

**EXECUTIVE SUMMARY**  
**TUGAS PERANCANGAN PABRIK KIMIA**



**PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI SINGKONG DENGAN PROSES  
FERMENTASI KAPASITAS 1000 LITER/HARI**

**Oleh:**

**MARIA CAROLINA T W U**

**L2C008137**

**NUNGKI PRIMASTUTI**

**L2C008140**

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

**2011**

## EXECUTIVE SUMMARY

<b>JUDUL TUGAS</b>	<b>PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI SINGKONG</b>	
	<b>DENGAN PROSES FERMENTASI</b>	
	<b>KAPASITAS PRODUKSI</b>	<b>1000 Liter/hari</b>

### 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. Di dalam negeri, singkong biasanya hanya digunakan sebagai pakan ternak dan bahan pangan tradisional setelah beras dan jagung. Karena itu, harga singkong sangat fluktuatif dan tidak memberikan keuntungan yang memadai bagi petani. Pengembangan bioetanol diharapkan dapat menjadi solusi sumber energi terbarukan dan dapat meningkatkan pendapatan petani singkong. Dengan langkah ini, harga singkong akan menjadi stabil sehingga memberikan keuntungan yang cukup bagi petani. Masalah krisis energi masa depan pun akan terselesaikan dan membawa Indonesia menjadi negara yang mandiri dalam bidang energi.</p>
Dasar penetapan kapasitas produksi	<p>Penetapan kapasitas produksi didasarkan oleh 3 hal yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Kebutuhan bahan bakar minyak yang terus meningkat tidak disertai dengan adanya suplai yang memadai untuk itu perlu dikembangkan bahan bakar alternatif. Sebagai salah satu bukti keseriusan pemerintah dalam mengembangkan bahan bakar alternatif (Biofuel) adalah dengan dikeluarkannya <i>Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006</i> tentang kebijakan energi nasional yang menargetkan penggunaan biofuel 5% pada tahun 2025.</li><li>2. Sumber bioetanol yang cukup potensial dikembangkan di Indonesia adalah singkong (<i>Manihot esculenta</i>) yang merupakan tanaman yang setiap hektarnya dapat memproduksi ethanol paling tinggi. Indonesia adalah penghasil singkong keempat di dunia. Dari luas areal 1,24 juta hektar tahun 2005, produksi singkong Indonesia sebesar 19,5 juta ton. Sedangkan khususnya di Jawa Tengah luas lahan panen singkong sebesar 192.018 ha dan mampu menghasilkan 3.369.046 ton per tahun. Melalui perancangan pabrik</li></ol>

	<p>bioetanol ini, diharapkan mampu memenuhi kebutuhan etanol dalam negeri yang diprediksikan akan meningkat.</p> <p>3. Kapasitas rancangan minimum</p> <p>Kapasitas minimal pabrik yang telah beroperasi pada saat ini adalah BBPT dengan kapasitas 0,091 kl/hari, sedangkan kapasitas maksimal adalah PT Indo Lampung Disillery dengan kapasitas 181,818 kl/hari. Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas maka direncanakan pabrik bioetanol yang akan mulai produksi pada tahun 2015 dengan kapasitas 1 liter/hari (340 liter/tahun) diharapkan dapat membantu memenuhi kebutuhan domestik bioetanol pada tahun 2015.</p>
<p>Dasar penetapan lokasi pabrik</p>	<p>1. Ketersediaan bahan baku singkong</p> <p>Bahan baku utama yang digunakan dalam proses pembuatan bioetanol ini adalah singkong. Tanaman singkong banyak ditemukan di Indonesia karena tanaman ini mudah tumbuh dimana saja. Tanaman singkong tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia antara lain Pulau Jawa, Sumatera, Bali, Nusa Tenggara, dll. Jika dilihat dari produksi singkong pada tahun 2009, Provinsi Jawa Tengah mampu menghasilkan singkong yang cukup tinggi yaitu sebesar 3.369.046 ton dengan luas panen sebesar 192.018 Ha (BPS, 2009). Sedangkan untuk wilayah Wonogiri sendiri mampu memproduksi singkong 1 juta ton per tahun.</p> <p>2. Ketersediaan Air dan Listrik serta Utilitas Lainnya</p> <p>Air dan listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam industri. Kebutuhan air diperoleh dari sungai maupun PDAM setempat sedangkan kebutuhan listrik dan PLN menggunakan generator listrik serta penyedia utilitas kawasan industri.</p> <p>3. Fasilitas transportasi</p> <p>Pengiriman bahan baku dan distribusi produk dilakukan melalui jalur darat dan laut. Daerah di Provinsi Jawa Tengah memiliki fasilitas transportasi darat dan laut yang baik dan mudah dicapai sehingga proses transportasi dapat ditangani dengan baik. Untuk transportasi laut, bisa melalui pelabuhan Tanjung Mas yang ada di kota Semarang. Dengan semua itu, diharapkan pemasokan bahan baku dan pemasaran hasil produksi akan berjalan dengan lancar.</p>

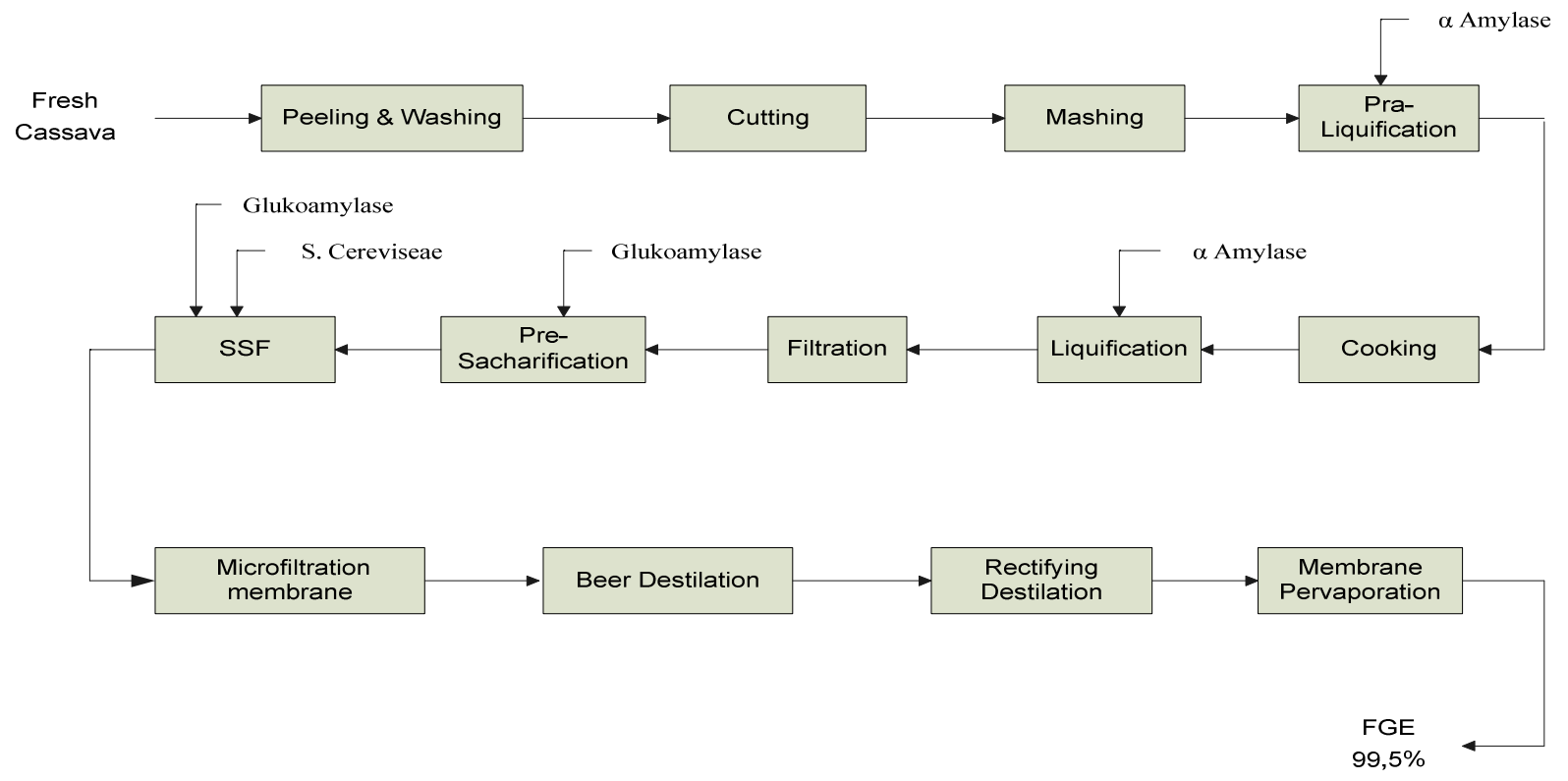
	<p>4. Ketersediaan Tenaga</p> <p>Provinsi Jawa Tengah memiliki jumlah penduduk yang padat sehingga mudah untuk memperoleh tenaga kerja. Berdasarkan data hasil Sensus Penduduk tahun 2010 bahwa laju pertumbuhan penduduk Provinsi Jawa Tengah per tahun selama 10 tahun terakhir yakni dari tahun 2000-2010 adalah sebesar 0,37% (BPS, 2010). Selain itu, lokasi pabrik yang berdekatan dengan pemukiman penduduk setempat sehingga mempermudah perekrutan tenaga kerja.</p> <p>5. Pembuangan limbah</p> <p>Kawasan industri di Jawa Tengah berada dekat dengan beberapa sungai yang bermuara di Selat Sunda dan Samudera Hindia sehingga pembuangan limbah dapat dilakukan di sungai tersebut. Namun, dalam pembuangan limbah ini adalah limbah yang telah diolah sehingga tidak merusak lingkungan.</p> <p>6. Faktor lain</p> <p>Faktor-faktor lain seperti lingkungan, faktor sosial, serta perluasan pabrik telah dipersiapkan dengan baik oleh industri maupun pemerintah daerah setempat.</p>
Pemilihan proses	<p>Secara umum produksi bioetanol mencakup tiga rangkaian proses yaitu, persiapan bahan baku, fermentasi dan pemurnian. Pada tahapan persiapan bahan baku, ubi kayu digiling sebelum memasuki tahap pemasakan. Tahap persiapan bahan baku meliputi proses pembuburan (<i>mashing</i>), praliquifikasi dan likuifikasi (dengan bantuan enzim <math>\alpha</math>-amilase), proses prasarifikasi (dengan bantuan enzim glukoamilase) untuk mengkonversi tepung/pati menjadi gula. Tahap fermentasi merupakan tahap kedua dalam proses produksi bioetanol yang dilakukan pada suhu sekitar 27 – 32 °C. Tahap berikutnya adalah pemurnian bioetanol dengan metode destilasi untuk mencapai kemurnian 95,6%. Untuk mencapai tingkat kemurnian 99,5% (<i>fuel grade</i>) dilakukan proses pemurnian dengan membran pervaporasi.</p>
<b>BAHAN BAKU</b>	
Nama	Singkong
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fase : Padat</li> <li>- Karbohidrat / Pati : 26,80 %</li> <li>- Protein : 0,5 %</li> <li>- Lemak : 0,08 %</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air : 46,42 %</li> <li>- Serat : 0,51 %</li> <li>- Kotoran : 0,69 %</li> <li>- Kulit : 25 %</li> </ul>
<b>BAHAN PENUNJANG</b>	
Nama	Enzim $\alpha$ -Amylase
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wujud : cair</li> <li>Warna : clear Brown</li> <li>Temperatur : aktif pada suhu 80 °C - 85 °C</li> <li>pH stabil : 6,2 – 7,5</li> <li>pH optimum : 6,0-6,5</li> <li>pH inaktivasi : 5,0</li> </ul>
Nama	Enzim Glukoamilase
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wujud : cair</li> <li>Warna : clear Brown</li> <li>Temperatur : optimum pada suhu 60 °C</li> <li>pH optimum : 4,0-4,5</li> </ul>
Nama	Air
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fase :cair</li> <li>- pH :6,8 - 7,5</li> <li>- kadar Cl<sub>2</sub> : max 0,5 ppm</li> <li>- kesadahan : max 50 ppm</li> <li>- kekeruhan : max 2 Ntu</li> </ul>
Nama	<i>Sacharomycess sereviseae</i>
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wujud : cair</li> <li>pH optimum : 6</li> <li>Suhu dan P optimum : 25- 30°C, 1 atm</li> </ul>
<b>PRODUK</b>	
Jenis	Etanol
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wujud : cair</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pH : 6,5 – 9,0</li> <li>- Metanol : 0,1 % (v/v)</li> <li>Kandungan air : 0,4 % (v/v)</li> </ul>
Laju produksi	1000 liter/hari
Daerah pemasaran	Pulau Jawa

## II. DIAGRAM ALIR DAN PENERACAAN

### 2.1. Diagram Alir



**Neraca Massa Total Tiap Komponen ( kg/jam )**

<b>Komponen</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Air	137,3229		74,626493	79,195462	216,51836		216,51836	216,51836	
Pati	74,626493		137,3229		74,626493		59,701194	52,238545	
Dekstrin							14,925299	22,387948	
Glukosa									
Etanol									
CO2									
Glukoamilase									
$\alpha$ -Amylase						0,0074626	0,0074626	0,0074626	0,0223879
Yeast									
n-Propanol									
Isobutylalcohol									
n-Butylalcohol									
Opt act amylalcohol									
Isoamylalcohol									
Serat & Impuritas	7,3611166		7,3611166		7,3611166		7,3611166	7,3611166	
Kulit	34,521099	34,521099							
TOTAL									

<b>Komponen</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
Air	216,51836		0,0298506		216,51836		56,36211		273,26799
Pati	29,850597		29,850597		14,925299				7,4626493
Dekstrin	44,775896		44,775896		49,750995				
Glukosa					9,950199				0,099502
Etanol									33,581922
CO2								32,503324	
Glukoamilase				0,0597012	0,0597012	0,0398008			
$\alpha$ -Amylase	0,0298506		216,51836		0,0298506				0,0298506
Yeast							0,099502		0,099502
n-Propanol									0,1098219
Isobutylacohol									0,1135171
n-Butylalcohol									0,0083358
Opt act amylalcohol									0,0945546
Isoamylalcohol								0,3648441	
Serat & Impuritas	7,3611166	7,3611166							
Kulit									

<b>Komponen</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>
Air	27,326799	25,96046	1,36634	245,9412	234,74745	11,19375	9,4263158	1,7674342	1,5986842	0,16875
Pati	7,4626493		7,4626493							
Dekstrin										
Glukosa										
Etanol				33,581922	0,0003358	33,581586	0,0003358	33,58125		33,58125
CO2										
Glukoamilase	0,099502		0,099502							
$\alpha$ -Amylase	0,0298506		0,0298506							
Yeast	0,099502		0,099502							
n-Propanol				0,1098219	0,1098219					
Isobutylalcohol				0,1135171	0,1135171					
n-Butylalcohol				0,0083358	0,0083358					
Opt act amylalcohol				0,0945546	0,0945546					
Isoamylalcohol										
Serat & Impuritas										
Kulit										

## 2.2. Peneracaan

### 2.2.1 Neraca Massa

#### 1. Unit Membran Pervaporasi

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	26	27	28
H <sub>2</sub> O	1,76743	1,59868	0,16875
Etanol	33,58125	0	33,58125
Jumlah	35,34868	1,59868	33,75
	<b>35,34868</b>	<b>35,34868</b>	

#### 2. Kolom Distilasi 2

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	24	26	25
H <sub>2</sub> O	11,19375	1,76743	9,42632
Etanol	33,58159	33,58125	0,00034
Jumlah	44,77534	35,34868	9,42665
	<b>44,77534</b>	<b>44,77534</b>	

#### 3. Kolom Distilasi 1

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	22	23	24
H <sub>2</sub> O	245,9412	234,74745	11,19375
Etanol	33,58192	0,00034	33,58159
Fusel Oil (tanpa isoamyl)	0,32623	0,32623	0
Jumlah	279,52312	234,74778	44,77534
	<b>279,52312</b>	<b>279,52312</b>	

#### 4. Unit Reaktor *Simultaneous Saccharification Fermentation* (SSF)

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)	
	14	15	16	17	18
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	14,9253	0	0	0	7,46265
H <sub>2</sub> O	216,51836	0	56,36211	0	273,63799
α-amilase	0,02985	0	0	0	0,02985
[C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ]	49,751	0	0	0	0
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	9,9502	0	0	0	0
Glukoamilase	0,0995	0,03980	0	0	0,0995
yeast	0	0	0,0995	0	0,0995
Etanol	0	0	0	0	33,58192
CO <sub>2</sub>	0	0	0	32,50332	0
n-propilalkohol	0	0	0	0	0,10982
Isobutilalkohol	0	0	0	0	0,11352
n-butilalkohol	0	0	0	0	0,00834
Opt oct amylalcohol	0	0	0	0	0,09455
isoamylalcohol	0	0	0	0,36484	0
<b>Jumlah</b>	291,23441	0,03980	56,46161	32,86817	314,86765
	<b>347,73582</b>			<b>347,73582</b>	

#### 5. Unit Filter Mikrofiltrasi

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	18	19	22
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	7,46265	7,46265	0
H <sub>2</sub> O	273,26799	27,3268	246,94120
α-amilase	0,02985	0,02985	0
Glukoamilase	0,0995	0,0995	0
yeast	0,0995	0,0995	0
Etanol	33,58192	0	33,58192
n-propilalkohol	0,10982	0	0,10982
Isobutilalkohol	0,11352	0	0,11352
n-butilalkohol	0,00834	0	0,00834
Opt oct amylalcohol	0,09455	0	0,09455
<b>Jumlah</b>	314,86765	35,0183	279,84935
	<b>314,86765</b>	<b>314,86765</b>	

## 6. Unit Dryer

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	19	20	21	
Pati	7,46265	0	7,46265	
H <sub>2</sub> O	27,3268	25,96046	1,36634	
$\alpha$ -amilase	0,02985	0	0,02985	
Glukoamilase	0,09950	0	0,09950	
yeast	0,09950	0	0,09950	
<b>Jumlah</b>	35,0183	25,96046	9,05784	
	<b>35,0183</b>	<b>35,0183</b>		

## 7. Unit Prasakarifikasi

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	12	13	14
Pati	29,8506	0	14,9253
H <sub>2</sub> O	0,02985	0	216,51836
$\alpha$ -amilase	216,51836	0	0,02985
Dekstin	44,7759	0	49,751
Glukosa	0	0	9,9502
Glukoamilase	0	0,0597	0,0597
<b>Jumlah</b>	291,1747	0,0597	348,38557
	<b>291,23441</b>		<b>291,23441</b>

## 8. Unit Filter

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	10	11	12
Pati	29,8506	0	29,8506
H <sub>2</sub> O	216,51836	0	216,51836
Serat dan Impuritas	7,36112	7,36112	0
$\alpha$ -amilase	0,02985	0	0,02985
Dekstrin	44,7759	0	44,7759
<b>Jumlah</b>	298,53582	7,36112	291,1747
	<b>298,53582</b>	<b>298,53582</b>	

### 9. Unit Likuifikasi

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	8	9	10
Pati	52,23584	0	29,8506
H <sub>2</sub> O	216,51836	0	216,51836
Serat dan Impuritas	7,36112	0	7,36112
$\alpha$ -amilase	0,00746	0,02239	0,02985
Dekstrin	22,38795	0	44,7759
<b>Jumlah</b>	298,51343	0,02239	298,53582
	<b>298,53582</b>		<b>298,53582</b>

### 10. Unit Cooking

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	7	8
Pati	59,70119	52,23854
H <sub>2</sub> O	216,51836	216,51836
Serat dan Impuritas	7,36112	7,36112
$\alpha$ -amilase	0,00746	0,00746
Dekstrin	14,92530	22,38795
<b>Jumlah</b>	298,51343	298,51343
	<b>298,51343</b>	<b>298,51343</b>

### 11. Unit Pralikuifikasi

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	5	6	7
Pati	74,62649	0	59,70119
H <sub>2</sub> O	216,51836	0	216,51836
Serat dan Impuritas	7,36112	0	7,36112
$\alpha$ -amilase	0	0,00746	0,00746
Dekstrin	0	0	14,9253
<b>Jumlah</b>	298,50597	0,00746	298,51343
	<b>298,51343</b>		<b>298,51343</b>

## 12. Unit Pembuburan

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	3	4	5
Pati	137,31051	0	74,62649
H <sub>2</sub> O	74,62649	79,19546	216,51836
Serat dan Impuritas	7,36112	0	7,36112
Jumlah	219,31051	79,19546	298,50597
	<b>298,50597</b>		<b>298,50597</b>

## 13. Unit Pengupasan

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	1	2	3
Pati	74,62649	0	74,62649
H <sub>2</sub> O	137,3229	0	137,3229
Serat dan Impuritas	7,36112	0	7,36112
Kulit	34,5211	34,52112	0
Jumlah	253,83161	34,52112	219,31051
	<b>253,83161</b>	<b>253,83161</b>	

### 2.2.2 Neraca Panas

#### 1. Unit Heater (E-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	Q1	Q2
H <sub>2</sub> O	4531705.82	49838888.64
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	1.335040312	15.29351114
Kebutuhan panas	45307196.77	
<b>Total</b>	<b>49838903.93</b>	<b>49838903.93</b>

## 2. Unit Heat Tangki Pralikuifikasi (M-02)

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)	
	Q2	Q3	Q4	Q reaksi
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	15,29351114		12,23480891	
H <sub>2</sub> O	49838888,64		49838888,64	
[C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ]			3,058702229	
α-amylase		1717,776465	1717,776465	
Reaksi				99963637,86
Jumlah	49840621,71		149804259,6	
Kebutuhan Panas	99963637,86		-	
<b>Total</b>	<b>149804259,6</b>		<b>149804259,6</b>	

## 3. Unit Heater (E-02)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	Q4	Q5
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	12.23480891	18.14987055
H <sub>2</sub> O	49838888.64	72647785.44
[C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ]	3.058702229	4.537467637
α-amylase	1717.776465	2503.921325
Kebutuhan panas	22809690.35	
<b>Total</b>	<b>72650312.05</b>	<b>72650312.05</b>

## 4. Unit Cooking (M-03)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)	
	Q5	Q6	Q reaksi
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	18,14987055	15,88113673	
H <sub>2</sub> O	72647785,44	72647785,44	
[C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ]	4,537467637	6,806201455	
α-amylase	2503,921325	2503,921325	
Reaksi			145581446,3
Jumlah	72650312,05	218231758,3	
Kebutuhan Panas	145581446,3	-	
<b>Total</b>	<b>218231758,3</b>	<b>218231758,3</b>	

### 5. Unit Cooler (E-03)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	Q6	Q7
H <sub>2</sub> O	72647785.44	49838888.64
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	15.88113673	10.7054578
[C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ]	6.806201455	4.588053343
α-amylase	2503.921325	2503.921325
Q yang diserap	-22808904.2	
<b>Total</b>	<b>49841407.85</b>	<b>49841407.85</b>

### 6. Unit Likuifikasi (M-04)

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)	
	Q7	Q8	Q9	Q reaksi
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	10,7054578		6,117404457	
H <sub>2</sub> O	49838888,64		49838888,64	
[C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ]	4,588053343		9,176106686	
α-amylase	2503,921325	5153,329394	6871,105859	
Reaksi				99963637,86
Jumlah	49846561,18		149809412,9	
Kebutuhan Panas	99962851,71		-	
<b>Total</b>	<b>149809412,9</b>		<b>149809412,9</b>	

### 7. Unit Cooler (E-04)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	Q9	Q10
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	6,117404457	3,830981396
H <sub>2</sub> O	49838888,64	31690854,28
[C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ]	9,176106686	5,746472094
α-amylase	6871,105859	4369,102532
Q yang diserap	-18150542,07	
<b>Total</b>	<b>31695232,96</b>	<b>31695232,96</b>

### 8. Unit Prasakarifikasi (M-05)

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)	
	Q10	Q11	Q12	Q reaksi
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	3,830981396		1,915490698	
H <sub>2</sub> O	31690854,28		31690854,28	
[C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ]	5,746472094		6,384968994	
α-amylase	4369,102532		4369,102532	
glukoamylase		8738,205065	8738,205065	
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>			1,149294419	
Reaksi				63668828,59
Jumlah	31703971,17		95372799,64	
Kebutuhan Panas	63668828,47		-	
<b>Total</b>	<b>95372799,64</b>		<b>95372799,64</b>	

### 9. Unit Cooler (E-05)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	Q12	Q13
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	1,915490698	0,53622728
H <sub>2</sub> O	31690854,28	9059941,006
[C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ]	6,384968994	1,787424266
α-amylase	4369,102532	1249,061033
Glukoamylase	8738,205065	2498,122066
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	8738,205065	0,321736368
Q yang diserap	-22649017,26	
<b>Total</b>	<b>9063690,835</b>	<b>9063690,835</b>

### 10. Tangki Fermentor (R-01)

KOMPONEN	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	0,53622728	0,26811364
H <sub>2</sub> O	11418343,26	11434558,71
[C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ]	1,787424266	
α-amylase	1249,061033	1249,061033
glukoamylase	4163,536777	4163,536777
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	0,321736368	
Yeast	0,003574849	0,003574849
CO <sub>2</sub>		310,7143986
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH		85433,79114
n-propylalcohol		2694,792343
isobutylalcohol		2657,740793
n-butylalcohol		204,0571844
opt.act.amylalcohol		2389,437911
isoamylalcohol		5,631759591
panas reaksi	-4692307,051	
Q yang diserap		-4802216,287
<b>Total</b>	<b>6731451,455</b>	<b>6731451,455</b>

### 11. Unit Dryer (DE-01)

Panas masuk (kJ/jam)		Panas keluar(kJ/jam)	
Panas masuk	1148868,74	Panas yang dibutuhkan	7541796,725
		Panas keluar	8690665,465
<b>TOTAL</b>	<b>1148868,74</b>		<b>1148868,74</b>

### 12. Kolom Distilasi 1 (D-01)

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)		
	Q17	Qrb	Q21 (destilat)	Q20 (residu)	Qcr
H <sub>2</sub> O	56611530,67		2717684,385	67762007,14	
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	892127,905		974491,1304	13,08391892	
n-propylalcohol	16235,75736			20954,04882	
Isobutylalcohol	16675,36672			21780,85394	
n-butylalcohol	1225,557293			1580,11036	
Opt.act amylalcohol	13753,53221			17466,09484	
Panas		14407261,3249			442833,2744
Jumlah	57551548,79	14407261,3249	3692175,515	67823801,33	442833,2744
<b>Total</b>	<b>71958810,1182</b>		<b>71958810,1182</b>		

### 13. Kolom Distilasi 2 (D-02)

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)		Qcr
	Q21	Qrb	Q23 (destilat)	Q22(residu)	
H <sub>2</sub> O	2717684,385		406833,6576	2943683,213	
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	974491,1304		892110,0627	15,01990806	
Panas		651143,1481			100676,7100
Jumlah	3692175,515	651143,1481	1298943,72	2943698,233	100676,7100
<b>Total</b>	<b>4343318,6634</b>		<b>4343318,6634</b>		

### 14. Unit Heater (E-10)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	Q23	Q24
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	406833,6576	593022,1375
H <sub>2</sub> O	892110,0627	1707452,992
Kebutuhan panas	1001531,409	
<b>Total</b>	<b>2300475,13</b>	<b>2300475,13</b>

### 15. Unit Membran Pervaporasi (MP-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Q24	Q25	Q26
H <sub>2</sub> O	540749,2603	489119,9339	51629,32636
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	1448611,944		1448611,944
<b>Total</b>	1989361,204	489119,9339	1500241,27
	<b>1989361,204</b>	<b>1989361,204</b>	

### 16. Unit Cooler (E-11)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	Q26	Q27
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	38843,41454	56620,20408
H <sub>2</sub> O	892110,0627	1707452,992
Kebutuhan panas	833119,719	
<b>Total</b>	<b>1764073,196</b>	<b>1764073,196</b>

### III. PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

#### 3.1. Peralatan Proses

##### 1. Pompa

Kode : P-05  
Fungsi : Memindahkan larutan hasil fermentasi dari Fermentor menuju filter membran mikrofiltrasi  
Tipe : *Positive displacement*  
Jenis : *Rotary gear pump*  
Material : Stainless Steel 304  
Kapasitas Pompa : 1,54 gpm  
Tenaga Pompa : 29,2 ft.lbf/lb

##### Power

- Pompa : 0,02 HP  
- Motor : 0,25 HP

##### Ukuran pipa

- Nominal pipe size : 1 in  
- Schedule number : 40  
- ID : 0,0266 m  
- OD : 0,0344 m  
- Flow area per pipe :  $0,006 \text{ ft}^2 = 0,00056 \text{ m}^2$

##### 2. Reaktor SSF

Kode : R-01  
Fungsi : Sebagai tempat terjadinya proses fermentasi pembentukan etanol  
Tipe : *Stired Tank* Bioreaktor  
Jumlah : 2 buah  
Material : Stainless Steel 304  
Kondisi : Tekanan : 1 atm  
Suhu : 30°C  
Fase reaksi : Cair  
Yeast : *Saccaromyces cereviceae*  
Tinggi : 6,43 m  
Diameter : 1,66 m

Volume :  $7,2 \text{ m}^3$

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

Head dan *bottom* : Tebal :  $0,00132 \text{ m}$

Tinggi :  $0,185 \text{ m}$

Material pengaduk : pengaduk paddle dua daun dengan empat baffle

### 3. Kolom Distilasi 1

Fungsi : memisahkan dan memurnikan etanol hasil fermentasi hingga 75%

Tipe : Metal Pall Ring

Jumlah : 1 buah

Material : Stainless steel 304

Tinggi :  $8,06 \text{ m}$

Diameter :  $0,3 \text{ m}$

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

*Head* dan *bottom* :

- tebal :  $0,0154 \text{ inchi} = 0,00039 \text{ m}$

- tinggi :  $4,7847 \text{ inchi} = 0,12 \text{ m}$

Kondisi operasi :

Umpan

- Tekanan :  $1 \text{ atm}$

- Suhu :  $308,15 \text{ K}$

Puncak

- Tekanan :  $0,75 \text{ atm}$

- Suhu :  $356,15 \text{ K}$

Dasar

- Tekanan :  $0,8 \text{ atm}$

- Suhu :  $367,05 \text{ K}$

#### 4. Kolom Distilasi 2

Fungsi : Memurnikan etanol sampai kemurnian 99,5%

Tipe : Metal Pall Ring

Jumlah : 1 buah

Material : Stainless steel 304

Tinggi : 8,04 m

Diameter : 0,3 m

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

*Head* dan *bottom* :

- tebal : 0,0133 inchi

- tinggi : 4,3081 inchi

Kondisi operasi :

Umpan

- Tekanan : 1 atm

- Suhu : 356,15 K

Puncak

- Tekanan : 0,92 atm

- Suhu : 353,15 K

Dasar

- Tekanan : 1 atm

- Suhu : 373 K

#### 5. Filter Mikrofiltrasi

Kode : F-01

Fungsi : Memisahkan yeast dan produk berat lainnya dari hasil fermentasi

Tipe : Membran mikrofiltrasi

Modul : flat plate

Material : *hydrophilic polpropylene*

Buatan : Kubota

Design flux : 40 l/m<sup>2</sup>h

Ukuran pori : 0.4 mm

Luas permukaan modul per plate : 0.8 m<sup>2</sup>

Jarak antar plate : 7 mm

Laju volumetrik permeat : 0,3 m<sup>3</sup>/jam = 300 L/jam  
 Luas permukaan membran total : 7,5 m<sup>2</sup>  
 Jumlah plate yang dibutuhkan : 10 modul

## 6. Membran Pervaporasi

Kode : MP-01  
 Fungsi : Menaikkan kadar etanol menjadi 99,5% (*fuel grade*)  
 Tipe : Pervaporasi  
 Modul : Tubular (Shell & Tube)  
 Materia l : PDMS (*Polydimethyl siloxane*)  
 Buatan : Pervatech  
 Dimensi : 10 x 7 mm (d<sub>out</sub> x d<sub>in</sub>)  
 Panjang : 25-50 cm  
 Luas area per tube : 0.005-0.01 m<sup>2</sup>  
 Flux : 0.5-1 kg/m<sup>2</sup>h  
 Tekanan maksimum : 10 bar  
 Laju permeat : 1,59868 kg/jam  
 Luas permukaan membran yang dibutuhkan : 1.59868 m<sup>2</sup>  
 Jumlah tube yang dibutuhkan : 160 tube

## 3.2. Utilitas

<b>AIR</b>	
Air pendingin ( <i>cooling water</i> )	39756,4 m <sup>3</sup> /hari
Air umpan ketel ( <i>boiler feed water</i> )	778,517 m <sup>3</sup> /hari
Air Domestik	7,55 m <sup>3</sup> /hari
Air Proses	135,5576 m <sup>3</sup> /hari
Total kebutuhan air	40678,02 m <sup>3</sup> /hari
Didapat dari sumber	Sungai bengawan solo
<b>STEAM</b>	
Kebutuhan steam	31799,05 m <sup>3</sup> /hari
Jenis boiler	Water Tube Boiler
<b>LISTRİK</b>	
Kebutuhan listrik	65 kW
Dipenuhi dari	PLN
<b>BAHAN BAKAR</b>	
Jenis	Solar
Kebutuhan	25,16 lb /jam
Sumber dari	Pertamina

#### IV. PERHITUNGAN EKONOMI

Physical plant cost	US \$ <b>141057,661</b>	
Fixed capital	US \$ <b>207354,7617</b>	
Working capital	US \$ <b>115823,7143</b>	
Total capital investment	US \$ <b>337848,4727</b>	
<b>ANALISIS KELAYAKAN</b>		
Return on Investment (ROI)	Before tax : 86,54%	After tax : 64,68 %
Profit On Sale (POS)	Before tax : 40,15%	After tax : 30,11%
Break Even Point (BEP)	18,65 %.	