

Pra Rancang Bangun Asap Cair dari Potongan Kayu dengan Kapasitas 3000 Ton/Tahun Menggunakan Alat Utama Coloumn Zeolit Aktif dan Karbon Aktif

Mila Puspita Sari ¹⁾, Ir. Taufik Iskandar ²⁾, S.P. Abrina Anggraini ³⁾

PS. Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi-Malang

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

ABSTRAK

Pemanfaatan limbah kayu olahan dapat dimanfaatkan untuk dijadikan asap cair. Asap cair dapat digunakan sebagai antimikroba, antioksidan, anti rayap dan memberikan efek warna. Berdasarkan sifat-sifat ini, perusahaan akan memanfaatkan limbah kayu olahan sebagai asap cair yang akan digunakan sebagai pengawet dan pewarna kayu. Asap cair dalam proses ini diperoleh dengan mengembunkan asap yang dihasilkan melalui cerobong pirolisis. Selain itu, asap cair yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan pengawet, antioksidan, disinfektan, atau sebagai biopeptisida. Produk produk asap cair dibagi menjadi tiga kelas, yaitu grade 3, grade 2 dan grade 1. Liquid Smoke Grade 3 adalah output asap cair pertama dalam reaktor pirolisis. Asap cair kelas 3 belum layak untuk pengawet makanan atau rasa karena di kelas ini asap cair masih bercampur dengan tar yang merupakan komponen residu pembakaran yang tidak lengkap. Selain tar, asap cair tingkat 3 mengandung senyawa Polycyclic Hydrocarbon (HPA) Aromatik yang terbentuk selama proses pirolisis asap cair. Desain asap cair ini diharapkan menghasilkan 3000 ton / tahun dengan waktu operasional 300 hari selama 18 jam dibagi menjadi 3 shift. Lokasi produksi berada di wilayah Pasuruan. Total Capital Investment (TCI): Rp16.656.394.370,-, Return Of Invesment (ROIBT): 34,55 %, Return Of Invesment (ROIAT): 31,09%, Pay Out Time (POT): 2,8 tahun, Break Even Point (BEP): 35,01%, Internal Rate Of Return (IRR) : 28,65%.

Kata-kata kunci : *Pre rancang pabrik, Asap cair, pirolisis*

ABSTRACT

Utilization of waste processed wood can be utilized to be made into liquid smoke. Liquid smoke can be used as an antimicrobial, antioxidant, anti-termite and provide a color effect. Based on these traits, the company will utilize waste of processed wood as liquid smoke which will be used as preservative and wood dye. Liquid smoke in this process is obtained by condensing the fumes produced through the pyrolysis chimney. In addition, the resulting liquid smoke can be used as raw material preservatives, antioxidants, disinfectants, or as a biopeptisida. The liquid smoke product product is divided into three grades, namely grade 3, grade 2 and grade 1. Liquid Smoke Grade 3 is the first liquid smoke output in the pyrolysis reactor. Class 3 grade liquid smoke is not yet feasible for food preservatives or flavors because in this class, liquid smoke is still mixed with tar which is an incomplete combustion residue component. In addition to tar, grade 3 liquid smoke contains an Aromatic Polycyclic Hydrocarbon (HPA) compound formed during the pyrolysis process of liquid smoke. This liquid smoke design is expected to produce 3000ton / year with a 300-day operational time for 18 hours divided into 3 shifts. The location of production is in the region of Pasuruan. Total Capital Investment (TCI): Rp16.656.394.370,-, Return Of Invesment (ROIBT): 34,55 %, Return Of Invesment (ROLAT): 31,09%, Pay Out Time (POT): 2,8 tahun, Break Even Point (BEP): 35,01%, Internal Rate Of Return (IRR) : 28,65%.

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

PENDAHULUAN

Pemanfaatan sisa hasil olahan kayu dapat dimanfaatkan untuk dibuat menjadi asap cair. Asap cair dapat digunakan sebagai antimikrobia, antioksidan, anti rayap dan memberikan efek warna. Berdasarkan beberapa sifat tersebut maka perusahaan ini akan memanfaatkan limbah kayu olahan sebagai asap cair yang akan digunakan sebagai pengawet dan pewarna kayu olahan. Asap cair merupakan bahan kimia hasil destilasi asap hasil pembakaran. Asap cair mampu menjadi desinfektan sehingga bahan makanan dapat bertahan lama tanpa membahayakan konsumen.

Golongan - golongan senyawa penyusun asap cair adalah air (11-92%), fenol (0,2-2,9%), asam (2,8-9,5%), karbonil (2,6-4,0%), dan tar (1-7%). Produk asap cair adalah salah satu hasil pirolisis tanaman atau kayu pada suhu sekitar 400°C. Pembakaran bahan-bahan untuk pembuatan asap cair ini dilakukan melalui proses pirolisis. Pirolisis merupakan proses pengarangan dengan cara pembakaran tidak sempurna bahan-bahan yang mengandung karbon pada suhu tinggi. Kebanyakan proses pirolisis menggunakan reaktor tertutup yang terbuat dari baja, sehingga bahan tidak terjadi kontak langsung dengan oksigen. Umumnya proses pirolisis berlangsung pada suhu diatas 300 °C dalam waktu 4-7 jam (Paris *et al*, 2005).

Hasil produk asap cair terbagi menjadi tiga grade, yaitu grade 3, grade 2 dan grade 1. Asap Cair Grade 3 adalah asap cair keluaran pertama pada reaktor pirolisis. Asap cair grade 3 belum layak digunakan untuk pengawet makanan atau penambah cita rasa (*flavours*) karena pada golongan ini, asap cair masih bercampur dengan tar yang

merupakan komponen sisa pembakaran tidak sempurna. Selain tar, asap cair grade 3 mengandung senyawa Hidrokarbon Polisiklis Aromatis (HPA) yang terbentuk selama proses pirolisis bahan pembuat asap cair. Salah satu senyawa HPA yang terbentuk adalah *benzopyrene*, yang merupakan senyawa yang memiliki pengaruh buruk dan dapat menyebabkan kanker karena bersifat karsinogen. Asap cair grade 3 digunakan pada proses pengolahan kayu agar tahan rayap dan proses pengolahan karet agar tidak bau.

Asap Cair grade 2 adalah hasil filtrasi asap cair grade 3. Asap cair grade 2 dipakai untuk pengawet makanan sebagai pengganti formalin dengan taste asap (daging asap, ikan asap/bandeng asap) berwarna kecoklatan transparan, rasa asam sedang dan aroma asap lemah.

Asap cair grade 1 adalah hasil destilasi asap cair grade 2. Asap cair grade 1 digunakan sebagai pengawet makanan siap saji seperti bakso, mie, tahu, bumbu-bumbu barbaque. Asap cair grade 1 ini berwarna bening, rasa sedikit asam, aroma netral dan merupakan asap cair paling bagus kualitasnya serta tidak mengandung senyawa yang berbahaya untuk diaplikasikan ke produk makanan

Komponen kimia kayu di dalam kayu mempunyai arti yang penting, karena menentukan kegunaan sesuatu jenis kayu. Juga dengan mengetahuinya, kita dapat membedakan jenis-jenis kayu. Susunan kimia kayu digunakan sebagai pengenal ketahanan kayu terhadap serangan makhluk perusak kayu. Selain itu dapat pula menentukan pengerjaan dan pengolahan kayu, sehingga didapat hasil yang maksimal. Pada umumnya komponen kimia kayu daun lebar dan kayu daun jarum terdiri dari 3 unsur :

- Unsur karbohidrat terdiri dari selulosa dan hemiselulosa
- Unsur non- karbohidrat terdiri dari lignin
- Unsur yang diendapkan dalam kayu selama proses pertumbuhan dinamakan zat ekstraktif.

Komponen penyusun dinding sel adalah komponen kimia yang menyatu dalam dinding sel. Tersusun atas banyak komponen yang tergabung dalam karbohidrat dan lignin. Karbohidrat yang telah terbebas dari lignin dan ekstraktif disebut holoselulosa. Holoselulosa sebagian besar tersusun atas selulosa dan hemiselulosa. Selulosa merupakan komponen terbesar dan paling bermanfaat dari kayu. Jumlah zat selulosa mayoritas 40 %, hemiselulosa sekitar 23% dan lignin kurang dari 34 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan kapasitas pendirian pabrik didasarkan pada data ketersediaan bahan baku produksi sesuai dengan data di Badan Pusat Statistik (BPS). Dari data Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur dapat diketahui bahwa kota yang berpotensi menghasilkan limbah mebel adalah di Kabupaten Pasuruan.

Tabel 1. Data Produksi Kayu di Pasuruan

No	Tahun	Limbah Kayu (Ton/th)	% Kenaikan
1	2011	119.656	-
2	2012	120.749	0.9135
3	2013	141.367	17.075
4	2014	177.632	25.653
		Rata-rata	14.5472

Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur

Pada tahun 2014 jumlah kayu di Pasuruan adalah 177.632 maka perkiraan

jumlah produksi asap cair 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 :

$$\begin{aligned}
 F &= P(1+i)^n \\
 &= 177.632 (1+0,1454)^5 \\
 &= 177.632 (1,1454)^5 \\
 &= 177.632 \times 1.971451 \\
 &= 350.192,784 \text{ Ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dari berat kayu yang diperoleh, 20 – 30 % nya adalah limbahkayu (Paramita, 2010). Maka menghitung perolehan limbah kayu dari total mebel diambil 21 % nya.

Maka limbah kayu yang tersedia adalah :

Limbah kayu = 21 % x kapasitas bahan baku (produksi kayu tahun mendatang) = $21/100 \times 350.192,784 = 73.540,48$ Ton/tahun

Dari data konversi kayu tersebut, diasumsikan limbah kayu yang digunakan untuk proses produksi diambil 7 % dari kayu.

7% x jumlah kayu

= $7/100 \times 73.540,48$ Ton/ Tahun

= 5.147,834 Ton/tahun = 5000 ton/tahun

Dari data hasil kayu, konversi untuk menjadi asap cair adalah 61,49 % dari limbah potongan kayu: (Subriyernasir, 2008)

61,49 % x 5.000Ton/tahun

= 3074Ton/tahun

= 3000 ton/ tahun

Jadi, dapat diketahui bahwa pra rancang bangun asap cair dengan proses pirolisis dari bahan baku limbahpotongankayu yang akan dibangun

pada tahun 2019 dengan kapasitas produksi 3.000 Ton/tahun.

Neraca Massa

Tabel 2. Neraca Massa pada Colom Zeolit Aktif

Komponen	Massa Masuk (Kg)		Massa Keluar (Kg)	
	Aliran 21 (dari D-130 A)	Massa Loss	Aliran 22 (ke D-130B)	
H ₂	0,232721592	0,004785920	0,227935673	
H ₂ O	123,0468497	2,530458464	120,5163912	
CO	55,38773897	1,139048852	54,24869012	
CO ₂	147,1016327	3,025145076	144,0764876	
CH ₂ O	97,6542643	2,008259945	95,64600435	
CH ₃ OH	27,69929646	0,569636032	27,12966043	
C ₂ H ₄	84,41660753	1,736027534	82,68057999	
C ₂ H ₆	31,10220231	0,639616791	30,46258552	
CH ₄	1,373446465	0,028244927	1,345201538	
Impuritis	9,466643104	0,194681515	9,271961588	
	577,4814031	11,87590506	565,6054981	
Jumlah Asap Cair				
TOTAL	577,4814		577,4814	

Tabel 3. Neraca Massa Pada Colome Karbon Aktif

Komponen	Massa Masuk (Kg)		Massa Keluar (Kg)	
	Aliran 19 (dari F-123)	Massa Loss	Aliran 20 (ke D-130A)	
H ₂	0,237608001	0,004886409	0,232721592	
H ₂ O	125,6304397	2,583589992	123,0468497	
CO	56,5507042	1,162965232	55,38773897	
CO ₂	150,1902961	3,08866344	147,1016327	
CH ₂ O	99,70469127	2,050426976	97,6542643	
CH ₃ OH	28,28089303	0,581596565	27,69929646	
C ₂ H ₄	86,18908608	1,772478555	84,41660753	
C ₂ H ₆	31,75524901	0,653046696	31,10220231	
CH ₄	1,402284444	0,02883798	1,373446465	
Impuritis	9,665412308	0,198769204	9,466643104	
TOTAL	589,6066642	12,12526105	577,4814031	

Neraca Panas

Tabel 3. Neraca Panas Pada Reaktor

Perancangan Alat Utama

Perancangan Dimensi Kolom Filtrasi

Menentukan Tinggi Kolom Filtrasi

Jumlah spacing actual = 2 buah (atas dan bawah)

Jarak kolom = 20 in

Jumlah spacing total = spacing actual + 2 spacing zeolit = 4 buah

Tinggi shell = 20 in x 4 = 80 in = 6,7ft = 2,032 m

Diameter kolom = 2.023677843 ft = 24,28413412 in = 0,616817007 m

Menentukan Volume Kolom Filtrasi

Feed masuk = 590 kg/jam = 1.300lb/jam

$$Q_L = 62,98787699 \text{ lb/ft}^3$$

$$V_{\text{liquid}} = \frac{1.300}{62,987} = 20,64020501 \text{ ft}^3$$

Asumsi: liquid mengisi tangki 80 % kolom, maka:

$$V_{\text{kolom}} = \frac{20,64020501}{0,8} = 25,80025627 \text{ ft}^3$$

Menentukan Tinggi Liquid (Hl) Dalam Kolom

$$V_{\text{liquid dalam shell}} = 0,0847 d^3 + \pi/4 d_2 x hl$$

$$25,80025627 = (0,0847 x 2.023677843^3)$$

$$+ \left(\frac{3,14}{4} x 2.023677843 x hl\right)$$

$$25,80025627 = 1,223445081 + (-$$

$$24.57681118 \text{ hl}) \text{ Hl} = 5,278637397 \text{ ft}$$

Menentukan Tekanan Design

$$P_{\text{design}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= 14,7 +$$

$$\frac{\rho l x hl}{144} = 14,7 + \frac{62,98787699 x 5,278637397}{144}$$

$$= 17,00895947 \text{ psia}$$

$$= 2,308959466 \text{ psig}$$

Menentukan Tebal Shell

Bahan konstruksi Carbon Steel SA 240 Grade M(Brownell& Young, hal.254 dan 335)

$$f = 12750, \quad C = 1/16, \quad E = 0,8$$

Panas masuk (kkal)	Panas keluar (kkal)
--------------------	---------------------

$$\Delta H1 = 11738.78569 \quad \Delta H2 = 1144455.31$$

$$Q = 3757249.025 \quad \Delta HR = 2436670.049$$

$$Q_{\text{loss}} = 187862.4513$$

Jumlah	3768987.81	Jumlah	3768987.81
--------	------------	--------	------------

$$t_s = \frac{p i x d i}{2 (f x E - 0,6 x p i)} + \frac{1}{16} =$$

$$\frac{2,308959466 x 29,22457937}{2 (12750 x 0,8 - 0,6 x 2,308959466)} + \frac{1}{16}$$

$$t_s = 0.065248956 = 1/16 \text{ in}$$

standarisasi do

$d_o = d_i + 2t_s$
 $d_o = 24.28413412 + 2 \times 1/16 = 24,53413412 \text{ in}$
 Dari Brownell & Young hal.89 diperoleh:
 $d_o \text{ standar} = 66 \text{ in}$
 $d_i \text{ baru} = d_o - 2 t_s = 66 - 2(1/16) = 65,875 \text{ in}$

Menentukan Tinggi Tutup Atas Dan Bawah (ha = hb)

$\text{Tinggi tutup atas (ha)} = 0,169 \times d_i$
 $= 0,169 \times 65,875 = 11,1318 \text{ in}$
 $\text{Tinggi tutup bawah (hb)} = 11,1318 \text{ in}$

Menentukan Tinggi Tangki

$L_s = \text{tinggi shell} + 2 \times \text{tinggi tutup}$
 $= 80 + 2(11,131) = 102,2638917 \text{ in} = 8,521990975 \text{ ft}$

Menentukan Tebal Tutup Atas dan Bawah Standart Dished (tha=thb)

$r = d_i = 65,75 \text{ in} = 5,4792 \text{ ft}$
 $th_a = \frac{0,885 \times \rho \times i \times r}{(f \times E - 0,1 \times \rho \times i)} + \frac{1}{16} = \frac{0,885 \times 2,308959466 \times 5,4792}{(12750 \times 0,8 - 0,1 \times 2,308959466)} + \frac{1}{6}$
 $th_a = 0,063599695 \text{ in} = \frac{1}{16} \text{ in}$

Perancangan Nozzle

Nozzle Feed Masuk (Top Kolom)

$\text{Rate masuk} = 590 \text{ kg/jam} = 1300,082694 \text{ lb/jam}$
 $Q_L = 63 \text{ lb/ft}^3$
 $\mu = 0,306 \text{ cp}$
 $Q = (m/Q_L) = (1300,082694/63) = 20,64020501 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,00573339 \text{ ft}^3/\text{det}$
 Dari pers. 15 Petter dan Timmerhaus 4^{thn} hal. 496 di dapat:
 $D_i \text{ opt} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} = 3,9 \times 0,00573339^{0,45} \times 63^{0,13} = 0,655017934 \text{ in} = 0.6 \text{ in}$
 Maka dipilih ukuran pipa standar dari App. A tabel A. 5-1, Geankoplis, hal 892

$D \text{ nominal} = 0.6 \text{ in}$
 $OD = 1 \text{ in} = 0,083333333 \text{ ft}$
 $Sch = 40 \text{ in}$
 $ID = 1 \text{ in} = 0,047333333 \text{ ft}$
 $A = 0,0513 \text{ ft}^2$
 Pengecekan asumsi
 $v = Q/A = \frac{0,00573339}{0,0513} = 0,111761994 \text{ ft/det}$
 $N_{Re} = \frac{Dv\rho}{\mu} = \frac{0,0473 \times 0,111761994 \times 63}{0,306 \times 6,7197.10^{-4}} = 22.869,47859 > 2.100 \text{ (memenuhi)}$

Nozzle Bottom Kolom

$\text{Rate masuk} = 577 \text{ kg/jam} = 1273,346494 \text{ lb/jam}$
 $Q_L = 63 \text{ lb/ft}^3$
 $\mu = 0,300 \text{ cp}$
 $Q = (m/Q_L) = 1273,346494/63 = 20,2157392 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,005615483 \text{ ft}^3/\text{det}$
 Dari pers. 15 Petter dan Timmerhaus 4^{thn} hal. 496 di dapat:
 $D_i \text{ opt} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} = 3,9 \times 0,005615483^{0,45} \times 63^{0,13} = 0,64892158 \text{ in}$
 Maka dipilih ukuran pipa standar dari App. A tabel A. 5-1, Geankoplis, hal 892
 $D \text{ nominal} = 0,6 \text{ in}$
 $OD = 1,148921584 \text{ in} = 0,095743465 \text{ ft}$
 $Sch = 40 \text{ in}$
 $ID = 10 \text{ in} = 0,80 \text{ ft}$
 $A = 0,0513 \text{ ft}^2$
 Pengecekan asumsi
 $v = Q/A = \frac{0,005615483}{0,0513} = 0,109463608 \text{ ft/det}$
 $N_{Re} = \frac{Dv\rho}{\mu} = \frac{0,80 \times 0,109463608 \times 63}{0,300 \times 6,7197.10^{-4}} = 27.410,08741 > 2.100 \text{ (memenuhi)}$

Tekanan design (Pi)
 $= \text{Tekanan Hidrostatik} + \text{Tekanan operasi}$
 $= 8,424 + 29,39 = 37,814 \text{ psia}$

Dimensi Kolom Filtrasi

Berdasarkan perhitungan diatas maka hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Perancangan Kolom Filtrasi

- Jarak kolom dengan zeolit = 20in
- Diameter kolom = $2.023677843 \text{ ft} = 24,28413412 \text{ in}$
- Volume kolom Filtrasi (V_{kolom}) = $25,80025627 \text{ ft}^3$
- Tinggi liquid (hl) = $5,278637397 \text{ ft}$
- Tekanan desing (P_{Disign}) = $2,308959466 \text{ psig}$
- Tebal shell (ts) = $1/16 \text{ in}$
- do = $24,53 \text{ in}$
- di = $24,28 \text{ in}$
- Tinggi tutup atas dan bawah (ha dan hb) = $11,1318 \text{ in}$
- Tebal tutup atas dan bawah (tha dan thb) = $1/16 \text{ in}$
- Tinggi tangki (Ls) = $102,2638917 \text{ in} = 8,521990975 \text{ ft}$

2. Perancangan Nozzle

- Nozzle Feed Masuk (Top Kolom)

Di opt = 0.6 in (dipilih ukuran pipa standart)

$$V = 0,111761994 \text{ ft/det}$$

$$N_{\text{re}} = 22.869,47859 > 2.100 \text{ (memenuhi)}$$

- Nozzle pengeluaran Bottom

Di opt = 0.6 in (dipilih ukuran pipa standart)

$$V = 0,109463608 \text{ ft/det}$$

$$N_{\text{re}} = 27.410,08741 > 2.100 \text{ (memenuhi)}$$

3. Perancangan Mekanis

- Diameter rata-rata Gasket (G) = $24,62010533 \text{ in}$
- Beban agar gaske tidak bocor (Hy) = $4.098,482361 \text{ lb}$
- Beban tanpa tekanan (Hp) = $103,6243411 \text{ lb}$
- Beban baut karena internal pressure = $8.093,329391 \text{ lb}$

- Total berat pada kondisi operasi (W_{ml}) = $8.196,953732 \text{ lb}$
- Tebal flange (t) = $3,108378959 \text{ in}$
- Berat shell (W_s) = $2.719,501589 \text{ lb}$
- Berat tutup (W_{tu}) = $18,02452999 \text{ lb}$
- Berat larutan (W_l) = $1.300,082694 \text{ lb}$
- Berat pipa (W_p) = $101,0666667 \text{ lb}$
- Berat isolasi (W_i) = $16,190625 \text{ lb}$
- Berat attachment (W_a) = $489,5102861 \text{ lb}$
- Berat total yang ditahan penyangga (W_{total}) = $4.628,185766 \text{ lb}$

4. Perancangan Skirt Support dan Pondasi

- Tinggi support = $40 \text{ in} = 3 \text{ ft}$
- Tebal skirt = $0,0012 \text{ in}$
- Tinggi pondasi = 20 in
- Luas rata-rata pondasi = $312,5 \text{ in}^2$
- Volume pondasi = 6.250 in^3
- W pondasi = $534,47625 \text{ lb}$
- Berat total pondasi = $810.466,9854 \text{ lb}$

KESIMPULAN

Kesimpulan PraRancang Bangun Asap Cair dari potongan kayu adalah sebagai berikut :

Kapasitas produksi sekam padi adalah 3000 ton / tahun dengan kebutuhan bahan baku potongan kayu sebanyak 5000 ton/tahun.

- Berlokasi di Kota Pasuruan, Provinsi Jawa Timur. Lokasi tersebut mendukung aspek ketersediaan bahan baku, sumber air, listrik, bahan bakar, tenaga kerja, sarana transportasi dan pemasaran.

- PraRancang Bangun Asap Cair berdasarkan parameter-parameter ekonomi seperti berikut :

- Total Capital Investment (TCI) : Rp16.656.394.370,-

- Return Of Investment (ROI_{BT}) : 34,55 %
- Return Of Investment (ROI_{AT}) : 31,09%
- Pay Out Time (POT) : 2,8 tahun
- Break Even Point (BEP): 35,01%
- Internal Rate Of Return (IRR) : 28,65%
- Dapat disimpulkan dari parameter diatas pendirian pabrik Asap Cair dari potongan kayu dikatakan layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S. S. 2010. Thermogravimetry Study on Pyrolysis of Various Lignocellulosic Biomass for Potential Hydrogen Production. (<http://www.waset.org/journals/waset/.../v72-25.pdf>). [online] diakses 28 Maret 2012). International Journal of Chemical and Biological Engineering 3:3 2010.
- Amritama, D. 2007 Asap Cair http://urlseek.vmn.net/search.php?type=dns&tbn=photopos2_0dn&q=http://produkkelapa.wordpress.com/. Diakses pada tanggal 01 April 2012.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2015. Tabel Luas Tanaman dan Produksi Perkebunan Besar Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Tanaman. (<http://kalbarprov.go.id/statistik/2010/>, [online] diakses 15 Maret 2012).
- Brunn, E. W 2011. Application of Fast Pyrolysis Biochar to a Loamy soil. (<http://www.risoe.dtu.dk/rispubl/.../ris-phd-78.pdf>, [online] diakses 10 Mei 2012).
- Guo, J dan Aik Chong Lua. 2002. Characterization of adsorbent prepared From oil-palm shell by CO₂ activation for removal of gaseous pollutants. (<http://144.206.159.178/ft/716/72355/1236158.pdf> [online] diakses 28 Maret 2012). School of Mechanical and Production Engineering, Nanyang Technological University, Nanyang Avenue, Singapore 639798, Singapore.
- Hambali, dkk. 2007. Teknologi Bioenergi. Jakarta: Penerbit Agromedia Pustaka.
- 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. Kern, D.Q. 1965. Process Heat Transfer. McGraw-Hill Companies Inc: New York.
- Lestari, H. 2008. Pengawetan Pangan dengan Asap