

EXECUTIVE SUMMARY

TUGAS PERANCANGAN PABRIK KIMIA



**PERANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI NIRA SORGUM
(*Sorghum bicolor L*) MELALUI PROSES FERMENTASI DENGAN
KAPASITAS 1.000 LITER/HARI**

Oleh :

ARIESTYA META DEVI

L2C008117

ROHMAT FIGI ARTO

L2C008148

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2012**

EXECUTIVE SUMMARY

JUDUL TUGAS	PERANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI NIRA SORGUM (<i>Sorghum bicolor L</i>) MELALUI PROSES FERMENTASI DENGAN KAPASITAS 1.000 LITER/HARI
	KAPASITAS PRODUKSI 1.000 L/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. • Nira batang sorgum merupakan bahan baku bioetanol yang dipilih pada pra perancangan pabrik ini karena yield yang tinggi, pertimbangan ekonomi, ketersediaan, dan mudahnya penanaman di Indonesia.
Dasar Penetapan Kapasitas Produksi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ketersediaan bahan baku Produksi batang sorgum per tahun di Jawa Tengah adalah 17.350 ton/tahun 2. Kebutuhan produk Total kebutuhan bioetanol untuk energi di Indonesia untuk periode tahun 2011-2015 yaitu 616.000 kL/tahun, belum dapat dipenuhi oleh pabrik – pabrik yang sudah beroperasi, terdapat kekurangan kebutuhan bioetanol sebesar 302.000 kL/tahun. <p>Atas pertimbangan – pertimbangan tersebut, kapasitas untuk pabrik bioetanol yang akan kami rancang adalah 1.000 liter/hari atau 330.000 liter/tahun.</p>
Dasar penetapan lokasi pabrik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ketersediaan Bahan Baku Utama Propinsi Jawa Tengah merupakan propinsi terbesar yang menghasilkan

<p>Dasar penetapan lokasi pabrik (<i>continue</i>)</p>	<p>sorgum khususnya Kabupaten Grobogan, Ibu kota Purwodadi memiliki lahan panen sorgum seluas 160 ha yang menghasilkan produktifitas rata-rata sebesar 12.800 ton/tahun dengan dua kali masa panen selama satu tahun, yang mana pembuatan 1 liter bioetanol membutuhkan \pm 26 kg batang sorgum sehingga untuk menghasilkan bioetanol sebanyak 1.000 L/hari membutuhkan batang sorgum sebesar \pm 26 ton/hari yang dapat dipenuhi dari lahan setempat.</p> <p>2. Pemasaran Produk</p> <p>Rencana pemasaran produk bioetanol ini, kami akan menjalin kerjasama dengan PT. Pertamina untuk mengolah kembali bioetanol sebagai campuran bahan bakar kendaraan yang mana lokasi PT. Pertamina di Pulau Jawa berada di Cilacap, Jawa Tengah dan Balongan, Jawa Barat. Jalur transportasi pemasaran bioetanol dari pabrik dengan PT. Pertamina Unit Pulau Jawa relatif dekat sehingga dapat ditempuh melalui jalur darat dan hal ini akan menghemat biaya transportasi.</p> <p>3. <i>Weight Gain</i> dan <i>Weight Loss</i></p> <p>Pabrik etanol yang akan didirikan termasuk ke dalam pabrik yang bersifat <i>weight loss</i>, karena untuk menghasilkan 1 liter bioetanol dibutuhkan kurang lebih 26 kg batang sorgum. Pabrik lebih cocok didirikan di daerah yang dekat dengan bahan baku.</p> <p>4. Peraturan Nasional dan Daerah</p> <p>Berdasarkan peraturan nasional berupa Instruksi Presiden (Inpres) No. 1 Tahun 2006 dan <i>road map</i> teknologi bioetanol periode tahun 2011-2015 dan berdasarkan program Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah 2008 yang mengembangkan lahan tanaman bioenergi sorgum seluas 4.000 ha di Grobogan, Purwodadi, maka tempat tersebut menjadi potensial untuk pendirian pabrik bioetanol.</p>
<p>Pemilihan proses</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proses yang dipilih dalam produksi bioetanol ini adalah proses <i>liquid state fermentation</i> yang melibatkan aktivitas yeast. • Proses pembentukan etanol dari molase 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</p>

	dengan kadar 95% dan dehidrasi menggunakan membran pervaporasi sehingga diperoleh etanol dengan kadar 99,5%
--	---

Bahan baku utama																	
Jenis	Batang Sorgum spesies <i>Sorghum bicolor L</i>																
Spesifikasi	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; width: 50%;">Komposisi</th> <th style="text-align: left; width: 50%;">Kadar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Air</td> <td>: 73%</td> </tr> <tr> <td>Gula</td> <td>: 13,5%</td> </tr> <tr> <td>Selulosa</td> <td>: 5,32%</td> </tr> <tr> <td>Hemiselulosa</td> <td>: 3,74%</td> </tr> <tr> <td>Lignin</td> <td>: 2,6%</td> </tr> <tr> <td>Abu</td> <td>: 1,28%</td> </tr> <tr> <td>Impuritas</td> <td>: 0,56 %</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;"><i>(Almodares and M. R. Hadi, 2009)</i></p>	Komposisi	Kadar	Air	: 73%	Gula	: 13,5%	Selulosa	: 5,32%	Hemiselulosa	: 3,74%	Lignin	: 2,6%	Abu	: 1,28%	Impuritas	: 0,56 %
Komposisi	Kadar																
Air	: 73%																
Gula	: 13,5%																
Selulosa	: 5,32%																
Hemiselulosa	: 3,74%																
Lignin	: 2,6%																
Abu	: 1,28%																
Impuritas	: 0,56 %																
Kebutuhan	302.000 L/tahun																
Asal	Jawa Tengah																
Produk																	
Jenis	Bioetanol																
Spesifikasi	<i>Fuel grade</i> (kadar 99,5-100%)																
Laju produksi	1.000 L/hari																
Daerah pemasaran	Pulau Jawa																

II. DIAGRAM ALIR PROSES DAN PENERACAAAN

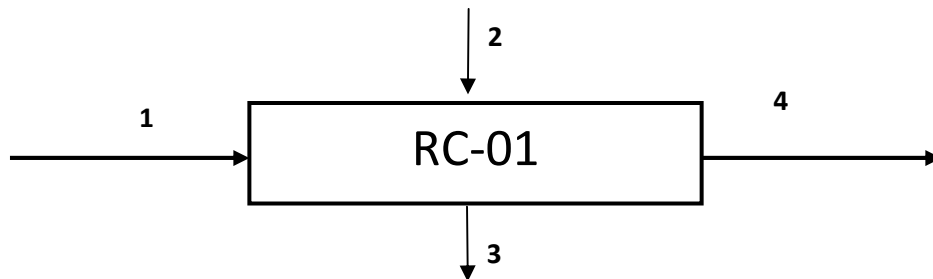
2.1 DIAGRAM ALIR PROSES

(Diagram alir proses terlampir)

2.2 NERACA MASSA DAN PANAS

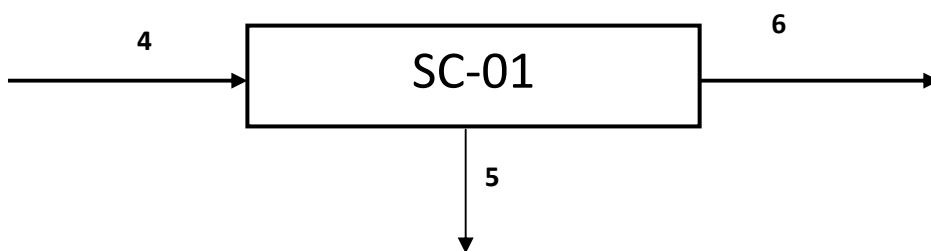
2.2.1 Neraca Massa

1. Neraca Massa di Unit *Roll Crusher* (RC-01)



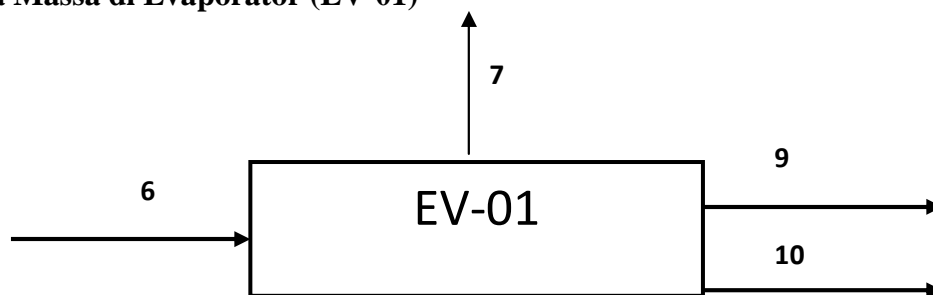
Komponen	Input kg/jam		Output kg/jam	
	1	2	3	4
Air	792,27458	217,06153	181,069942	828,269768
Gula	146,51653	0	14,65165	131,86488
Selulosa	57,73837	0	0	0
Hemiselulosa	40,59051	0	0	0
Lignin	28,21799	0	0	0
Limbah padat	0	0	102,561571	43,954959
Abu	13,89194	0	0	0
Impuritas	6,07772	0	0	0
	1085,30765	217,06153	298,28316	1004,08961
Jumlah	1302,37		1302,37	

2. Neraca Massa di Unit *Screening* (SC-01)



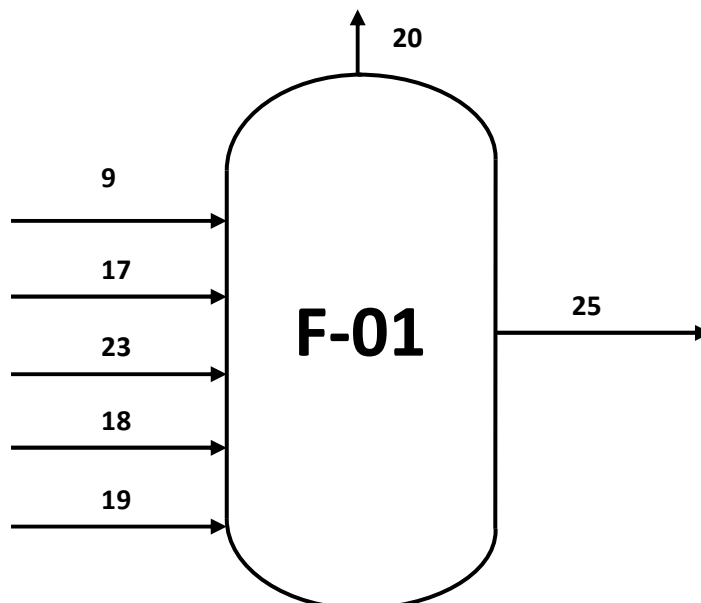
Komponen	Input kg/jam		Output kg/jam	
	4	5	6	
Air	828,269768	0	828,269768	
Gula	131,86488	0	131,86488	
Limbah padat	43,954959	43,954959	0	
	1004,08961	43,954959	960,13465	
Jumlah	1004,08961		1004,08961	

3. Neraca Massa di Evaporator (EV-01)



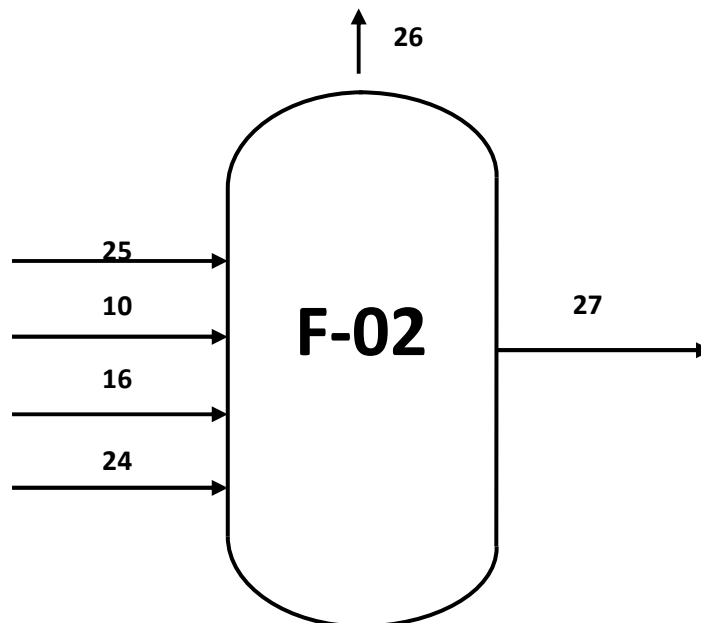
Komponen	Input kg/jam		Output kg/jam	
	6	7	9	10
Air	828,269768	588,41695	23,98523	215,86759
Gula	131,86488	0	13,18649	118,67839
Jumlah	960,134648	588,41695	37,17172	334,54598
	960,13465		960,13465	

4. Neraca Massa di Fermentor Bibit Yeast (F-01)



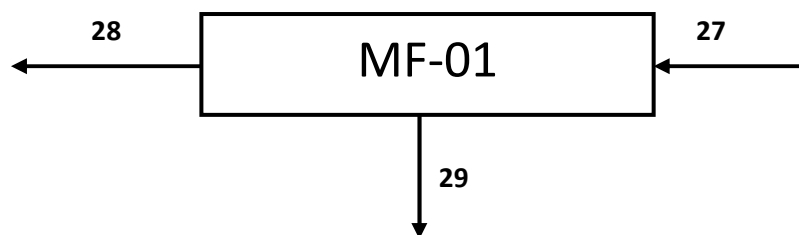
Komponen	Input kg/jam					Output kg/jam	
	9	17	23	18	19	20	25
Air	23,98523	0	0	0	0	0	23,98523
C ₆ H ₁₂ O ₆	13,18649	0	0	0	0	0	13,18649
Urea	0	0	0,26373	0	0	0	0,2637278
TSP	0	0,65932	0	0	0	0	0
Yeast	0	0	0	5,27041E-07	0	0	0,659329454
CO ₂	0	0	0	0	0	1,75809E-06	0
Udara	0	0	0	0	9,03738E-06	9,03738E-06	0
	37,17172	0,65932	0,26373	5,27041E-07	9,03738E-06	1,07955E-05	38,09483
Jumlah							38,094

5. Neraca Massa di Fermentor Utama (F-02)



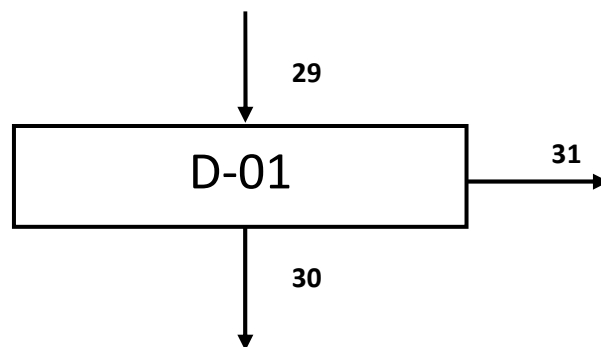
Komponen	Input (kg/jam)				Output (kg/jam)	
	10	25	16	24	26	27
Air	215,86759	23,98523	0	0	0	239,85288
C ₆ H ₁₂ O ₆	118,67839	13,18649	0	0	0	64,4819
Larutan Urea	0	0	0	2,37357	0	1,30844
Larutan TSP	0	0	5,93392	0	0	0
Yeast	0	0,92311	0	0	0	9,43016
CO ₂	0	0	0	0	31,56083	0
C ₂ H ₅ OH	0	0	0	0	0	32,71128
C ₂ H ₄ O	0	0	0	0	1,44454 x 10 ⁻⁵	0
C ₃ H ₈ O	0	0	0	0	0	4,14 x 10 ⁻³
C ₄ H ₁₀ O	0	0	0	0	0	4,98 x 10 ⁻³
C ₅ H ₁₂ O	0	0	0	0	0	0,02071
Jumlah	334,54598	38,09483	5,93392	2,37357	31,56084	347,81449
	380				380	

6. Neraca Massa di Membran Mikrofiltrasi (MF-01)



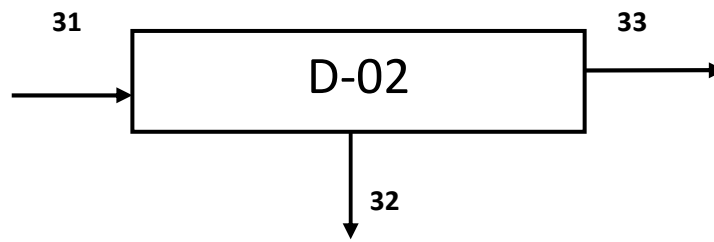
Komponen	Input kg/jam		Output kg/jam	
	27	28	29	
Air	239,85288	0	239,85288	
C ₆ H ₁₂ O ₆	64,4819	64,4819	0	
Urea	1,30844	1,30844	0	
TSP	0	0	0	
Yeast	9,43016	9,43016	0	
C ₂ H ₅ OH	32,71128		32,71128	
C ₃ H ₈ O	4,14 x 10 ⁻³		4,14 x 10 ⁻³	
C ₄ H ₁₀ O	4,98 x 10 ⁻³		4,98 x 10 ⁻³	
C ₅ H ₁₂ O	0,02071		0,02071	
	347,81449	75,2205	272,59399	
Jumlah	347,81449	347,81449		

7. Neraca Massa di Unit Distilasi 1 (D-01)



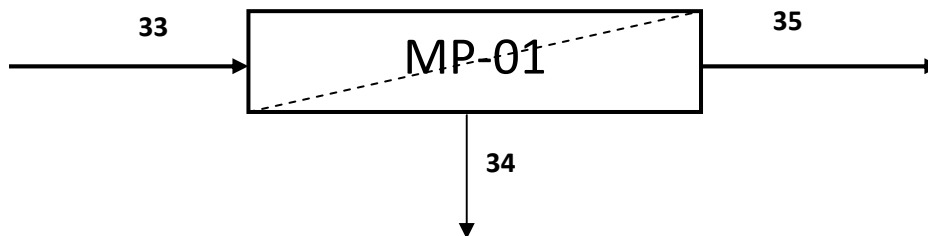
Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	29	30	31
C ₂ H ₅ OH	32,71128	0,00033	32,71095
Air + C ₃ H ₈ O + C ₄ H ₁₀ O + C ₅ H ₁₂ O	239,88271	228,97906	
Air			10,90365
Jumlah	272,59399	228,97939	43,61460
	272,59399	272,59399	

8. Neraca Massa di Unit Distilasi 2 (D-02)



Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	31		32	33
C ₂ H ₅ OH	32,71095		0,00033	32,71063
Air	10,90365		9,18204	1,72161
Jumlah	43,61460		9,18237	34,424
	43,61460		43,61460	

9. Neraca Massa di Unit Membran Pervaporasi (MP-01)



Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	33		34	35
C ₂ H ₅ OH	32,71063		0	32,71063
Air	1,72161		1,55724	0,16438
Jumlah	34,43224		1,55724	32,875
	34,43224		34,43224	

2.2.2 Neraca Panas

1. Neraca Panas di Evaporator (EV-01)

	ΔH in (kj/jam)	ΔH out (kj/jam)
H	825815.9702	13671051.7601
Q suplai	12845235.79	0
Jumlah	13671051.7601	13671051.7601

2. Neraca Panas di Heat Exchanger (E-01)

	ΔH in (kj/jam)	ΔH out (kj/jam)
H	13586492.8016	813476.4937
Q yang diserap	0	12773016.3079
Jumlah	13586492.8016	13586492.8016

3. Neraca Panas di Fermentor Bibit Yeast (F-01)

Komponen	ΔH in (kj/jam)	ΔH out (kj/jam)
H ₂ O	502.9854814	502.9854814
C ₆ H ₁₂ O ₆	80844.67506	80844.67506
CH _{1,8} N _{0,5} O _{0,2}	8.57266E-06	10.72441502
Udara (O ₂)	0	0
CO ₂	0	7.68946E-06
JUMLAH	81347.66055	81358.38496
Panas Reaksi	-9168.6592	
Q serap		-9179.38361
Jumlah	72179.00134	72179.00134

4. Neraca Panas di Tangki Fermentor Utama (F-02)

Komponen	ΔH in (kj/jam)	ΔH out (kj/jam)
H ₂ O	5029.865719	5029.866977
C ₆ H ₁₂ O ₆	808446.628	395330.2397
CH _{1,8} N _{0,5} O _{0,2}	19.5277166	153.3867099
C ₂ H ₅ OH	0	381.9387191
C ₂ H ₄ O	0	9.89241E-05
C ₃ H ₈ O	0	1.137361216
C ₄ H ₁₀ O	0	0.054017886
C ₅ H ₁₂ O	0	0.2448445
JUMLAH	813496.0214	400896.8684
Panas Reaksi	-32285.75561	0
Q serap	0	380313.3974
Jumlah	781210.2658	781210.2658

5. Neraca Panas di Unit Distilasi I (D-01)

Komponen	ΔH in (kj/jam)	ΔH out (kj/jam)
H ₂ O	2272.5064	35617.1570
C ₂ H ₅ OH	11997.3923	155762.7238
C ₃ H ₈ O	0.050015074	0.783304393
C ₄ H ₁₀ O	0.054017886	0.840681754
C ₅ H ₁₂ O	0.2448445	3.797838994
JUMLAH	14269.8987	191379.8809
Steam yang dibutuhkan	177109.9821	0
TOTAL	191379.8809	191379.8809

6. Neraca Panas di Unit Distilasi II (D-02)

Komponen	ΔH in (kJ/jam)	ΔH out (kJ/jam)
H ₂ O	2712.4157	3270.0436
C ₂ H ₅ OH	155760.6980	141316.3305
JUMLAH	158473.1137	144586.3742
Steam yang dibutuhkan	-13886.7396	0
TOTAL	144586.3742	144586.3742

7. Neraca Panas di Exchanger (E-06)

	ΔH in (kJ/jam)	ΔH out (kJ/jam)
H	141705.8946	194104.3723
Q suplai	52398.47765	0
Jumlah	194104.3723	194104.3723

8. Neraca Panas di Unit Membran Pervaporasi (MP-01)

H in (kJ/jam)		H out (kJ/jam)	
H feed	194392.2938	Q penguapan	79238.7748
		H retentate	115153.5190
Jumlah	194392.2938		194392.2938

9. Neraca Panas di Heat Exchanger (E-08)

	ΔH in (kJ/jam)	ΔH out (kJ/jam)
H	115153.5190	12000.6011
Q yang diserap	0	103152.9179
Jumlah	115153.5190	115153.5190

III. PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

3.1. Perancangan Alat Proses

1. Pompa

Kode : P-05
Fungsi : Memompa produk hasil fermentasi dari fermentor ke membran mikrofiltrasi
Tipe : *Positive Displacement*
Jenis : *Rotary Gear*
Material : *Stainless Steel*

Kapasitas Pompa : 0,00352 cuft/sec = 0.0997 liter/detik

Tenaga Pompa : 22.019 ft.lbf/lb

Power : 0.25 HP

Ukuran pipa :

Nominal pipe size : 1 in

- Schedule number : 40
- ID : 1,049 in = 0.027 m
- OD : 0,133 in = 0,003 m
- Flow area/pipe : $0,006 \text{ ft}^2 = 0,005 \text{ m}^2$

2. Fermentor

Kode : F-02
Fungsi : Sebagai tempat terjadinya proses fermentasi pembentukan etanol
Tipe : *Stired Tank* Bioreaktor
Jumlah : 3 buah
Material : Stainless steel 304
Kondisi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 30°C
Fase reaksi : Cair
Yeast : *Saccaromyces cereviceae*

Tinggi : 13,42 ft = 4.1 m
Diameter : 6,5 ft = 1.98 m
Volume : 343,26 ft³ = 9720.04 liter

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

Head dan bottom : Tebal : 0,3125 in = 0.0079 m
Tinggi : 8,5 in = 0.216 m

Material pengaduk : Stainless steel 304 dengan tipe paddle 2 daun

3. Kolom Distilasi

Kode : D-01
Fungsi : Memisahkan etanol dari air dan *fusel oil* dengan hasil atas etanol 75%
Tipe : Packed Tower Pall Ring ukuran 1 in
Jumlah : 1 buah
Material : Stainless Steel 304
Tinggi : 7.048 m
Diameter : 0.46 m

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

Head dan *bottom* : Tebal : 0.0003 m
Tinggi : 0.124 m

Kondisi operasi :

Puncak

Tekanan : 0.8 atm
Suhu : 84.45 °C

Umpan

Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C

Dasar

Tekanan : 1 atm
Suhu : 99.998 °C

4. Kolom Distilasi

Kode : D-02
Fungsi : Memisahkan etanol dari air dengan hasil atas etanol 95%
Tipe : Packed Tower Pall Ring ukuran 1 in

Jumlah : 1 buah
Material : Stainless Steel 304
Tinggi : 6.22 m
Diameter : 0,3 m
Jenis *head* dan *bottom* : *Thorispherical*
Head dan *bottom* : Tebal : 0.00023 m
Tinggi : 0.11 m

Kondisi operasi :

Puncak

Tekanan : 0.9 atm
Suhu : 79.44 °C

Umpan

Tekanan : 1 atm
Suhu : 84.45 °C

Dasar

Tekanan : 1 atm
Suhu : 99.997 °C

5. Membran Mikrofiltrasi

Kode : MF-01
Fungsi : Memisahkan padatan dengan cairan hasil fermentasi
Tipe : Mikrofiltrasi
Modul : Flat Plate
Bahan : *Hydrophilic polypropylene*
Luas modul : 0.8 m²
Jumlah modul : 9

6. Membran Pervaporasi

Kode : MP-01
Fungsi : Menaikkan kadar etanol menjadi 99,5% (*fuel grade*)
Tipe : Pervaporasi
Modul : Tube
Bahan : Keramik

Luas modul : 0.01 m²

Jumlah modul : 156

3.2. Utilitas

AIR	
Air untuk keperluan umum (<i>service water</i>)	7,65 m ³ /hari
Air pendingin (<i>cooling water</i>)	7762,0888 m ³ /hari
Air untuk proses (<i>process water</i>)	5,2305 m ³ /hari
Air umpan ketel (<i>Boiler feed water</i>)	145,2728 m ³ /hari
Total kebutuhan air	7920,4421 m ³ /hari.
Didapat dari sumber	Air sungai
STEAM	
Kebutuhan steam	145,273 ton/hari
Jenis boiler	water tube boiler
LISTRIK	
Kebutuhan listrik	61 Kilowatt
Dipenuhi dari	Pembangkit sendiri: 0 Kilowatt
	PLN : 61 Kilowatt
BAHAN BAKAR	
Jenis	Solar
Kebutuhan	50 L/hari
Sumber dari	Pertamina

IV. PERHITUNGAN EKONOMI

Physical plant cost	US\$ 172913.11
Fixed capital	US\$ 256257.22
Working capital	US\$ 68087.34
Total capital investment	US\$ 324344.56
ANALISIS KELAYAKAN	
Return on investment (ROI)	Before tax : 59.04% After tax : 44.28 %
Profit on sales (POS)	Before tax : 41.81% After tax : 31.36 %
Break event point (BEP)	24.69%