

## Pra Rancang Bangun Pabrik Asap Cair dari Sekam Padi dengan Proses Slow Pyrolisis Kapasitas 5.000 Ton/Tahun dengan Alat Utama Reaktor

Rahayu H Marsaoly<sup>1</sup>, Ir. Taufik Iskandar<sup>2</sup>, S.P. Abrina Anggraini<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> PS. Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang

e-mail address : miilapuspita@yahoo.co.id

### ABSTRAK

Asap cair adalah produk kondensasi atau kondensasi dari uap bakar secara langsung atau tidak langsung dari lignin, selulosa, hemiselulosa dan senyawa karbon lainnya. Produksi asap cair adalah proses pirolisis. Fungsi utama asap cair adalah untuk memberikan rasa atau warna yang diinginkan untuk produk asam oleh senyawa fenol dan karbonil. Karena mengandung fenol, asam dan alkohol sehingga asap cair dapat digunakan sebagai pengawet makanan. Beras memiliki komponen utama seperti selulosa 31,4-36,3%, hemiselulosa 2,9 - 11,8% dan lignin 9,5 - 18,4%, oleh karena itu sekam padi memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai asap cair. Pra-Dirancang untuk Membangun Pabrik Asap Cair dari Rice Husk direncanakan akan didirikan di Bojonegoro Jawa Timur dengan kapasitas 5.000 Ton / tahun, dengan 300 hari / tahun, 18 Jam / hari menggunakan proses Slow Pyrolysis. Berdasarkan analisis ekonomi, total modal investasi dan total biaya produksi yang dibutuhkan adalah Rp. 31.341.084.487, - dan Rp. 106.031.770.575. Nilai penjualan produk adalah Rp. 120.450.800.000 per tahun dengan laba sebelum dan sesudah pajak adalah Rp. 14.419.029.425 per tahun dan Rp. 12,977,126,483 per tahun. Hasil analisis kelayakan diperoleh Return of Investment (ROI) sebelum dan sesudah pajak sebesar 50,6% dan 45,5%, Pay Out Time (POT) selama 1,88 tahun, Break Even Point (BEP) sebesar 40%, dan Internal Rate Of Return (IRR) dari 74,15%. Berdasarkan parameter ekonomi ini, Pra Desain Pabrik Asap Cair dari Rice Husker didirikan.

**Kata-kata kunci :** *pabrik pre design, asap cair, sekam padi, pirolisis*

### ABSTRACT

*Liquid Smoke is a product of condensation or condensation from vapors of burn directly or indirectly from materials containing many lignin, cellulose, hemicellulose and other carbon compounds. The production of liquid smoke is pyrolysis process. The main function of liquid smoke is to provide a flavor or a desired color and color to the acid product by phenol and carbonyl compounds. Because it contains phenols, acids and alcohols so that liquid smoke can be used as a food preservative. Rice husk has main components such as cellulose 31.4-36.3%, hemicellulose 2.9 - 11.8% and lignin 9.5 - 18.4%, therefore rice husk has great potential to be used as liquid smoke. Pre-Designed to Build a Liquid Smoke Plant from Rice Husk is planned to be established in Bojonegoro East Java with 5,000 Ton / year capacity, with 300 days / year, 18 Hours / day using Slow Pyrolysis process. Based on the economic analysis, the total investment capital and total production cost required are Rp 31,341,084,487, - and Rp 106,031,770,575, -. The sales value of the product is Rp 120,450,800,000, - per year with profit before and after tax is Rp 14,419,029,425, - per year and Rp 12,977,126,483, - per year. The result of feasibility analysis obtained Return Of Investment (ROI) before and after tax of 50.6% and 45.5%, Pay Out Time (POT) for 1.88 years, Break Even Point (BEP) of 40%, and Internal Rate Of Return (IRR) of 74.15%. Based on these economic parameters, the Pre Design of Liquid Smoke Plant from Rice Husker is established.*

**Keywords :** *pre design factory, liquid smoke, rice husk, pyrolysis*

## PENDAHULUAN

Dalam industri pangan, dikenal sistem pengawetan makanan. Sistem pengawetan makanan tersebut dapat dilakukan dengan sistem pengawetan alami dan kimia. Akhir-akhir ini, banyak ditemukan inovasi yang bersifat kerakyatan dengan pemanfaatan bahan dari alam untuk dijadikan sebagai produk yang bermanfaat. Salah satunya adalah sistem pengawetan makanan dengan menggunakan bahan baku dari biomassa yang nama produknya adalah asap cair.

Asap cair adalah suatu produk hasil kondensasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya. Penggunaan asap cair mempunyai banyak keuntungan dibandingkan metode pengasapan tradisional, yaitu lebih mudah diaplikasikan, proses lebih cepat, memberikan karakteristik yang khas pada produk akhir berupa aroma, warna dan rasa, serta penggunaannya tidak mencemari lingkungan.

Adapun kandungan komponen-komponen penyusun asap cair meliputi Senyawa fenol, senyawa karbonil, senyawa asam dan senyawa hidrokarbon polisiklis aromatis.

Bahan baku biomassa yang dapat digunakan untuk pembuatan asap cair adalah bahan baku yang mengandung lignin, sellulosa dan hemiselulosa. Salah satu diantaranya adalah kayu, bongkol kelapa sawit, ampas hasil penggergajian kayu, sekam padi, tempurung kelapa, tongkol jagung dan lain-lain.

Sekam padi adalah salah satu sumber energi biomassa yang berasal dari limbah pertanian yang seharusnya memperoleh

penanganan khusus agar dapat diolah menjadi produk yang bermanfaat. Komponen utama yang dimiliki sekam padi tersebut berpotensi besar untuk bisa dijadikan produk asap cair. Yang diharapkan bisa dikelola menjadi asap cair dengan memperoleh keuntungan dan memiliki nilai jual relatif mahal dengan bahan baku yang mudah didapat di alam dengan harga yang murah. Sekam padi yang dihasilkan dari total produksi padi sekitar 20 – 30 % dari data produksi padi (Paramita, 2010). Sehingga dari data perolehan bahan baku yang tersedia, maka akan dilakukan **Pra Rancang Bangun Pabrik Asap Cair dari Sekam Padi dengan Proses Slow Pyrolysis.**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan kapasitas pendirian pabrik didasarkan pada data ketersediaan bahan baku produksi yang sesuai dengan data di Badan Pusat Statistik (BPS).

**Tabel 1.** Data Produksi Padi di Bojonegoro

No	Tahun	Produksi (Ton/th)	% Kenaikan
1	2011	1.351.394	-
2	2012	1.598.349	18, 274
3	2013	1.613.096	0, 923
4	2014	1.695.714	5, 122
<b>Rata-rata</b>			<b>8, 1</b>

Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur

Pada tahun 2014 jumlah produksi padi di Bojonegoro adalah 1.695.714 Ton/tahun, maka perkiraan jumlah produksi padi pada tahun 2019 dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$F = P (1 + i)^n$$

Dimana :

F = Nilai tahun mendatang

P = Nilai tahun sebelumnya

i = Nilai persentase kenaikan

n = Selisih tahun (2019-2014)

Sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned}
 F &= P (1 + i)^n \\
 &= 1.695.714 (1+0,081)^5 \\
 &= 1.695.714 (1,081)^5 \\
 &= 1.695.714 \times 1,476 \\
 &= 2.502.873, 864 \text{ Ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dari berat padi yang diperoleh, 20 – 30 % nya adalah sekam padi (Paramita, 2010). Maka dari uraian tersebut untuk menghitung perolehan sekam padi dari total produksi padi diambil 25 % nya. Maka jumlah sekam padi yang tersedia adalah :  
 Sekam padi = 25 % x kapasitas bahan baku (produksi padi tahun mendatang)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{25}{100} \times 2.502.873, 864 \\
 &= 625.718,466 \text{ Ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan sekam padi yang digunakan untuk proses produksi diambil 10 % dari produksi sekam padi.

$$\begin{aligned}
 &10\% \times \text{jumlah produksi sekam padi} \\
 &= \frac{10}{100} \times 625.718,466 \text{ Ton/ Tahun} \\
 &= 62.571,847 \text{ Ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dari hasil asumsi produksi sekam padi dapat dihitung hasilnya untuk menjadi asap cair. 2 Kg sekam padi menghasilkan 154 ml asap cair (Dahlana, 2015). Sehingga dapat dihitung kapasitas produksi pra rancang bangun pabrik asap cair dari sekam padi.

$$\begin{aligned}
 &\text{Asumsi sekam padi} \\
 &= 62.571,847 \text{ Ton/tahun} \\
 &= 62.571.847 \text{ Kg/tahun} \\
 &\text{Hasil produksi asap cair} \\
 &= \frac{62.571.847 \text{ Kg/tahun} \times 154 \text{ ml}}{2 \text{ Kg}} \\
 &= \frac{9.636.064.438}{2} \\
 &= 4.818.032.219 \text{ ml/tahun} \\
 &= 4.818.032 \text{ liter/tahun} \\
 &= 4.818.032 \text{ liter/tahun} \times \text{densitas} \\
 &= 4.818.032 \text{ liter/tahun} \times 1,2 \text{ Kg/liter} \\
 &= 5.781.638 \text{ Kg/tahun} \\
 &= 5.781, 638 \text{ ton/ tahun}
 \end{aligned}$$

= 5.000 ton / tahun (pembulatan)

Jadi, pra rancang bangun pabrik asap cair dengan proses pirolisis dari bahan baku sekam padi yang akan dibangun pada tahun 2019 dengan kapasitas produksi 5.000 Ton/tahun.

### Neraca Massa

Tabel 2. Neraca Massa Pada Reaktor

Komponen	Massa Masuk (Kg)		Massa Keluar (Kg)	
	Aliran 2 (dari J-112)	Aliran 3 (ke Waste)	Aliran 4 (ke H-114)	
Selulosa	4148,283			
Hemi selulosa	1239,850			
Lignin	2074,141			
Impuritis	4125,107	2062,553		1835,673
C		1299,668		
H <sub>2</sub>				2,002066
H <sub>2</sub> O		226,8809		1368,845
CO				476,4918
CO <sub>2</sub>				1727,274
CH <sub>2</sub> O				962,2171
CH <sub>3</sub> OH				397,6230
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>				943,5445
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>				274,1657
CH <sub>4</sub>				10,44083
<b>Jumlah</b>	<b>11587,379</b>	<b>3589,102</b>	<b>7998,277</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>11587,379</b>		<b>11587,379</b>	

### Neraca Panas

Tabel 3. Neraca Panas Pada Reaktor

	Panas masuk (kkal)		Panas keluar (kkal)	
ΔH1	11738.78569	ΔH2	1144455.31	
Q	3757249.025	ΔHR	2436670.049	
		Qloss	187862.4513	
<b>Jumlah</b>	<b>3768987.81</b>	<b>Jumlah</b>	<b>3768987.81</b>	

### Perancangan Alat Utama

#### Perhitungan Dimensi Reaktor

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas} &: 11.587,37907 \text{ kg/Jam} \\
 \text{Massa bahan masuk} &= \text{massa sekam padi} \\
 &= 11.587, 37907 \text{ Kg/jam} \\
 &= 25.550, 1708 \text{ lb/jam} \\
 \text{Bulk density } (\rho) &= 1125 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 70.2 \text{ lb/ft}^3
 \end{aligned}$$

(Houston, 1972)

Volume bahan masuk

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{rate massa} \times \text{lama tinggal}}{\text{bulk density}} \\ &= \frac{25.550,1708 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} \times 6 \text{ jam}}{70,2 \text{ lb/ft}^3} \\ &= \frac{153.301,0248}{70,2} = 2.183,7753 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

**a. Volume reaktor (Vr)**

$$\begin{aligned} &= 1,2 \times \text{volume bahan baku masuk} \\ &= 1,2 \times 2.183,7753 \text{ ft}^3 = 2.620,5304 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

**b. Diameter Dalam (ID)**

$$\text{Tinggi Head (Hh)} = \frac{\frac{1}{2}D}{\text{tg} \frac{1}{2}\alpha}$$

$$\text{Volume Head (Vh)} = \frac{1}{3} \frac{\pi}{4} \text{ID}^2 \text{Hh}$$

$$= \frac{1}{3} \frac{\pi}{4} \text{ID}^2 \left( \frac{\frac{1}{2}D}{\text{tg} \frac{1}{2}\alpha} \right) = \frac{\pi \text{ID}^3}{24 \text{tg} \frac{1}{2}\alpha}$$

$$= 0,0755 \text{ID}^3$$

Direncanakan Rasio Hs/ID adalah 1,5 sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Volume shell (Vs)} &= \frac{\pi}{4} \text{ID}^2 \text{Hs} \\ &= \frac{\pi}{4} \text{ID}^2 (1,5 \text{ID}) \\ &= 1,1775 \text{ID}^3 \end{aligned}$$

Volume Bottom

Tutup bawah berbentuk standard dish

$$\text{Volume bottom (Vb)} = 0,0847 \text{ID}^3$$

Volume reaktor = volume head + volume shell + volume bottom

$$2.620,5304 \text{ ft}^3 = 0,0755 \text{ID}^3 + 1,1775 \text{ID}^3 + 0,0847 \text{ID}^3$$

$$2.620,5304 \text{ ft}^3 = 1,3377 \text{ID}^3$$

$$\text{ID}^3 = \frac{2.620,5304 \text{ ft}^3}{1,3377}$$

$$\text{ID} = \sqrt[3]{1958,9821}$$

$$= 12,5125 \text{ ft}$$

$$= 150,15 \text{ in}$$

**c. Tebal Shell (ts)**

Ditetapkan menggunakan Carbon steel 135 SA Grade B, berdasarkan App. D item 1 Brownell & young sehingga :

$$\text{Allowable stress (f)} = 7646$$

$$\text{Efisiensi pengelasan (E)} = 0,85$$

$$\text{Faktor korosi (C)} = 1/16$$

Tinggi Bahan (h)

Volume bahan dalam bottom

$$= 0,0847 \text{ID}^3$$

$$= 0,0847 (12,5125)^3$$

$$= 0,0847 \times 1958,9902 \text{ ft}^3$$

$$= 165,9265 \text{ ft}^3$$

Volume bahan dalam shell

= volume bahan – volume bahan dalam bottom

$$= 2.183,7753 - 165,9265$$

$$= 2.017,8488 \text{ ft}^3$$

Tinggi bahan dalam shell

$$= \frac{4 \times \text{volume bahan dalam shell}}{\pi \cdot \text{ID}^2}$$

$$= \frac{4 \times 2.017,8488}{3,14 \times (12,5125)^2}$$

$$= \frac{8.071,3952}{491,6067}$$

$$= 16,3086 \text{ ft}$$

Tinggi bahan dalam bottom

= tinggi bottom

$$= 0,169 \text{ID}$$

$$= 0,169 (12,5125)$$

$$= 2,1146 \text{ ft}$$

Tinggi bahan dalam reaktor

= tinggi bhn dalam shell + tinggi bahan dalam bottom

$$= 16,3086 + 2,1146$$

$$= 18,4232 \text{ ft}$$

Tekanan Design (Pi)

Tekanan operasi = 2 atm = 29,39 psia

Untuk menghitung tekanan hidrostatik menggunakan pers. 3.17 Brownell & young

hal 46.  $P = \rho \frac{(H-1)}{144}$

$$\text{Tekanan Hidrostatik (P)} = \rho \frac{(H-1)}{144}$$

$$= 70,2 \frac{18,4232 - 1}{144}$$

$$= 70,2 \times 0,12$$

$$= 8,424 \text{ psia}$$

Tekanan design (Pi)

= Tekanan Hidrostatik + Tekanan operasi

$$= 8,424 + 29,39$$

$$= 37,814 \text{ psia}$$

Tebal Shell (ts)

Berdasarkan persamaan 13.1 Brownell & Young, perhitungan tebal shell adalah

$$ts = \frac{Pi \times ID}{2(f.E - 0,6 Pi)} + C$$

Keterangan :

Pi = Tekanan design, psia

ID = Diameter dalam shell, in

f = allowable stress, psia

E = efisiensi pengelasan

C = faktor korosi = 0,85 in

$$ts = \frac{37,814 \times 150,15}{2(7646 \times 0,85 - 0,6 \times 37,814)} + \frac{1}{16}$$

$$= 0,4383 + \frac{1}{16}$$

$$= 0,5 \text{ in}$$

#### d. Standarisasi OD & ID

$$OD = ID + (2 ts)$$

$$= 150,15 + (2 \times 0,5)$$

$$= 151,15 \text{ in}$$

Merujuk pada tabel 5.7 hal 91 Brownell & Young, diameter standar ASME yang mendekati diameter diatas adalah

$$OD \text{ standar} = 156 \text{ in}$$

$$= 12,9948 \text{ ft}$$

$$ID \text{ standar} = OD - (2 ts)$$

$$= 156 - (2 \times 0,5)$$

$$= 155 \text{ in}$$

$$= 12,9115 \text{ ft}$$

#### e. Tebal Shell (th) dan tebal bottom (tb)

Tebal Head (th)

$$Th = \frac{Pi \cdot ID \text{ standar}}{2(f.E - 0,6 Pi) \cos 1/2 \alpha} + C$$

$$= \frac{37,814 \times 155}{2(7646 \times 0,85 - 0,6 \times 37,814) \cos 1/2 (120^\circ)} +$$

$$\frac{1}{16}$$

$$= \frac{5861,17}{2(6.499,1 - 22,6884) \cos 60^\circ} + \frac{1}{16}$$

$$= \frac{5861,17}{2 \times 6476,4116 \times 0,5} + \frac{1}{16}$$

$$= 0,9625$$

$$\approx 1 \text{ in}$$

Tebal bottom (tb)

$$tb = \frac{0,885 \cdot Pi \cdot ID}{(f.E - 0,1 Pi)} + C$$

$$= \frac{0,885 \cdot (37,814 \times 155)}{(7646 \times 0,85 - 0,1 \times 37,814)} + \frac{1}{16}$$

$$= \frac{5187,1355}{6495,3186} + \frac{1}{16}$$

$$= 0,8615 \text{ in} \approx 0,875 \text{ in}$$

#### f. Tinggi Reaktor (Hr)

$$\text{Tinggi Shell (Hs)} = 1,5 \text{ ID}$$

$$= 1,5 (155)$$

$$= 232,5 \text{ in}$$

$$= 19,3673 \text{ ft}$$

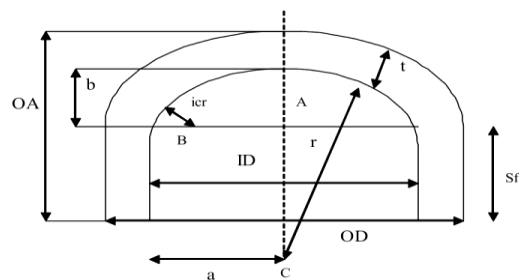
$$\text{Tinggi Head (Hh)} = \frac{1/2 ID}{tg 1/2 \alpha}$$

$$= \frac{1/2 (155)}{tg 1/2 (120^\circ)}$$

$$= \frac{77,5}{1,732}$$

$$= 44,746 \text{ in}$$

$$= 3,7273 \text{ ft}$$



Gambar 1. Sketsa standart dish (Brownell & Young, 1979)

Berdasarkan tabel 5.6 Brownell & Young, diketahui data sbb :

Untuk tebal bottom 0,875 in (7/8 in) di dapat :

$$Icr = 2 \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$= 2,625 \text{ in}$$

$$sf = 1,5 \text{ in}$$

Perhitungan tinggi bottom adalah :

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{155}{2} = 77,5 \text{ in}$$

$$AB = a - icr = 77,5 - 2,625 = 74,875 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 156 - 2,625 = 153,375 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = \sqrt{(153,375)^2 - (74,875)^2} = 133,85767 \text{ in}$$

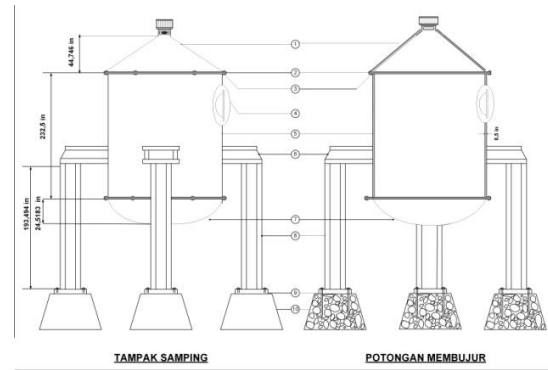
$$b = r - AC = 156 - 133,85767 = 22,1433 \text{ in}$$

$$Hb = tb + b + sf = 0,875 + 22,1433 + 1,5 = 24,5283 \text{ in} = 2,0424 \text{ ft}$$

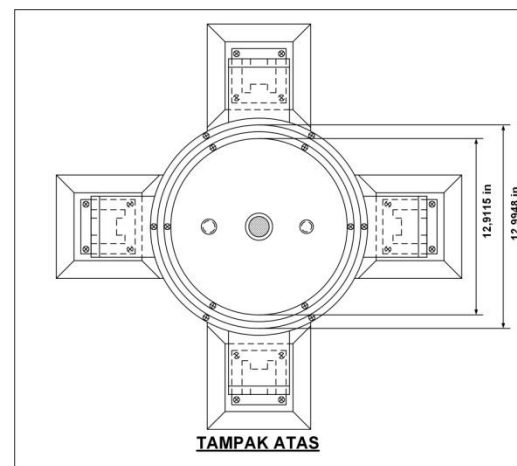
Kesimpulan dimensi reaktor

1. Volume reaktor ( $V_r$ ) = 2.620,5304  $\text{ft}^3$
2. Diameter Luar (OD) = 156 in = 12,9948 ft
3. Diameter Dalam (ID) = 155 in = 12,9115 ft
4. Tebal shell (ts) = 0,5 in
5. Tebal head (th) = 1 in
6. Tebal Bottom (tb) = 0,875 in
7. Tinggi shell (Hs) = 232,5 in = 19,3673 ft
8. Tinggi Head (Hh) = 44,746 in = 3,7273 ft
9. Tinggi Bottom (Hb) = 24,5183 in = 2,0424 ft
10. Tinggi reaktor (Hr) = 25,137ft

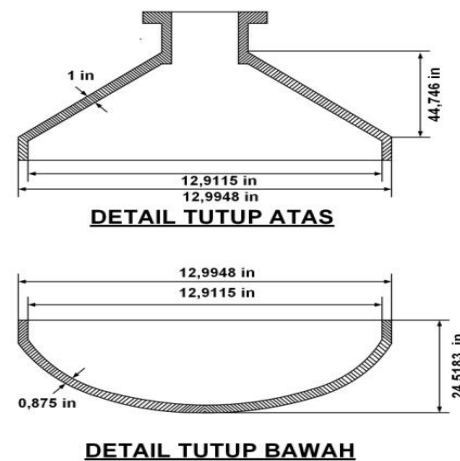
### Gambar Alat



Gambar 2. Reaktor



Gambar 3. Reaktor tampak atas



Gambar 4. Detail tutup atas dan bawah

### KESIMPULAN

Kesimpulan Pra Rancang Bangun Asap Cair dari Sekam Padi adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas produksi sekam padi adalah 5000 ton/tahun dengan kebutuhan bahan baku sekam padi sebanyak 62.571,847 ton/tahun.
2. Berlokasi di Kota Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur. Lokasi tersebut mendukung aspek ketersediaan bahan baku, sumber air, listrik, bahan bakar, tenaga kerja, sarana transportasi dan pemasaran.
3. Pra Rancang Bangun Asap Cair berdasarkan parameter-parameter ekonomi seperti berikut :
  - *Total Capital Investment (TCI)* :  
Rp 31.341.084.487,-
  - *Return Of Investment (ROI<sub>b</sub>)* :  
50,6 %
  - *Return Of Investment (ROI<sub>a</sub>)* :  
45,5 %
  - *Pay Out Time (POT)* :  
1,88 tahun
  - *Break Even Point (BEP)* :  
40 %
  - *Internal Rate Of Return (IRR)* :  
74.15 %
4. Dapat disimpulkan dari parameter di atas pendirian pabrik Asap Cair dari Sekam Padi dikatakan layak untuk didirikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, Dahlena. 2015. Studi Kajian Kandungan Senyawa Pada Asap Cair Dari Sekam Padi The Study Of Compound In The Liquid Smoke From Rice Husk. Surabaya : *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, ISBN: 978-602-0951-05-8  
<http://asapcairsebagaipengawet.blogspot.co.id/2013/02/pembuatan-asap-cair-dengan-metoda.html> Diakses pada tanggal 16 Januari 2016
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2011. Tabel Produksi Padi di Wilayah Jatim. Diakses pada tanggal 6 November 2015
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2012. Tabel Produksi Padi di Wilayah Jatim. Diakses pada tanggal 6 November 2015
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2014. Tabel Produksi Padi di Wilayah Jatim. Diakses pada tanggal 6 November 2015
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2015. Tabel Produksi Padi di Wilayah Jatim. Diakses pada tanggal 18 Desember 2015
- Brownell, L.E., and Young, E.H. 1979. *Process Equipment Design*. New Delhi : Willey Eastern Limited.
- Geankoplis, CJ. 1993. *Transport Process and Unit Operations*, 3<sup>th</sup> Edition, Prentice-Hall, Inc. New York
- Hambali, dkk. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: Penerbit Agromedia Pustaka.
- Hamdani Abda, Muhammad. 2008. *Pemanfaatan Jerami, Merang dan Sekam Padi Sebagai Dasar Pembuatan Asap Cair dan Aplikasinya Untuk Perisa Lele*. NTB : Lomba Teknologi Tepat Guna (TTG).
- Hartanto, S dan Ratnawati. 2010. Pengaruh Suhu Pirolisis Cangkang Sawit Terhadap Kuantitas Dan Kualitas Asap Cair. Akreditasi LIPI Nomor : 452/D/2010: Tanggal 6 Mei 2010.  
<http://asapcair.cahayaconut.com/2014/02/proses-pembuatan-asap-cair.html> di akses pada tanggal 4 Januari 2016
- <http://asapcair.cahayaconut.com/2014/02/kandungan-kimia-asap-cair.html> di akses pada tanggal 4 Januari 2016

<http://asapcair.cahayacoconut.com/2014/02/asap-cair-sebagai-pengawet-alami.html> di akses pada tanggal 4 Januari 2016

**Error! Hyperlink reference not valid.** Diakses pada tanggal 11 November 2015

<http://asapcair.cahayacoconut.com/2014/02/peralatan-untuk-membuat-asap-cair.html> di akses pada tanggal 4 Januari 2016

<http://asapcair.cahayacoconut.com/2015/02/harga-asap-cair-2015.html> di akses pada tanggal 4 Januari 2016

<http://elangbiru3004.blogspot.co.id/2011/06/latar-belakang-skripsi-part-i.html> di akses pada tanggal 16 Januari 2016

<http://elangbiru3004.blogspot.co.id/2011/04/pemurnian-asap-cair.html> di akses pada tanggal 18 Desember 2015

Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. International Student Edition. Tokyo : McGraw-Hill.

McCabe, W.L., Smith, J.C., and Harriott, P. 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering*. 5<sup>th</sup> Edition. Singapore : McGraw-Hill.

Perry, R.H., Green, D.W., Maloney, J.O. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 7<sup>th</sup> Edition. New York : McGraw-Hill.

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. 4<sup>th</sup> Edition. Singapore : McGraw-Hill.

Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic*. New York : John Willey and Sons.

Walas, S.M. 1990. *Chemical Proses Equipment*. Washington : Butterworth-Heinemann.