

## **BAB III**

### **PERANCANGAN PROSES**

#### **3.1 Uraian Proses**

Pembuatan Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit secara umum dapat digolongkan menjadi beberapa tahapan proses yaitu :

1. Proses *Pretreatment*
2. Proses Simultan *Saccharification and Fermentation* (SSF)
3. Proses Pemurnian

##### **1. Tahap *Pretreatment***

###### *Pretreatment* Lignoselulosa

Tujuan dari *pretreatment* adalah untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses oleh enzim yang memecah *polymer* polisakarida menjadi monomer gula. Jika tidak dipretreatment terlebih dahulu, lignoselulosa sulit untuk dihidrolisis karena lignin sangat kuat melindungi selulosa sehingga sangat sulit melakukan hidrolisis sebelum memecah pelindung lignin. Gula yang diperoleh tanpa pretreatment kurang dari 20%, sedangkan dengan *pretreatment* dapat meningkat menjadi 90% dari hasil teoritis.

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) masuk ke pabrik diangkut menggunakan truk, kemudian masuk ke gudang penyimpanan bahan baku (G-101). Dari tempat penyimpanan diangkut menggunakan *belt conveyor* (BC-101) yang berfungsi sebagai pencucian sekaligus untuk mengalirkan bahan baku menuju *chopper* (CH-101). Chopper merupakan alat kominusi berfungsi untuk memotong TKKS hingga bentuknya seperti *chip*. Ukuran akhir partikel dari material yaitu 10 – 30 mm sesudah *chipping* (Alvira, 2011). Selanjutnya bahan baku akan masuk lewat atas kemudian

keluar lewat bawah yang lalu masuk ke *screw conveyor* (SC-101) untuk dialirkan ke *digester* dengan bantuan *bucket elevator*.

TKKS dimasukkan ke dalam *digester* untuk dimasak, menggunakan metode *pretreatment* fisikakimia yaitu *hot compressed water*. Metode ini berfungsi memecahkan rantai polimer pada serat untuk meningkatkan kadar selulosa dan senyawa lain yang berguna di biomassa agar mempermudah proses selanjutnya yaitu fermentasi dan sakarifikasi. Umumnya metode *hot compressed water* biomassa biasanya dilakukan dengan menggunakan steam 220°C, tekanan operasi 10 atm dan rentang waktunya sekitar 30 menit. Pada tahap *pretreatment* dilakukan pada *digester* berlangsung dengan temperatur 180°C (Goh, 2010). Pada tahap selanjutnya dilakukan proses delignifikasi di alat tangki delignifikasi untuk menghilangkan lignin yang menutupi selulosa dengan menggunakan larutan NaOH 1% selama 1 jam pada tekanan operasi 1 atm dan temperatur 100°C (Rocha, 2012).

## **2. Tahap Simultan *Saccharification and Fermentation* (SSF)**

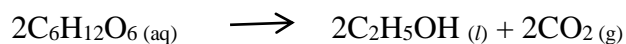
Setelah proses *pretreatment* dan pelepasan lignin, bubur holoselulosa yang dihasilkan dicuci terlebih dahulu pada *rotary filter*, yang berfungsi untuk membersihkan bubur holoselulosa dan cairan lindi hitam. Sebelum masuk ke tahap sakarifikasi dan fermentasi, dilakukan pengkondisian sebelum inokulasi selama 4 jam, pada suhu 50°C, bertujuan untuk memastikan jumlah konsentrasi glukosa cukup tinggi untuk mengaktifasi fermentasi yeast dan enzim yang lebih baik sehingga transfer massa lebih efisien. Selanjutnya bubur holoselulosa masuk ke reaktor SSF, proses yang terjadi berlangsung serentak dalam satu reaktor (R-101) yaitu sakarifikasi dan fermentasi. Proses ini menggunakan enzim selulase 1,5 L dan *novozym 188*, *saccharomyces cerevisiae* dan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  untuk mengkonversi selulosa menjadi etanol. Serta pada suhu 32°C, tekanan 1 atm, selama 24 jam.

Dua operasi yang berbeda dilakukan dalam proses ini yaitu *saccharification* untuk mengubah selulosa menjadi glukosa dengan menggunakan enzim selulase dan

*fermentation* untuk mengubah glukosa dan gula lainnya menjadi etanol menggunakan *saccharomyces cerevisiae*. Proses *saccharification* dan *fermentation* dilakukan secara terpisah di dalam satu reaktor. Hidrolisat detoxifikasi yang terdiri dari air, *cellulose* dan *xylose* masuk ke dalam tangki *saccharification*, dengan penambahan enzim selulase sehingga terjadi reaksi hidrolisa. Setelah proses sakarifikasi dilanjutkan proses fermentasi di dalam reaktor (R-101). Bubur *Saccharified* dialirkan ke reaktor dan pada saat bersamaan dimasukkan nutrisi dan mikroba. Dalam proses fermentasi digunakan *saccharomyces cerevisiae* dan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , pH diatur 4,8 dengan menambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  untuk terjadinya fermentasi alhohol maka dibutuhkan kondisi anaerob untuk mengubah selulosa menjadi etanol (Danhum, 2015; Goh, 2010).

Reaksi yang terjadi dalam reaktor fermentasi :

Reaksi glukosa menjadi etanol :



### 3. Tahap Pemurnian

Distilasi adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan titik didih komponen - komponen yang ada di dalam campuran atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan. Pada tahap distilasi ini, larutan bioetanol yang diperoleh dari proses fermentasi ditampung di tangki penampung (T-106) dengan kadar etanol sebesar 55,1% (Dellweg, 1983). Kemudian dari tangki penampung larutan dialirkan menuju Menara distilasi (MD-101) dengan pompa transfer (P-110) yang bertujuan untuk menghilangkan  $\text{CO}_2$  terlarut dan air.

Terdapat 3 jenis produk yang dihasilkan, yaitu distilat, *side stream* (distilat yang keluar melalui bagian samping dari tray), dan *bottom* produk. Produk etanol keluaran dari Menara distilasi (MD-101) akan ditingkatkan kadarnya dengan menggunakan *pressure swing adsorption* (PA-101). Pada *pressure swing adsorption*

terdapat zeolite sintetis yang berfungsi untuk menyerap kandungan air pada etanol hingga kadar 99,5%.

### 3.1.1 Hasil Perhitungan Neraca Massa

Kapasitas Produksi	=	40.000 ton/tahun
Masa Aktif Produksi	=	330 hari/tahun
Bahan Baku	=	Tandan Kosong Kelapa Sawit
Produk	=	Bioetanol 99,5 %
Waktu Operasi/tahun	=	300 Hari
Basis Perhitungan	=	1 Hari
Waktu Operasi/ hari	=	24 Jam

Kapasitas Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit = 141.677 ton/tahun

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Bahan Baku} &= \frac{141.677 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 17.888,5694 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

### 3.1.2 Neraca Massa Tiap Alat

#### 1. Neraca Massa Chopper (CH-101)

**Tabel 3.1 Neraca Massa Chopper**

KOMPONEN	Masuk (kg/jam)	keluar (kg/jam)	
	F1	F2	F3
TKKS	17888,5694		
Chip TKKS		17,8886	17870,6808
<b>TOTAL</b>	<b>17888,5694</b>	<b>17888,5694</b>	

#### 2. Neraca Massa Digester (D-101)

**Tabel 3.2 Neraca Massa Digester**

KOMPONEN	Masuk (kg/jam)		keluar (kg/jam)
	F3	F4	F5
<b>Komponen TKKS</b>			
Selulosa	8309,8666		
Lignin	4932,3079		
Hemiselulosa	4628,5063		
<b>Uap Steam</b>			
H <sub>2</sub> O		89353,4044	
<b>Pulp</b>			
Selulosa			8309,8666
Lignin			4932,3079
Hemiselulosa			4628,5063
Air			89353,4044
<b>TOTAL</b>	<b>107224,0853</b>		<b>107224,0853</b>

### 3. Neraca Massa Tangki Delignifikasi (T-101)

**Tabel 3.3 Neraca Massa Tangki Delignifikasi**

KOMPONEN	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	F5	F6	F7
<b>Komponen TKKS</b>			
Selulosa	8309,8666		
Hemiselulosa	4932,3079		
Lignin	4628,5063		
Air	89353,4044		
<b>Cairan Pengencer</b>			
Larutan NaOH 1 %		35741,3618	
<b>Pulp</b>			
Selulosa			9845,7873
Hemiselulosa			4628,5063
Air			89353,4044
Larutan NaOH 1 %			35741,3618
<b>Lindi Hitam</b>			
Lignin			3396,3872
<b>TOTAL</b>	<b>142965,4470</b>		<b>142965,4470</b>

#### 4. Neraca Massa Rotary Filter (RF-101)

**Tabel 3.4 Neraca Massa Rotary Filter**

KOMPONEN	Masuk (kg/Jam)		Keluar (kg/jam)	
	F7	F8	F9	F10
<b>Pulp</b>				
Selulosa	9845,7873			
Hemiselulosa	4628,5063			
Lignin	7162,8056			
Air	89353,4044			
Larutan NaOH 1 %	35741,3618			
<b>Cairan Pencuci</b>				
H <sub>2</sub> O		28948,5873		
<b>Lindi Hitam</b>				
Selulosa			9,8458	
Hemiselulosa			2314,2532	
Lignin			3396,0476	
Air			112386,8921	
Larutan NaOH 1 %			35723,4911	
<b>Pulp</b>				
Selulosa				9835,9415
Hemiselulosa				2314,2532
Lignin				0,3396
Air				5915,0996
Larutan NaOH 1 %				17,8707
<b>TOTAL</b>	<b>171914,0343</b>		<b>171914,0343</b>	

## 5. Neraca Massa Tangki Pengenceran (T-102)

**Tabel 3.5 Neraca Massa Tangki Pengenceran**

KOMPONEN	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	F10	F11	F12
<b>Pulp</b>			
Selulosa	9835,9415		
Hemiselulosa	2314,2532		
Lignin	0,3396		
Air	5915,0996		
Larutan NaOH 1 %	17,8707		
<b>Air Pengencer</b>			
Air (H <sub>2</sub> O)		3616,7009	
<b>Pulp</b>			
Air			9550,0108
Holoseululosa			12150,1947
<b>TOTAL</b>	<b>21700,2055</b>		<b>21700,2055</b>



## 6. Neraca Massa Reaktor (R-101)

Tabel 3.6 Neraca Massa Reaktor

KOMPONEN	Masuk (kg/jam)					keluar (kg/jam)		
	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19
<b>Cairan</b>								
Air	9550,0108							
Selulosa	12150,1947							
<b>Enzim</b>								
Selulase		520,8049						
Novozym			0,0326					
<b>Khamir</b>								
s.cerevisiae				108,5010				
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>					86,8008			
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>						63,9072		
<b>Produk</b>								
Etanol								6693,1072
Air								8240,4898
enzim selulase								520,8049
Novozym								0,0326
s.cerevisiae								108,5010
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>								86,8008
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>								63,9072
holoselulosa								364,5058
<b>Gas</b>								
CO <sub>2</sub>							6402,1026	
<b>TOTAL</b>	<b>22480,2520</b>					<b>22480,2520</b>		

## 7. Neraca Massa Centrifuge (CF-101)

Tabel 3.7 Neraca Massa Centrifuge

KOMPONEN	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/kam)	
	F19	F20	F21
<b>Umpan</b>			
Etanol	6693,1072		
Air	8240,4898		
Enzim Selulase	520,8049		
Novozym	0,0326		
S.Cerevisiae	108,5010		
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	86,8008		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	63,9072		
Holosekulosa	364,5058		
<b>Cake</b>			
Etanol		669,3107	
Air		824,0490	
Enzim Selulase		520,7789	
Novozym		0,0325	
S.Cerevisiae		108,4956	
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		86,7965	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		63,9040	
Holosekulosa		364,4876	
<b>Filtrat</b>			
Etanol			6023,7965
Air			7416,4409
Enzim Selulase			0,0260
Novozym			0,0000
S.Cerevisiae			0,0054
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			0,0043
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			0,0032
Holosekulosa			0,0182
<b>TOTAL</b>	<b>16078,1495</b>		<b>16078,1495</b>

## 8. Neraca Massa Menara Distilasi (DC-101)

**Tabel 3.8 Neraca Massa Menara Distilasi**

KOMPONEN	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	F21	F22	F23
<b>Umpan</b>			
Air	7416,4409		
Etanol	6023,7965		
<b>Distilat</b>			
Air		260,3257	
Etanol		5696,7838	
<b>Bottom</b>			
Air			7156,1152
Etanol			327,0127
<b>TOTAL</b>	<b>13440,2374</b>	<b>13440,2374</b>	

## 9. Neraca Massa Pressure Swing Adsorption (PA-101)

**Tabel 3.9 Neraca Massa Pressure Swing Adsorption**

KOMPONEN	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	F22	F24	F25
Air	121,58	103,3392	18,2363
Etanol	3996,14	0,0000	3996,1373
<b>TOTAL</b>	<b>4117,7129</b>	<b>103,3392</b>	<b>4014,3736</b>
	<b>4117,7129</b>	<b>4118,7129</b>	

### 3.1.3 Neraca Panas Tiap Alat

#### 1. Neraca Panas Digester

**Tabel 3.10 Neraca Panas Digester**

Komponen	Masuk (Kkal/Jam)			Keluar (Kkal/Jam)
	Q1	Q2	Q3	Q4
<b>Bahan Baku</b>				
Tkks	88456,2173			
<b>Cairan Pemasak</b>				
Air		324618,0730		
<b>Pulp</b>				
Selulosa				426614,2965
Lignin				252277,1319
Hemiselulosa				237619,5759
Air				14921980,5706
Panas Steam			15425417,2845	
<b>Total</b>	<b>15838491,5748</b>			<b>15838491,5748</b>

## 2. Neraca Panas Cooler Digester

**Tabel 3.11 Neraca Panas Cooler Digester**

Komponen	Masuk (Kkal/jam)	Keluar (Kkal/jam)
	Q4	Q5
Selulosa	426614,2965	206426,2725
Hemiselulosa	237619,5759	114977,2141
Lignin	252277,1319	122069,5799
Air	14921980,5706	4869271,0949
<i>Cooling Water</i>	-	10525747,4133
<b>Total</b>	<b>15838491,5748</b>	<b>15838491,5748</b>

### 3. Neraca Panas Tangki Delignifikasi

**Tabel 3.12 Neraca Panas Tangki Delignifikasi**

Komponen	Masuk (Kkal/Jam)			Keluar (Kkal/Jam)
	Q5	Q6	Q7	Q8
<b>Pulp</b>				
Selulosa	206426,2725			
Hemiselulosa	114977,2141			
Lignin	122069,5799			
Air	4869271,0949			
<b>Cairan NaOH</b>				
Larutan NaOH		73691,3856		
<b>Pulp</b>				
Selulosa				244580,2402
Hemiselulosa				114977,2141
Lignin				84057,1127
Air				4869271,0949
Larutan NaOH				1105370,7846
Panas <i>Steam</i>			1031820,8994	
<b>Total</b>	<b>6418256,4466</b>			<b>6418256,4466</b>

#### 4. Neraca Panas Rotary Filter

Tabel 3.13 Neraca Panas rotary filter

Komponen	Masuk (Kkal/Jam)		Keluar (Kkal/Jam)	
	Q8	Q9	Q10	Q11
<b>Pulp</b>				
Selulosa	244580,2402			
Hemiselulosa	114977,2141			
Lignin	84057,1127			
Air	4869271,0949			
Larutan NaOH	1105370,7846			
<b>Air Pencuci</b>				
Air		105169,2958		
<b>Pulp</b>				
Selulosa			199,5425	199342,9494
Hemiselulosa			46902,4803	46902,4803
Lignin			68571,7228	6,8579
Air			4996691,4956	262983,7629
Larutan NaOH			901373,5384	450,9122
<b>Total</b>	<b>6523425,7424</b>		<b>6523425,7424</b>	

## 5. Neraca Panas Tangki Pengencer

**Tabel 3.14 Neraca Panas Tangki Pengencer**

Komponen	Masuk (Kkal/Jam)		Keluar (Kkal/Jam)
	Q11	Q12	Q13
Holoselulosa	199342,9494		292736,4718
Air	262983,7629	13139,3593	230089,8501
Lignin	6,8579		
Larutan NaOH	450,9122		
<b>Total</b>	<b>522826,3220</b>		<b>522826,3220</b>

## 6. Neraca Panas Pada Cooler

**Tabel 3.15 Neraca Panas Cooler**

Komponen	Masuk (Kkal/Jam)	Keluar (Kg/Jam)
	Q13	Q14
Holoselulosa	292736,4718	100239,1061
Air	230089,8501	173474,4261
<i>Cooling Water</i>		249112,7898
<b>Total</b>	<b>522826,3220</b>	<b>522826,3220</b>



## 7. Neraca Panas Pada Reaktor

**Tabel 3.16 Neraca Panas Reaktor**

Komponen	Masuk (Kkal/Jam)		Keluar (Kkal/Jam)	
	Q14	Q15	Q16	Q17
Etanol			16846,2504	
Air	173474,4261		41912,4121	
holoselulosa	100239,1061		842,0085	
enzim selulase		1130,1467	1130,1467	
enzim novozym		0,0706	0,0706	
s.cerevisiae		220,2571	220,2571	
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		497,2376	497,2376	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		156,5727	156,5727	
CO <sub>2</sub>				7003,8056
Panas reaksi		2798,2913		
Steam				204310,7643
<b>Total</b>	<b>27919,5256</b>		<b>27919,5256</b>	

## 8. Neraca Panas Centrifuge

Tabel 3.17 Neraca Panas Centrifuge

Komponen	Masuk (Kkal/Jam)	Keluar (Kkal/Jam)	
	Q16	Q18	Q19
Etanol	16846,2504	1684,6250	15161,6254
Air	41912,4121	4191,2412	37721,1709
Enzim Selulase	1130,1467	1130,0902	0,0565
Novozym	0,0706	0,0706	0,0000
S.Cerevisiae	220,2571	220,2461	0,0110
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	497,2376	497,2127	0,0249
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	156,5727	156,5649	0,0078
Holosekulosa	842,0085	841,9664	0,0421
<b>Total</b>	<b>61604,9557</b>	<b>61604,9557</b>	

## 9. Neraca Panas Heater

Tabel 3.18 Neraca Panas Heater

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
	Q19	Q20
Etanol	15161,6254	160419,3233
Air	37721,1709	399113,1923
Panas Steam	506649,7194	
<b>Total</b>	<b>559532,5156</b>	<b>559532,5156</b>

## 10. Neraca Panas Kondensor Parsial

**Tabel 3.19 Neraca Panas Kondensor Parsial**

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)	
	Q21	Q22	Q23
Etanol	116191,9874	17419,3162	33635,1298
Air	10729,4539	163,9971	5545,3193
<i>Cooling Water</i>			70157,6789
<b>Total</b>	<b>126921,4431</b>	<b>126921,4431</b>	

## 11. Neraca Panas Pada *Reboiler*

**Tabel 3.20 Neraca Panas *Reboiler***

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
	Qin	Qout (Qvb + Qb)
Etanol	17314,4604	28252,0543
Air	1445214,1497	1546669,9675
<i>Cooling Water</i>	112393,4117	
<b>Total</b>	<b>1574922,0218</b>	<b>1574922,0218</b>

## 12. Neraca Panas Pressure Swing Adsorption

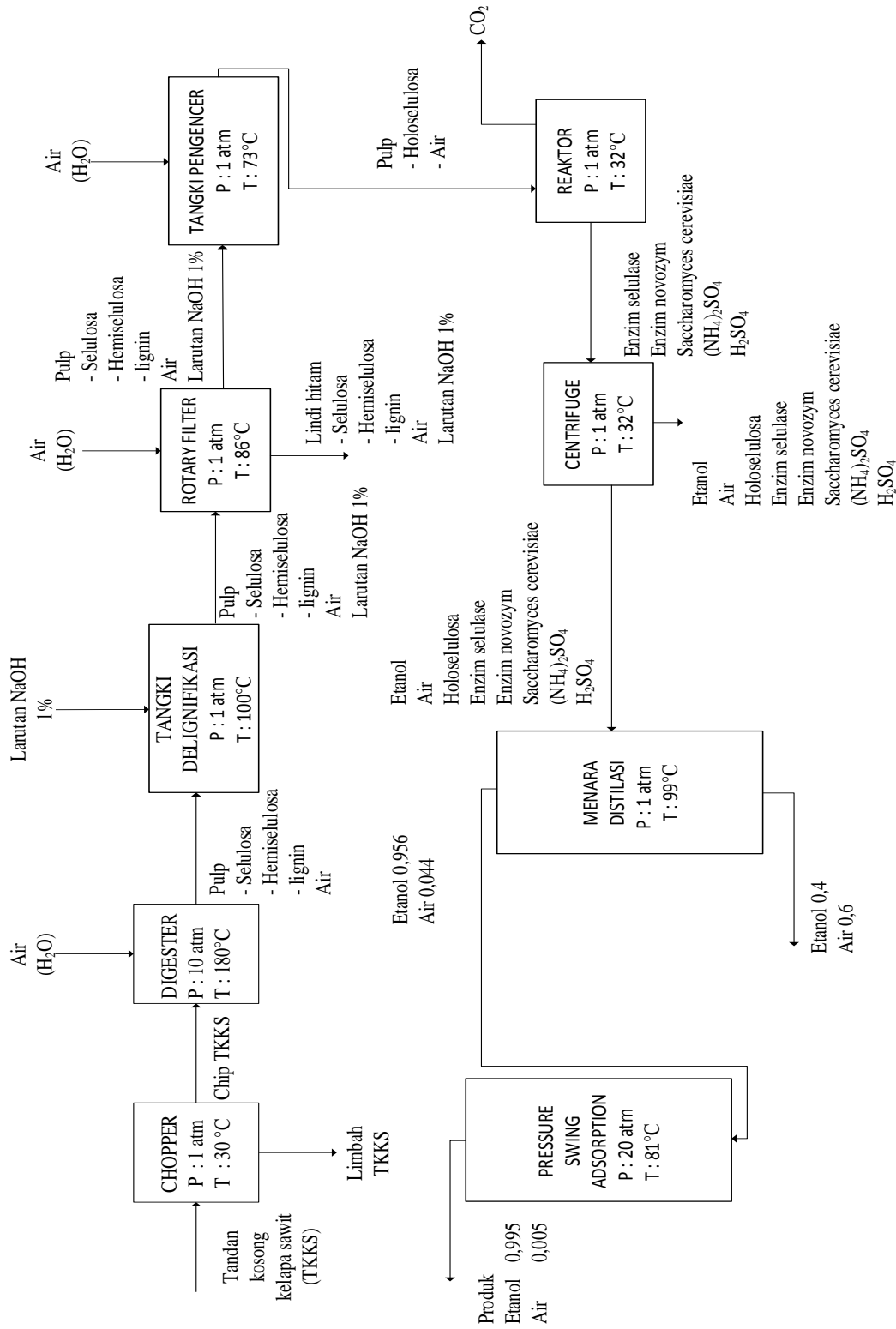
Tabel 3.21 Neraca Panas *Pressure Swing Adsorption*

Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
	Q22	Q24	Q25
Etanol	17419,3162	0,0000	17419,3162
Air	163,9971	139,3975	24,5996
<b>Total</b>	<b>17583,3134</b>	<b>17583,3134</b>	

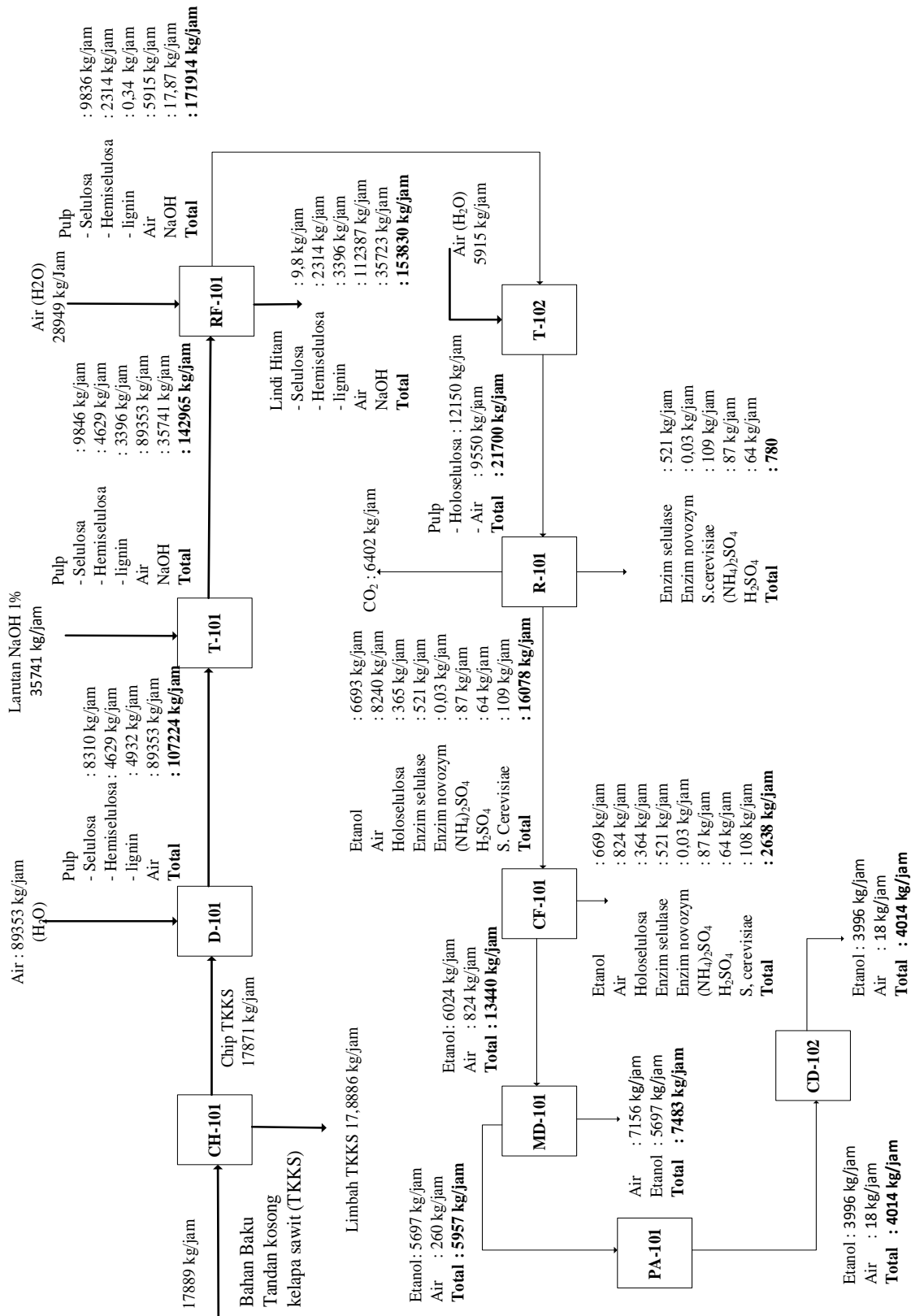
## 13. Neraca Panas Kondensor

Tabel 3.22 Neraca Panas Kondensor

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
	Q25	Q26
Etanol	17419,3162	16380,3795
Air	24,5996	23,1324
<i>Cooling Water</i>		1040,4039
<b>Total</b>	<b>17443,9158</b>	<b>17443,9158</b>



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif

## 3.2 Spesifikasi Alat Proses

### 3.2.1 Gudang Bahan Baku TKKS

Kode	: G-101
Tipe	: Persegi panjang
Fungsi	: Tempat penyimpanan bahan baku TKKS
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: Beton
Volume gudang	: 1918,26 m <sup>3</sup>
Panjang	: 20,51 m
Tinggi	: 6,84 m
Lebar	: 13,68 m
Suhu penyimpanan	: 30°C

### 3.2.2 Chopper

Kode	: CH-101
Tipe	: <i>Automatic olive tree log CE drums wood chips shredder</i>
Fungsi	: Memotong TKKS menjadi bentuk Chip
Jumlah	: 1 unit
Suhu	: 30°C
Jumlah pisau	: 2 – 4 pcs
Revolusi putaran	: 300 rpm
Diameter pisau	: 300 mm
Input opener	: 300 × 120 mm
Input diameter	: 100 mm
Kecepatan putar	: 730 rpm
Daya motor	: 40 Hp
Harga alat	: \$34.275

### 3.2.3 Belt Conveyor (BC-101)

Kode	: BC-101
Tipe	: <i>Belt Beton 10° Iddler</i>
Fungsi	: Mengangkut TKKS Menuju Chopper (CH-101)
Kapasitas	: 17,9 ton/jam
Jumlah	: 1 Unit
Lebar <i>belt</i>	: 0,46 m
Panjang <i>belt</i>	: 15,23 m
Kecepatan angkut	: 166 ft/min
Daya motor	: 3 Hp
Harga alat	: \$25.592

### 3.2.4 Bucket Elevator (BE-101)

Kode	: BE-101
Fungsi	: Untuk membawa chip TKKS dari Chopper ke Hopper

#### **Kondisi Operasi**

- Suhu : 30°C
- Tekanan : 1 atm

#### Dimensi *elevator*

- Ukuran *Bucket* : 8 × 5 × 5,5 in
- Tinggi Elevasi : 9 m
- Volume *Bucket* : 0,108 ft<sup>3</sup>

Kecepatan <i>bucket</i>	: 225 ft/min
Panjang <i>belt</i>	: 51,7 ft
Jarak antar <i>bucket</i>	: 14 in
Jumlah <i>bucket</i>	: 39 unit
Daya angkut	: 5 Hp
Harga alat	: \$14.053



### 3.2.5 Hopper (HP-101)

Kode	: HP-101
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
Fungsi	: Tempat penampung chip TKKS dari chopper
Kondisi operasi	
• Tekanan	: 1 atm
• Suhu	: 30°C
Tinggi silo	: 4,37 m
Tebal dinding tangki	: ¼ in
Tebal head tangki	: ¼ in
Sudut konis	: 45°
Jenis sambungan	: <i>Double welded butt joint</i>
Jumlah	: 1 unit
Harga alat	: \$15.652

### 3.2.6 Screw Conveyor (SC-101)

Kode	: SC-101
Tipe	: Screw Conveyor dilengkapi dengan hopper dan discharge
Fungsi	: Membawa TKKS dari hopper menuju digester
Panjang	: 3 m
Daya motor	: 0,5 Hp
Harga alat	: \$3.313

### 3.2.7 Bucket Elevator (BE-102)

Kode : BE-102  
 Fungsi : Untuk membawa chip TKKS dari hopper ke digester

#### Kondisi Operasi

- Suhu : 30°C
- Tekanan : 1 atm

#### Dimensi *elevator*

- Ukuran *Bucket* : 8 × 5 × 5,5 in
- Tinggi Elevasi : 9 m
- Volume *Bucket* : 0,108 ft<sup>3</sup>

Kecepatan *bucket* : 225 ft/min

Panjang *belt* : 51,7 ft

Jarak antar *bucket* : 14 in

Jumlah *bucket* : 39 unit

Daya angkut : 5 Hp

Harga alat : \$14.053

### 3.2.8 Expansion Valve (EV-101)

Kode : EV-101

Fungsi : Untuk menurunkan fluida keluar dari digester

Tipe : *Globe valve*

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 285 A*

Jumlah : 1 unit

Suhu : 180°C

Tekanan masuk : 10 atm

Tekanan keluar : 1 atm

Harga alat : \$2.285

### 3.2.9 Digester (D-101)

Kode	: D-101
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 193 – B7</i>
Fungsi	: Sebagai tempat pemasakan serbuk untuk merusak bagian lignin
Tipe tangki	: Silinder tegak dengan tutup dan atas ellipsoidal
Jumlah	: 1 unit

#### **Kondisi operasi**

- Tekanan : 10 atm
- Suhu masuk : 30°C
- Suhu keluar : 180°C

Volume tangki	: 72,90 m <sup>3</sup>
Diameter tangki	: 3,7 m
Tinggi tangki	: 7 m
Tebal dinding tangki	: ½ in
Tebal head tangki	: ½ in

#### **Pengaduk (impeller)**

Tipe pengaduk	: <i>Anchor agitator</i>
Diameter pengaduk	: 1,23 m
Lebar pengaduk	: 0,25 m
Jarak pengaduk dari dasar	: 1,23 m
Panjang daun pengaduk	: 0,31 m
Daya motor pengaduk	: 5 Hp

#### **Baffle**

Jumlah baffle	: 4 buah
Lebar baffle	: 0,31 m
Tinggi jacket	: 5,9 m
Harga alat	: \$101.682

**3.2.10 Cooler I (C-101)**

Kode	: E-101
Fungsi	: Menurunkan temperatur keluar digester (D-101) dari 180°C menjadi 100°C
Tipe	: 1-2 shell and tube exchanger
<b>Data konstruksi</b>	
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
<b>Shell side</b>	
ID	: 0,62 in
Baffle spaces	: 7,4 in
<b>Tube side</b>	
Number, length	: 1143 , 16
OD, BWG	: 0,75 , 16
<b>Data performance</b>	
UC	: 274,537
UD	: 120,424
Rd	: 0,00466
Fluida	
Shell side	: Pulp
Tube side	: Dowtherm A
<b>Temperatur masuk</b>	
Shell side	: 180°C
Tube side	: -30°C
<b>Temperatur keluar</b>	
Shell side	: 100°C
Tube side	: 39°C
Tekanan	: 1 atm
<b>Jumlah passes</b>	
Shell side	: 2 passes

Tube side	: 1 passes
<b>Pressure drop</b>	
Shell side	: 1 psi
Tube side	: 3,5 psi
Harga alat	: \$1201.40

### 3.2.11 Tangki Delignifikasi (T-101)

Kode	: T-101
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 193 – B7</i>
Fungsi	: Tempat untuk menghilangkan lignin

Tipe tangki : Silinder tegak dengan tutup dan atas ellipsoidal dilengkapi dengan pengaduk dan jaket

Jumlah : 1 unit

#### **Kondisi operasi**

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 100°C

Volume tangki : 50 m<sup>3</sup>

Diameter tangki : 3,3 m

Tinggi tangki : 7 m

Tebal dinding tangki : ¼ in

Tebal head tangki : ¼ in

#### **Pengaduk (impeller)**

Tipe pengaduk : *Anchor agitator*

Diameter pengaduk : 1,1 m

Lebar pengaduk : 0,2 m

Jarak pengaduk dari dasar : 1,1 m

Panjang daun pengaduk : 0,3 m

Daya motor pengaduk : 0,5 Hp

**Baffle**

Jumlah baffle : 4 buah

Lebar baffle : 0,38 m

Tinggi jacket : 5,9 m

Harga alat : \$27.991

**3.2.12 Pompa I (P-101)**

Kode : P-101 A/B

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki air proses menuju tangki digester

Tipe : *Centrifugal pump*

Jumlah : 2 unit (1 cadangan)

Kapasitas : 393,32 gallon/min

**Kondisi operasi**

- Tekanan : 1 atm

- Suhu : 30°C

Jenis pipa : *Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)*

Diameter nominal : 8 in

*Static head* : 9,84 ft.lbf/lbm

P teoritis pompa : 34 Hp

P actual pompa : 87 Hp

Power motor : 210 Hp

Harga alat : \$40.901

### 3.2.13 Pompa II (P-102)

Kode	: P-102 A/B
Fungsi	: Mengalirkan NaOH dari tangki penyimpanan NaOH menuju tangki delignifikasi
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 2 unit (1 cadangan)
Kapasitas	: 89,8 gallon/min

#### Kondisi operasi

• Tekanan	: 1 atm
• Suhu	: 30°C
Jenis pipa	: <i>Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)</i>
Diameter nominal	: 8 in
<i>Static head</i>	: 9,84 ft.lbf/lbm
P teoritis pompa	: 0,8 Hp
P actual pompa	: 1,2 Hp
Power motor	: 3 Hp
Harga alat	: \$15.995

### 3.2.14 Tangki Penampung NaOH (T-102)

Kode	: T-102
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 193 – B7</i>
Fungsi	: Tempat untuk menampung NaOH
Tipe tangki	: Silinder tegak dengan tutup dan atas ellipsoidal
Jumlah	: 1 unit

#### Kondisi operasi

• Tekanan	: 1 atm
• Suhu	: 30°C
Volume tangki	: 72,26 m <sup>3</sup>

Diameter tangki	: 3,7 m
Tinggi tangki	: 7 m
Tebal dinding tangki	: 5/16 in
Tebal head tangki	: 5/16 in
Harga alat	: \$32.104

### 3.2.15 Pompa III (P-103)

Kode	: P-103 A/B
Fungsi	: Mengalirkan fluida dari tangki delignifikasi menuju rotary filter
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 2 unit (1 cadangan)
Kapasitas	: 495,6 gallon/min
<b>Kondisi operasi</b>	
• Tekanan	: 1 atm
• Suhu	: 100°C
Jenis pipa	: <i>Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)</i>
Diameter nominal	: 8 in
<i>Static head</i>	: 9,84 ft.lbf/lbm
P teoritis pompa	: 3,2 Hp
P actual pompa	: 4,5 Hp
Power motor	: 6 Hp
Harga alat	: \$15.995



### 3.2.16 Rotary Filter (RF-101)

Kode	: RF-101
Tipe	: <i>Rotary drum filter</i>
Bentuk	: Silinder horizontal dengan tutup datar
Fungsi	: Untuk memisahkan pulp dan lindi hitam yang berasal dari proses delignifikasi
Jenis sambungan	: <i>Double welded butt joint</i>
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 193 – B7</i>

#### **Kondisi operasi**

• Suhu masuk	: 100°C
• Suhu keluar	: 89°C
• Tekanan	: 1 atm
Luas area filter	: 70 m <sup>3</sup>

#### **Ukuran tangki**

Panjang	: 11 m
Diameter	: 4 m
Tebal	: 3/16 in
Daya	: 15 Hp
Pressure drop	: 3 atm
Harga alat	: \$491.732

### 3.2.17 Tangki Pengenceran (T-103)

Kode	: T-103 A/B
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 193 – B7</i>
Fungsi	: Tempat untuk mengencerkan pulp
Tipe tangki	: Silinder tegak dengan tutup dan atas ellipsoidal dilengkapi dengan penutup dan pengaduk

Jumlah : 1 unit

**Kondisi operasi**

- Tekanan : 1 atm
- Suhu masuk : 89°C
- Suhu keluar : 76°C

Volume tangki : 16 m<sup>3</sup>

Diameter tangki : 2,3 m

Tinggi tangki : 6 m

Tebal dinding tangki : 5/16 in

Tebal head tangki : 5/16 in

**Pengaduk (impeller)**

Tipe pengaduk : *Anchor agitator*

Diameter pengaduk : 1 m

Lebar pengaduk : 0,2 m

Jarak pengaduk dari dasar : 1 m

Panjang daun pengaduk : 0,25 m

Daya motor pengaduk : 0,05 Hp

**Baffle**

Jumlah baffle : 4 buah

Lebar baffle : 0,25 m

Harga alat : \$219.360

**3.2.18 Pompa IV (P-104)**

Kode : P-102

Fungsi : Mengalirkan fluida dari rotary filter menuju cooler II

Tipe : *Centrifugal pump*

Jumlah : 2 unit (1 cadangan)

Kapasitas : 1025 gallon/min

**Kondisi operasi**

• jTekanan	: 1 atm
• Suhu	: 89°C
Jenis pipa	: <i>Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)</i>
Diameter nominal	: 4 in
<i>Static head</i>	: 19,68 ft.lbf/lbm
P teoritis pompa	: 0,85 Hp
P actual pompa	: 2 Hp
Power motor	: 3 Hp
Harga alat	: \$9.825

**3.2.19 Cooler II (C-102)**

Kode	: C-102
Fungsi	: Menurunkan temperatur keluar tangki pengenceran dari 73 °C menjadi 50°C
Tipe	: 1-2 shell and tube exchanger

**Data konstruksi**

Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA – 516 70</i>
------------------	--------------------------------------

**Shell side**

ID	: 39 in
Baffle spaces	: 7,8 in

**Tube side**

Number, length	: 168 , 16
OD, BWG	: 1 , 16

**Data performance**

UC	: 89
UD	: 75
Rd	: 0,002 (syarat 0,002 – 0,003)

<b>Fluida</b>	
Shell side	: Pulp
Tube side	: Air pendingin
<b>Temperatur masuk</b>	
Shell side	: 73°C
Tube side	: 50°C
<b>Temperatur keluar</b>	
Shell side	: 30°C
Tube side	: 49°C
Tekanan	: 1 atm
<b>Jumlah passes</b>	
Shell side	: 1 passes
Tube side	: 1 passes
<b>Pressure drop</b>	
Shell side	: 1 psi
Tube side	: 1 psi
Harga alat	: \$104.082

### 3.2.20 Reactor Saccharification And Fermentation (R-101)

Kode	: R-101
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 193 – B7</i>
Fungsi	: Sebagai tempat berlangsungnya proses hidrolisa selulosa menjadi glukosa
Tipe tangki	: Silinder tegak dengan tutup dan atas ellipsoidal dilengkapi dengan penutup dan jaket
Jumlah	: 1 unit
<b>Kondisi operasi</b>	
• Tekanan	: 1 atm

- Suhu : 32°C
- Waktu Tinggal : 24 Jam
- Volume tangki : 795 m<sup>3</sup>
- Diameter tangki : 8 m
- Tinggi tangki : 12 m
- Tebal dinding tangki : ¼ in
- Tebal head tangki : ¼ in

**Pengaduk (impeller)**

- Tipe pengaduk : *Anchor agitator*
- Diameter pengaduk : 2,7 m
- Lebar pengaduk : 0,6 m
- Jarak pengaduk dari dasar : 2,7 m
- Panjang daun pengaduk : 0,7 m
- Daya motor pengaduk : 3 Hp

**Baffle**

- Jumlah baffle : 4 buah
- Lebar baffle : 0,7 m
- Tinggi jacket : 10,7 m
- Harga alat : \$523.379

**3.2.21 Pompa V (P-105)**

- Kode : P-105
- Fungsi : Mengalirkan fluida dari reaktor menuju centrifuge
- Tipe : *Centrifugal pump*
- Jumlah : 2 unit (1 cadangan)
- Kapasitas : 129,5 gallon/min

**Kondisi operasi**

- Tekanan : 1 atm

- Suhu : 32°C
- Jenis pipa : *Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)*
- Diameter nominal : 4 in
- Static head* : 9,84 ft.lbf/lbm
- P teoritis pompa : 0,42 Hp
- P actual pompa : 1 Hp
- Power motor : 3 Hp
- Harga alat : \$9.825

### 3.2.22 Tangki *saccharomyces cerevisiae* (T-107)

- Kode : T-107
- Fungsi : Tempat penyimpanan enzim *saccharomyces cerevisiae*
- Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bawah berbentuk kerucut
- Jumlah : 1 unit
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 193 – B7*
- Kondisi operasi
- Suhu : 30°C
- Tekanan : 1 atm
- Tinggi silo : 6,2 m
- Tebal dinding tangki : 5/16 in
- Tebal head tangki : 5/16 in
- Sudut konis : 45°
- Jenis sambungan : Double welded butt joint
- Harga alat : \$30.333

### 3.2.23 Tangki Selulase (T-109)

Kode	: T-109
Fungsi	: Tempat penyimpanan enzim selulase
Tipe	: Silinder tegak dengan tutup atas datar, bagian bawah berbentuk kerucut
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 193 – B7</i>
<b>Kondisi operasi</b>	
• Suhu	: 30°C
• Tekanan	: 1 atm
Tinggi silo	: 0,75 m
Tebal dinding tangki	: 5/16 in
Tebal head tangki	: 5/16 in
Sudut konis	: 45°
Jenis sambungan	: Double welded butt joint
Harga alat	: \$41.390

### 3.2.24 Tangki (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (T-105)

Kode	: T-105
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 193 – B7</i>
Fungsi	: Tempat untuk menampung (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Tipe tangki	: Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah ellipsoidal
Jumlah	: 1 unit
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30°C
Volume tangki	: 32,7 m <sup>3</sup>

Diameter tangki	: 2,8 m
Tinggi tangki	: 6 m
Tebal dinding tangki	: 5/16 in
Tebal head tangki	: 5/16 in
Harga alat	: \$25.021

### 3.2.25 Pompa VI (P-106)

Kode	: P-106 A/B
Fungsi	: Mengalirkan ammonia sulfat menuju reaktor
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 2 unit (1 cadangan)
Kapasitas	: 20 gallon/min

#### Kondisi operasi

• Tekanan	: 1 atm
• Suhu	: 30°C
Jenis pipa	: <i>Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)</i>
Diameter nominal	: 0,125 in
<i>Static head</i>	: 9,84 ft.lbf/lbm
P teoritis pompa	: 0,002 Hp
P actual pompa	: 0,01 Hp
Power motor	: 0,05 Hp
Harga alat	: \$914

### 3.2.26 Tangki H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (T-106)

Kode	: T-106
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 193 – B7</i>
Fungsi	: Tempat untuk menampung H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Tipe tangki	: Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah ellipsoidal



Jumlah	: 1 unit
<b>Kondisi operasi</b>	
• Tekanan	: 1 atm
• Suhu	: 30°C
Volume tangki	: 23,3 m <sup>3</sup>
Diameter tangki	: 2,5 m
Tinggi tangki	: 5 m
Tebal dinding tangki	: ¼ in
Tebal <i>head</i> tangki	: ¼ in
Harga alat	: \$21.707

### 3.2.27 Pompa VII (P-107)

Kode	: P-107
Fungsi	: Mengalirkan asam sulfat menuju reaktor
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 2 unit (1 cadangan)
Kapasitas	: 20 gallon/min
<b>Kondisi operasi</b>	
• Tekanan	: 1 atm
• Suhu	: 30°C
Jenis pipa	: <i>Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)</i>
Diameter nominal	: 0,125 in
<i>Static head</i>	: 9,84 ft.lbf/lbm
P teoritis pompa	: 0,0012 Hp
P actual pompa	: 0,006 Hp
Power motor	: 0,05 Hp
Harga alat	: \$914

### 3.2.28 Tangki Novozym (T-108)

Kode	: T-108
Fungsi	: Tempat penyimpanan enzim novozym
Tipe	: Silinder tegak dengan tutup atas datar dan bagian bawah berbentuk kerucut
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 193 – B7</i>
<b>Kondisi operasi</b>	
Suhu	: 30°C
Tekanan	: 1 atm
Tinggi silo	: 5,3 m
Tebal dinding tangki	: 5/16 in
Tebal head tangki	: 5/16 in
Sudut konis	: 45°
Jenis sambungan	: Double welded butt joint
Harga alat	: \$12.225

### 3.2.29 Centrifuge (CF-101)

Kode	: CF-101
Fungsi	: Memisahkan sisa padatan yang terdapat pada glukosa
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285 Grade A</i>
Jumlah	: 1 unit
Tipe	: <i>Nozzle discharge centrifuge</i>
Bowl diameter	: 27 in
<b>Kondisi operasi</b>	
• Suhu	: 32°C
• Tekanan	: 1 atm

Kecepatan putar	: 4200 rpm
Kebutuhan daya	: 125 Hp
Harga alat	: \$67.750

### 3.2.30 Pompa VIII (P-108)

Kode	: P-108 A/B
Fungsi	: Mengalirkan fluida dari centrifuge menuju tangki penampung etanol sementara
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 2 unit (1 cadangan)
Kapasitas	: 78 gallon/min

#### **Kondisi operasi**

• Tekanan	: 1 atm
• Suhu	: 32°C
Jenis pipa	: <i>Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)</i>
Diameter nominal	: 3 in
<i>Static head</i>	: 22,97 ft.lbf/lbm
P teoritis pompa	: 0,73 Hp
P actual pompa	: 1,87 Hp
Power motor	: 3 Hp
Harga alat	: \$8.226

### 3.2.31 Tangki Penampung Umpan Reaktor Sementara (T-104)

Kode	: T-104
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 193 – B7</i>
Fungsi	: Tempat untuk menampung umpan reaktor
Tipe tangki	: Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah ellipsoidal
Jumlah	: 1 unit

Lama waktu tinggal	: 24 Jam
Suhu	: 32°C
Diameter tangki	: 6,5 m
Tinggi tangki	: 13 m
Tebal dinding tangki	: 3/8 in
Tebal <i>head</i> tangki	: 3/8 in
Harga alat	: \$12.453

### 3.2.32 Tangki Penampung Etanol Sementara (T-110)

Kode	: T-110
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 193 – B7</i>
Fungsi	: Tempat untuk menampung etanol
Tipe tangki	: Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah ellipsoidal
Jumlah	: 1 unit
Lama waktu tinggal	: 24 Jam
Suhu	: 32°C
Diameter tangki	: 6,6 m
Tinggi tangki	: 15 m
Tebal dinding tangki	: 3/8 in
Tebal <i>head</i> tangki	: 3/8 in
Harga alat	: \$12.453

### 3.2.33 Pompa IX (P-109)

Kode	: P-109 A/B
Fungsi	: Mengalirkan fluida dari tangki penampung (T-106) menuju heater
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 2 unit (1 cadangan)
Kapasitas	: 79,8 gallon/min

**Kondisi operasi**

• Tekanan	: 1 atm
• Suhu	: 32°C
Jenis pipa	: <i>Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)</i>
Diameter nominal	: 3 in
<i>Static head</i>	: 16,4 ft.lbf/lbm
P teoritis pompa	: 0,52 Hp
P actual pompa	: 1,34 Hp
Power motor	: 3 Hp (standar NEMA)
Harga alat	: \$8.226

**3.2.34 Heater (HE-101)**

Kode	: HE-101
Fungsi	: Menaikkan temperatur keluar tangki penampung (T-106) dari 32 °C menjadi 99,06°C
Tipe	: 1-2 shell and tube exchanger

**Data konstruksi**

Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA – 516 70</i>
------------------	--------------------------------------

**Shell side**

ID	: 12 in
Baffle spaces	: 2,4 in

**Tube side**

Number, length	: 75 , 16
OD, BWG	: 1 , 16

**Data performance**

UC	: 120
UD	: 100
Rd	: 0,002

<b>Fluida</b>	
Shell side	: Steam
Tube side	: Etanol
<b>Temperatur masuk</b>	
Shell side	: 220°C
Tube side	: 32°C
<b>Temperatur keluar</b>	
Shell side	: 220°C
Tube side	: 99,06°C
Tekanan	: 1 atm
<b>Jumlah passes</b>	
Shell side	: 2 passes
Tube side	: 1 passes
<b>Pressure drop</b>	
Shell side	: 1 psi
Tube side	: 1 psi
Harga alat	: \$22.507

### 3.2.35 Menara Distilasi (MD-201)

Kode	: MD-201
Fungsi	: Memurnikan etanol hingga 95,63%
Tipe	: <i>Sieve tray</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 193 B7</i>
Jumlah	: 1 unit
<b>Kondisi operasi</b>	
Suhu	: 98°C
Tekanan	: 1 atm
Diameter <i>column</i>	: 2,4 m
Tinggi	: 11,7 m

Tebal <i>colomn</i>	: 0,19 in
<b>Tray</b>	
Jumlah	: 12 tray
Lokasi umpan	: Tray ke 6
Diameter lubang	: 0,0045 m
<i>Tray spacing</i>	: 0,4 m
Harga alat	: \$137.100

### 3.2.36 Kondensor Parsial (CD-101)

Kode	: CD-101
Fungsi	: Mengubah distilat menjadi dua fase, gas dan cairan, cairan sebagai reflux dan gas masuk ke PSA
Tipe	: 1-2 shell and tube exchanger

#### Data konstruksi

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA – 516 70*

#### Shell side

ID	: 27 in
Baffle spaces	: 0,38 in

#### Tube side

Number, length	: 171 , 16
OD, BWG	: 0,75 , 16

#### Data performance

UC	: 98
UD	: 80
Rd	: 0,002
Fluida	
Shell side	: Etanol
Tube side	: Pendingin

#### Temperatur masuk

Shell side : 82°C

Tube side : 30°C

**Temperatur keluar**

Shell side : 80°C

Tube side : 49°C

Tekanan : 1 atm

**Jumlah passes**

Shell side : 1 passes

Tube side : 2 passes

**Pressure drop**

Shell side : 1 psi

Tube side : 1,74 psi

Harga alat : \$106.595

**3.2.37 Tangki akumulasi distilat (ACC)**

Kode : ACC

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 193 – B7*

Fungsi : Tempat untuk menampung keluaran kondensor parsial

Tipe tangki : Silinder horizontal tutup atas dan bawah ellipsoidal

Jumlah : 1 unit

Suhu : 80°C

Volume tangki : 5,56 m<sup>3</sup>

Tinggi tangki : 1,5 m

Panjang tangki : 3 m

Tebal dinding tangki : 3/16 in

Tebal *head* tangki : 3/16 in

Harga alat : \$2.970



### 3.2.38 Pompa X (P-110)

Kode	: P-110 A/B
Fungsi	: Mengalirkan fluida menuju menara distilasi
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 2 unit (1 cadangan)
Kapasitas	: 40 gallon/min

#### Kondisi operasi

• Tekanan	: 1 atm
• Suhu	: 30°C
Jenis pipa	: <i>Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)</i>
Diameter nominal	: 2,5 in
<i>Static head</i>	: 3,28 ft.lbf/lbm
P teoritis pompa	: 0,17 Hp
P actual pompa	: 0,44 Hp
Power motor	: 0,5 Hp
Harga alat	: \$7.198

### 3.2.39 Pompa XI (P-111)

Kode	: P-111 A/B
Fungsi	: Mengalirkan umpan masuk reaktor dari tangki penampung menuju reaktor
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 2 unit (1 cadangan)
Kapasitas	: 393,32 gallon/min

#### Kondisi operasi

• Tekanan	: 1 atm
• Suhu	: 30°C
Jenis pipa	: <i>Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)</i>

Diameter nominal	: 8 in
<i>Static head</i>	: 9,84 ft.lbf/lbm
P teoritis pompa	: 34 Hp
P actual pompa	: 87 Hp
Power motor	: 210 Hp
Harga alat	: \$40.901

### 3.2.40 Pompa XII (P-112)

Kode	: P-112 A/B
Fungsi	: Mengalirkan enzim <i>saccharomyces cerevisiae</i> ke dalam reaktor
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 2 unit (1 cadangan)
Kapasitas	: 393,32 gallon/min

#### **Kondisi operasi**

• Tekanan	: 1 atm
• Suhu	: 30°C
Jenis pipa	: <i>Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)</i>
Diameter nominal	: 8 in
<i>Static head</i>	: 9,84 ft.lbf/lbm
P teoritis pompa	: 34 Hp
P actual pompa	: 87 Hp
Power motor	: 0.3 Hp
Harga alat	: \$914

**3.2.41 Pompa XIII (P-113)**

Kode : P-113 A/B  
 Fungsi : Mengalirkan enzim novozym masuk kedalam reaktor

Tipe : *Centrifugal pump*  
 Jumlah : 2 unit (1 cadangan)  
 Kapasitas : 393,32 gallon/min

**Kondisi operasi**

- Tekanan : 1 atm
  - Suhu : 30°C
- Jenis pipa : *Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)*  
 Diameter nominal : 8 in  
*Static head* : 9,84 ft.lbf/lbm  
 P teoritis pompa : 34 Hp  
 P actual pompa : 87 Hp  
 Power motor : 0,3 Hp  
 Harga alat : \$914

**3.2.42 Pompa XIV (P-114)**

Kode : P-114 A/B  
 Fungsi : Mengalirkan enzim selulase menuju reaktor

Tipe : *Centrifugal pump*  
 Jumlah : 2 unit (1 cadangan)  
 Kapasitas : 393,32 gallon/min

**Kondisi operasi**

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30°C

Jenis pipa	: <i>Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)</i>
Diameter nominal	: 8 in
<i>Static head</i>	: 9,84 ft.lbf/lbm
P teoritis pompa	: 34 Hp
P actual pompa	: 87 Hp
Power motor	: 1 Hp
Harga alat	: \$1142

### 3.2.43 Pompa XV(P-115)

Kode	: P-115 A/B
Fungsi	: Mengalirkan etanol reaktor 2 ke centrifuge

Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 2 unit (1 cadangan)
Kapasitas	: 393,32 gallon/min

#### **Kondisi operasi**

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30°C

Jenis pipa	: <i>Carbon Steel SA 285 grade A (ASME II)</i>
Diameter nominal	: 8 in
<i>Static head</i>	: 9,84 ft.lbf/lbm
P teoritis pompa	: 34 Hp
P actual pompa	: 87 Hp
Power motor	: 4 Hp
Harga alat	: \$2285

### 3.2.44 Reboiler (RB-101)

Kode	: RB-101
Fungsi	: Menaikkan temperatur keluaran bottom menara distilasi dari 98°C menjadi 110°C
Tipe	: 1-2 shell and tube exchanger
<b>Data konstruksi</b>	
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA – 516 70</i>
<b>Shell side</b>	
ID	: 21,25 in
Baffle spaces	: 4,3 in
<b>Tube side</b>	
Number, length	: 167 , 16
OD, BWG	: 0,75 , 16
<b>Data performance</b>	
UC	: 140
UD	: 100
Rd	: 0,003
Fluida	
Shell side	: Steam
Tube side	: Etanol
<b>Temperatur masuk</b>	
Shell side	: 220°C
Tube side	: 98°C
<b>Temperatur keluar</b>	
Shell side	: 220°C
Tube side	: 110°C
Tekanan	: 1 atm
<b>Jumlah passes</b>	
Shell side	: 8 passes

Tube side : 1 passes

**Pressure drop**

Shell side : 1 psi

Tube side : 1 psi

Harga alat : \$28.334

**3.2.45 Kompresor (CP-101)**

Kode : C-101

Fungsi : Untuk menaikkan tekanan sebelum masuk ke PSA

Tipe : *Centrifugal multistage*

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 285 A*

Jumlah : 1 unit

Suhu : 80°C

Tekanan masuk : 1 atm

Tekanan keluar : 20 atm

Power kompresor : 10 Hp

Harga alat : \$14.281

**3.2.46 Pressure Swing Adsorption (PA-101)**

Kode : PA-101/102

Fungsi : Untuk memurnikan etanol hingga 99,5%

Tipe : *Packing Tower*

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 193 B7*

Jumlah : 2 unit

Suhu : 80°C

Tekanan : 20 atm

Tinggi packing : 12 m

Tinggi head	: 0,15 m
Tinggi kolom	: 12,4 m
Diameter	: 0,7 in
Tebal	: 3/16 in
<i>Liquid hold up</i>	: 6,18 kg/m <sup>2</sup> .s
Harga alat	: \$108.537

### 3.2.47 Expander (E-101)

Kode	: E-101
Fungsi	: Untuk menurunkan tekanan setelah keluar PSA
Tipe	: <i>Centrifugal multistage</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 285 A</i>
Jumlah	: 1 unit
Suhu	: 80°C
Tekanan masuk	: 20 atm
Tekanan keluar	: 1 atm
Power expander	: 7,5 Hp
Harga alat	: \$34.846

### 3.2.48 Kondensor (CD-101)

Kode	: CD-101
Fungsi	: Mengubah gas keluaran PSA menjadi cairan dan Menurunkan suhu dari 80°C menjadi 30°C
Tipe	: 1-2 shell and tube exchanger
<b>Data konstruksi</b>	
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA – 516 70</i>
<b>Shell side</b>	
ID	: 0,62 in

Baffle spaces : 4,3 in

**Tube side**

Number, length : 952 , 16

OD, BWG : 0,75 , 16

**Data performance**

UC : 100

UD : 75

Rd : 0,003

Fluida

Shell side : Etanol

Tube side : Pendingin

**Temperatur masuk**

Shell side : 80°C

Tube side : 30°C

**Temperatur keluar**

Shell side : 30°C

Tube side : 49°C

Tekanan : 1 atm

**Jumlah passes**

Shell side : 1 passes

Tube side : 1 passes

**Pressure drop**

Shell side : 1 psi

Tube side : 1,74 psi

Harga alat : \$164.634



### 3.2.49 Tangki Penampungan Produk

Kode	: T-107
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 193 – B7</i>
Fungsi	: Tempat untuk menampung produk
Tipe tangki	: Silinder tegak dengan tutup bagian atas <i>torispherical</i>
Jumlah	: 1 unit
Suhu	: 30°
<b>Tangki (shell)</b>	
Volume tangki	: 326,4 m <sup>3</sup>
Diameter tangki	: 8,7 m
Tinggi tangki	: 15,3 m
Tebal dinding tangki	: ½ in
Tebal <i>head</i> tangki	: ½ in
Harga alat	: \$41.130

### **3.3 Perencanaan Produksi**

#### **3.3.1. Kapasitas Perancangan**

Penentuan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan bioetanol di Indonesia, tersedianya bahan baku serta ketentuan kapasitas minimal. Kebutuhan bioetanol dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan akan bioetanol terus meningkat di tahun-tahun mendatang, dengan berkembangnya industri - industri yang menggunakan etanol sebagai bahan baku. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 40.000 ton/tahun.

Untuk menentukan kapasitas produksi ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu :

1. Proyeksi kebutuhan dalam negeri

Berdasarkan data statistik yang diterbitkan oleh BPS balai "Statistik Perdagangan Indonesia" tentang kebutuhan biotanol di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat.

2. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku tandan kosong kelapa sawit diperoleh dari hasil perkebunan lahan kelapa sawit di Kalimantan Tengah.

3. Kapasitas pabrik yang sudah beroperasi

Pabrik yang sudah beroperasi dalam pembuatan Etanol antara lain : PT. Unggul Indah Corporation dengan kapasitas 72.000 ton/tahun, PT.Acidatama dengan kapasitas 38.000 ton/ tahun.

#### **3.3.2 Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses**

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

a) Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

1. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
2. Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi,

misalnya :

- Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
- Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
- Mencari daerah pemasaran.

b) Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Material (bahan baku)

Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.

2. Manusia (tenaga kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan keraguan pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat

3. Mesin (peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi.