadi glukosa, dan proses fermentasi glukosa menjadi etanol. • Proses pemurnian bioetanol berlangsung dalam tiga tahap yaitu flash coloumn, distilasi coloumn dan pemisahan dengan membran pervaporasi sehingga diperoleh produk bioetanol dengan kadar 99%.
BAHAN BAKU	
Nama	Molase
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> - Wujud : cair - Kandungan : Glukosa 21,7% berat <li style="padding-left: 100px;">: Sukrosa 34,19 % berat <li style="padding-left: 100px;">: Air 26,49 % berat <li style="padding-left: 100px;">: Abu 17,62 % berat
Kebutuhan	39.141,7 ton/tahun
Asal	PTP Nusantara IX (kawasan Solo-Semarang)

PRODUK	
Jenis	Etanol (99%)
Spesifikasi	<u>Sifat-Sifat Fisis</u> - Wujud : Cair - Warna : jernih - Titik didih : 78 ⁰ C - Berat molekul : 46 - Specific gravity : 1,62
Laju produksi	11.200 kl/tahun
Penjualan	Memenuhi 25% kebutuhan bioethanol dalam negeri. Wilayah pemasaran meliputi Jawa & Sumatra.

II. DIAGRAM ALIR DAN PENERACAAN

1.1. Diagram Alir



Neraca Massa Total Tiap Komponen (kg/jam)

Komponen	Arus (Kg/jam)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C_{12}H_{22}O_{11}$	1.858,68	0	1.858,68	0	0	0	0	0	0	0
$C_6H_{12}O_6$	1.179,68	0	1.179,68	0	3.136,20	0	0	0	62,72	62,72
H_2O	1.440,09	0	1.440,09	11.010,6	12.352,86	0	0	0	12.352,86	0
<i>Abu</i>	957,88	957,88	0	0	0	0	0	0	0	0
C_2H_5OH	0	0	0	0	0	0	0	0	1.553,68	0
CH_3CHO	0	0	0	0	0	0	0	0	3,82	0
$C_3H_8O_3$	0	0	0	0	0	0	0	0	13,35	0
CO_2	0	0	0	0	0	0	0	0	1.502,59	0
H_2SO_4	0	0	0	0	0	0,277	0	0	0,277	0,277
$(NH_4)_2SO_4$	0	0	0	0	0	0	0	34,84	34,84	34,84
<i>S.cerevisiae</i>	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0,04	0,04

Komponen	Arus (Kg/jam)						
	11	12	13	14	15	16	17
$C_{12}H_{22}O_{11}$	0	0	0	0	0	0	0
$C_6H_{12}O_6$	0	0	0	0	0	0	0
H_2O	12.352,86	1.152,08	401,61	7.204,61	56,73	48,95	7,78
<i>Abu</i>	0	0	0	0	0	0	0
C_2H_5OH	1.553,68	7.261,35	5.091,51	57,60	1.094,48	5,30	1.089,17
CH_3CHO	3,82	0,96	3,51E-07	0	0,96	0,96	0
$C_3H_8O_3$	13,35	13,31	2,86	13,32	0	0	0
CO_2	1.502,58	0	0	0	0	0	0
H_2SO_4	0	0	0	0	0	0	0
$(NH_4)_2SO_4$	0	0	0	0	0	0	0
<i>S.cerevisiae</i>	0	0	0	0	0	0	0

2.2. Peneracaan

2.2.1 Neraca Massa

1. Screener

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	F ¹	F ²	F ³	
Glukosa	1.179,68	-	1.179,68	
Sukrosa	1.858,68	-	1.858,68	
Air	1.440,08	-	1.440,08	
Abu	957,88	957,88	-	
Sub total	5.436,34	957,88	4.478,46	
Total	5.436,34	5.436,34		

2. Reaktor Hidrolisa

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar, F ⁵ (kg/jam)
	F ³	F ⁴	
Glukosa	1.179,68	-	3.136,20
Sukrosa	1.858,68	-	-
Air	1.440,08	11.010,6	12.352,86
Subtotal	4.478,46	11.010,6	15.489,06
Total	15.489,06		15.489,06

3. Tangki Fermentor

Komponen	Masuk F (kg/jam)				Keluar, F ⁹ (kg/jam)
	F ⁵	F ⁶	F ⁷	F ⁸	
C₆H₁₂O₆	3.136,20	-	-	-	62,72
C₂H₅OH	-	-	-	-	1.553,68
CH₃CHO	-	-	-	-	3,82
C₃H₈O₃	-	-	-	-	13,35
H₂O	12.352,86	-	-	-	12.352,86
CO ₂	-	-	-	-	1.502,58
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	-	-	0,04	-	0,04
H ₂ SO ₄	-	0,277	-	-	0,277
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	-	34,84	34,84
Sub total	15.489,06	0,277	0,04	34,84	15.523,9
Total	15.523,9				15.523,9

4. Membran Mikrofiltrasi

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)		
	F9	F ¹⁰	CO ₂	F ¹¹
C ₆ H ₁₂ O ₆	62,72	62,72	-	-
C ₂ H ₅ OH	1.553,68	-	-	1.553,68
C ₃ H ₈ O ₃	13,35	-	-	13,35
CH ₃ CHO	3,82	-	-	3,82
H ₂ O	12.352,86	-	-	12.352,86
CO ₂	1.502,58	-	1.502,58	-
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0,04	0,04	-	-
H ₂ SO ₄	0,277	0,277	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	34,84	34,84	-	-
Total	15.532,9	97,61	1.502,58	13.923,72
	15.532,9	15.532,9		

5. Flash Column

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	F11	F13	F12
H ₂ O	12.352,86	401,61	1.152,08
C ₂ H ₅ OH	1.553,68	5.091,51	7.261,35
C ₂ H ₄ O	3,82	3,51E-07	13,31
C ₃ H ₈ O ₃	13,35	2,86	0,96
Total	13.923,72	5.495,98	8.427,72
	13.923,72	13.923,72	

6. Distilasi Column

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	F12	F14	F15
C ₂ H ₅ OH	1.152,08	57,60	1.094,48
Air	7.261,35	7.204,61	56,73
C ₃ H ₈ O ₃	13,31	13,31	-
C ₂ H ₄ O	0,96	-	0,96
Total	8.427,72	7.275,54	1.152,18
	8.427,72	8.427,72	

7. Membran Pervaporasi

Komponen	Input	Densitas (kg/L)	Volume (L)	Output (L)	
	F15			F16	F17
C ₂ H ₅ OH	1.046,10	0,99	1.325,65	5,30	1.320,35
Air	54,22	0,78	54,25	48,95	5,30
C ₂ H ₄ O	0,91	0,77	1,18	1,18	-
Total	1.101,25		1.381,09	55,43	1.325,65
	1.101,25		1.381,09	1.381,09	

2.2.2 Neraca Panas

1. Reaktor Hidrolisa

Komponen	Panas (kJ/jam)	
	Masuk	Keluar
Sukrosa	1.660,70	-
Air	261.084,61	259.047,02
Glukosa	7.231.608,11	19.227.602,26
Subtotal	7.494.353,43	19.486.649,28
Panas Reaksi 25°C	-	12.205.649,35
Steam	24.197.945,2	-
Total	31.692.298,63	31.692.298,63

2. Tangki Sterilisasi

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Glukosa	19.227.602,26	206.393.100,2
Air	259.047,02	2.580.750,17
Subtotal	19.486.649,28	208.973.850,4
Steam	189.487.201,1	-
Total	208.973.850,4	208.973.850,4

3. Cooler

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
C ₆ H ₁₂ O ₆	206.393.100,2	19.227.602,26
H ₂ O	2.580.750,17	259.047,02
Air Pendingin	-	189.487.201,4
Total	208.973.850,4	208,973.850,4

4. Reaktor Fermentor

Komponen	Panas masuk (kkal/jam)	Panas Keluar (kkal/jam)
C ₆ H ₁₂ O ₆	19.227.602,26	19.227.602,26
H ₂ O	259.047,02	259.047,02
C ₂ H ₅ OH	-	18.140,93
C ₃ H ₈ O ₃	-	189,59
C ₂ H ₄ O	-	69,76
CO ₂	-	6.571,91
H ₂ SO ₄	0,02791	0,02791
(NH ₄) ₂ SO ₄	261,35	261,35
<i>s.cerevisiae</i>	0,26	0,26
Air Pendingin	-	18.749.316,95
ΔH reaksi	-	-18.774.289,15
Total	19.486.910,9	19.486.910,9

5. Heat Exchanger

Komponen	Panas masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
H ₂ O	259.047,02	822.843,01
C ₂ H ₅ OH	18.140,93	129.260,18
C ₃ H ₈ O ₃	189,59	1.339,16
C ₂ H ₄ O	69,76	323,67
Steam	676.318,74	-
Total	953.766,04	953.766,04

6. Heat Exchanger

Komponen	Panas masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
C ₂ H ₅ OH	95.848,94	187.517,86
H ₂ O	483.689,69	483.689,65
C ₃ H ₈ O ₃	1.336,23	2.579,34
C ₂ H ₄ O	81,43	161,48
Steam	92.992,04	-
Total	673.948,35	673.948,35

7. Kolom Distilasi

a. Kondensor

Komponen	Panas masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
C ₂ H ₅ OH	5.922.250,10	147.731,16
H ₂ O	7.134,29	13.273,73
C ₂ H ₄ O	85,79	133,28
Air Pendingin	-	5.768,33
Total	5.929.470,19	5.929.470,19

b. Reboiler

Komponen	Panas masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
C ₂ H ₅ OH	9.375,369	8.075,68
H ₂ O	2.017.056,10	2.115.203,80
C ₃ H ₈ O ₃	2.579,34	2.775,58
Steam	113.550,25	-
Total	2.142.561,07	2.142.561,07

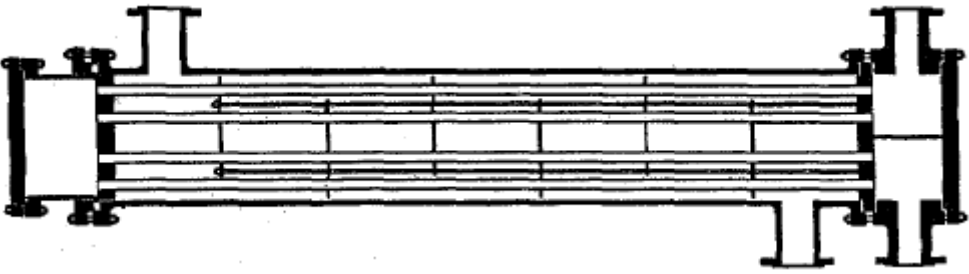
III. PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

3.1. Peralatan Proses

1. Pompa

RESUME POMPA	
Kode	: P-212
Fungsi	: Mengalirkan produk fermentasi dari tangki fermentor ke tangki penyimpanan sementara (holding tank produk fermentasi)
Tipe	: Pompa sentrifugal
Bahan	: Carbon Steel SA 283 terutama grade C
Power	
• Pompa	: 1,183987941 Hp
Ukuran Pipa	
• Nominal pipe size	: 4 (ditentukan oleh OD, Foust hal 724)
• Schedule Number	: 40
• Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,155138513 ft ³ /sec
Kecepatan Linear	: 0,534911976 m/s

2. Heat Exchanger

RESUME HEAT EXCHANGER JENIS COOLER	
	
Nama	: Cooler
Kode	: HE-401
Fungsi	: Mendinginkan umpan sebelum dimasukkan ke tangki fermentor (dari 100 ^o C menjadi 32 ^o C)
Tipe	: <i>shell and tube</i>
Bahan Konstruksi	: Carbon Steel SA 285 Grade C
Spesifikasi	
Tube	Shell
OD = 1,5 in = 0,125 ft	Heat exchanger = 2 pass
ID = 1,28 in = 0,10667 ft	Susunan triangular pitch,
BWG = 12	P _T = 15/16 in = 0,078125 ft

at = 0,3925 ft ² /ft	Nt = 22
L = 14 in	ID = 8 in = 0,667 ft
	OD = 3/4 in = 0,0625 ft
Luas Perpindahan Panas	
119,8635839 ft ²	
Panas yang dipindahkan	
1,796 x 10 ⁵ BTU/jam	
Koefisien Perpindahan Panas	
U_C 107,5044514 Btu/hrft ² °F	U_D 94,19340284 Btu/jam ft ² °F
Faktor Kekotoran	
R_D minimum 0,0001 (jam.ft ² .°F/Btu)	R_D perhitungan 0,068(jam.ft ² .°F/Btu)
Pressure Drop	
Tube	Shell
Pressure drop yang diijinkan 10 psi	Pressure drop yang diijinkan 10 psi
Pressure drop perancangan 2,77210799 psi	Pressure drop perancangan 7,1710042 psi

3. Tangki Penyimpanan Produk Etanol (T-106)

Fungsi	: Menyimpan produk etanol cair selama 30 hari
Type	: 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	: 37.047,92 ft ³
Diameter	: 45 ft
Tinggi	: 24 ft
Tebal shell	: Course 1 : 0,475 in Course 2 : 0,353 in Course 3 : 0,231 in
Bentuk Head	: Conical roof
Tebal Head	: 1,17072 in
Tinggi Head	: 2,012641 ft

4. Kolom Distilasi (V-302)

Fungsi	: memisahkan dan memurnikan etanol hasil fermentasi
Tipe	: Sieve tray
Jumlah	: 1 buah
Material	: Carbon Steel SA 333 Grade C
Tinggi	: 11,2 m
Diameter	: 0,601438258 m
Jumlah Tray	: 23 tray
Tebal Shell	: 0,01717 in
Jenis head dan bottom	: Thorispherical
Head dan bottom	: tebal : 0,060771124 in tinggi : 4,002441555 in
Kondisi operasi :	
Puncak Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 383 K
Umpan Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 366,15 K
Dasar Tekanan	: 1.1 atm
Suhu	: 373,15 K

5. Fermentor

Fungsi	: Reaksi pembentukan etanol dengan proses fermentasi ragi
Volume	: 3.140,750496 ft ³
Jumlah	: 4 buah
Tebal shell	: Course 1 : 0,1875 in Course 2 : 0,1875 in Course 3 : 0,1875 in Course 4 : 0,125 in
tebal head dan bottom	: 5/16 in
tinggi head dan bottom	: 45,136 in
Diameter pengaduk	: 5,04 ft
Jarak pengaduk dari dasar:	6,552 ft
Jumlah pengaduk	: 1
Daya pengaduk	: 2,59 HP

3.2. Utilitas

AIR	
Air pendingin (<i>cooling water</i>)	1.222,885 m ³ /hari
Air umpan ketel (<i>boiler feed water</i>)	31,63492 m ³ /hari
Air Sanitasi	22,02 m ³ /hari
Air Proses	264,2544 m ³ /hari.
Total kebutuhan air	1.537,034 m ³ /hari
Didapat dari sumber	Sungai Bengawan Solo, Jawa Tengah
STEAM	
Kebutuhan steam	2.133.623 kg/hari
Jenis boiler	Water Tube Boiler
LISTRIK	
Kebutuhan listrik	349,82 kW
Dipenuhi dari	PLN
BAHAN BAKAR	
Jenis	Solar
Kebutuhan	0,057 m ³ /jam
Kegunaan	Bahan Bakar Generator

IV. PERHITUNGAN EKONOMI

Total Capital Investment	US \$ 101.020.081,7	
Total Manufacturing Cost	US \$ 14.531.348,17	
Total Production Cost	US \$ 21,508,380.31	
ANALISIS KELAYAKAN		
Return on Investment (ROI)	Before tax : 48,19%	After tax : 33,75 %
Pay Out Time (POT)	Before tax : 1,78 tahun	After tax : 2,4 tahun
Break Even Point (BEP)	32,42 %.	
Shut Down Point (SDP)	18,4%	
Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFROR)	12,3 %	

EXECUTIVE SUMMARY
TUGAS MATA KULIAH PRARANCANGAN PABRIK KIMIA



**PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI MOLASE DENGAN
PROSES FERMENTASI KAPASITAS 11.200 KL/TAHUN**

Oleh:

Iqbal Syaichurrozi NIM. L2C008060

Netty Handayani NIM. L2C008087

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

2012