

KARAKTERISTIK DESTILAT ASAP CAIR DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PROSES REDISTILASI

THE CHARACTERISTICS OF LIQUID SMOKE DESTILAT FROM OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCHES IN THE PROCESS REDISTILLED

Asmawit dan Hidayati

Balai Riset dan Standardisasi Industri Pontianak

Jl. Budi utomo No. 41 Pontianak, Indonesia

E-mail: laempaha@yahoo.com

Received: 18/05/ 2016; revised: 08/12/2016; Accepted: 16/12/2016

Published online 30/12/ 2016

ABSTRAK

Asap cair merupakan hasil pirolisis pembakaran tidak langsung maupun langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung karbon serta senyawa-senyawa lain. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan asap cair sebagai bahan pengawet makanan. Asap cair grade 3 yang diperoleh dari hasil pirolisis dilakukan distilasi lagi atau redistilasi sesuai perlakuan yaitu 3, 4 dan 5 kali distilasi. Parameter yang diamati meliputi rendemen asap cair, kadar fenol, asam asetat dan benzo[a]pyrene. Hasil yang diperoleh berupa kandungan fenol berkisar 1,20-1,35%, asam asetat sekitar 3,7% dan kandungan benzo[a]pyrene 200-1400 µg/L. Secara keseluruhan asap cair hasil redistilasi yang baik diperoleh pada 4 kali distilasi dengan kadar fenol 1,2% dan asam asetat 3,69%. Untuk benzo[a]pyrene belum memenuhi persyaratan pengawet pangan alami. Kadar benzo[a]pyrene yang diizinkan untuk pengawet bahan pangan adalah 1 µg/Kg atau 1 µg/L.

Kata kunci: asam asetat, asap cair, benzo[a]pyrene, fenol, redistilasi

ABSTRACT

Liquid smoke was the result of pyrolysis combustion indirectly or directly from material which contains carbon and other compounds. This study aims to obtain a liquid smoke as a food preservative. Liquid smoke grade 3 obtained from pyrolysis of performed again distillation or redistilled as much as 3 , 4 and 5 times distilled. Parameters measured of liquid smoke were yield, phenol, acetic acid and benzo[a]pyrene. The results obtained were phenol content ranging from 1.2 to 1.35%, 3.7 % acetic acid and 200-1400 mg/L benzo[a]pyrene. Overall liquid smoke redistilled good result is four times distilled with a phenol content of 1.2% and 3.69% acetic acid. Benzo[a]pyrene not meet the requirements of natural food preservative. Levels of benzo[a]pyrene were allowed to preservative foodstuffs are 1 µg/Kg or 1 µg/L.

Keywords: acetic acid, benzo[a]pyrene, fenol, liquid smoke, redistilled

PENDAHULUAN

Kalimantan Barat merupakan salah satu daerah sentra perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Total luas areal perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Barat pada Tahun 2014 adalah 1.269.226 Ha dengan produksi 1.065.409 ton (BPS 2015). Dengan melihat perkembangan jumlah luasan perkebunan dan produksi kelapa sawit tersebut maka dapat disimpulkan bahwa produksi limbah berupa tandan kosong pabrik sawit juga besar. Jumlah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) ini besar karena hampir sama dengan jumlah produksi minyak sawit mentah. Limbah tersebut belum banyak dimanfaatkan secara optimal. Komponen terbesar dari TKKS adalah selulosa (40-60 %), disamping komponen

lain yang jumlahnya lebih kecil seperti hemiselulosa (20-30 %) dan lignin (15-30 %) (Dekker 1991 dalam Akbar 2013). TKKS dalam bentuk serabut dapat dilihat pada Gambar 1. Salah satu cara pemanfaatan limbah TKKS adalah dengan memprosesnya menjadi asap cair.

Asap cair merupakan hasil pirolisis pembakaran tidak langsung maupun langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung karbon serta senyawa-senyawa lain. Pada dasarnya, bahan baku untuk menghasilkan asap cair ini bermacam-macam, antara lain kayu, tandan kelapa sawit, tempurung kelapa sawit, tempurung kelapa dan ampas hasil penggergajian. Pirolisis adalah proses penguraian yang tidak teratur dari bahan organik

atau senyawa kompleks menjadi zat dalam tiga bentuk yaitu padatan, cairan dan gas yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar pada suhu yang cukup tinggi (Sulaiman 2004). Menurut Tranggono,dkk. (1996), pada proses ini diperlukan sistem peralatan yang terdiri dari pirolisator, pemanas, pipa penyalur asap, kolom kondensasi dan penampung destilat. Menurut Pszczola (1995) bahwa asap cair didefinisikan sebagai cairan kondensat dari asap kayu yang telah mengalami penyimpanan dan penyaringan untuk memisahkan tar dan bahan tertentu. Penggunaan berbagai jenis kayu sebagai bahan bakar pengasapan telah banyak dilaporkan.

Komponen utama dalam reaksi pengasapan hanya tiga senyawa, yaitu asam, fenol dan karbonil (Hollenbeck 1977). Komposisi asap dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah jenis kayu, kadar air dan suhu pembakaran yang digunakan. Menurut Maga (1987), bahwa keuntungan penggunaan asap cair antara lain lebih intensif dalam pemberian kontrol hilangnya citarasa lebih mudah, dapat diaplikasikan pada berbagai jenis bahan pangan (sebagai pengawet pengganti pengawet formalin pada produk tahu), industri perkebunan (industri karet), industri kayu dan lain-lain. Asap memiliki kemampuan untuk mengawetkan bahan makanan karena adanya senyawa asam, fenol dan karbonil. Pirolisis tempurung kelapa menghasilkan asap cair dengan kandungan senyawa fenol sebesar 4,13%, karbonil 11,3% dan asam 10,2% (Darmadji 1996).

Di Kalimantan Barat, selain industri besar seperti pengolahan kelapa sawit dan pengolahan minyak makan, juga terdapat industri kecil menengah bidang pangan, seperti pengolahan tahu, pengolahan ikan asap dan lain-lain. Khusus dalam pengolahan pangan

skala industri kecil, masa simpan menjadi salah satu permasalahan yang sering dihadapi. Hal ini mengingat bahwa pemakaian bahan kimia sebagai bahan pengawet sering disalahgunakan peruntukannya.

Untuk mengatasi penyalahgunaan pengawet kimia, asap cair adalah salah satu alternatif pengganti pengawet kimia pangan tersebut. Hal ini disebabkan karena sifat fungsional asap cair di antaranya sebagai antioksidan (adanya senyawa fenol), antibakteri (adanya formaldehid), antijamur dan potensinya dalam pembentukan warna coklat pada produk sehingga asap cair dapat diaplikasikan pada bahan pangan karena dapat berperan dalam pengawetan bahan pangan.

Pemanfaatan asap cair sebagai pengawet memiliki beberapa keunggulan antara lain yaitu lebih ramah lingkungan karena tidak menimbulkan pencemaran udara, dapat diaplikasi secara cepat dan mudah, tidak membutuhkan instalasi pengasapan, peralatan yang digunakan lebih sederhana dan mudah dibersihkan, konsentrasi asap cair yang digunakan bisa disesuaikan dengan yang dikehendaki dan senyawa-senyawa penting yang bersifat volatil mudah dikendalikan (Lestari 2008). Produk yang dihasilkan mempunyai kenampakan seragam, berperan dalam pembentukan senyawa sensoris serta memberikan jaminan keamanan pangan (Swastawati 2008).

Penelitian tentang asap cair sudah pernah dilakukan di Baristand Industri Pontianak namun hanya mencapai *grade 3* yaitu untuk pengawetan kayu atau karet. Asap cair yang dimanfaatkan untuk pengawet bahan pangan harus mencapai minimal *grade 2*. Hal ini dapat dilakukan dengan cara meredistilasi asap cair *grade 3* dan melakukan pengujian terhadap karakteristik asap cair berbahan baku TKKS yang dihasilkan.



Gambar 1. Serabut TKKS

METODE PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan adalah serabut TKKS, gas LPG dan air. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1(satu) unit alat pirolisis dan 1(satu) unit alat distilasi.

Proses Pirolisis

Serabut TKKS kering ditimbang sebanyak 5 kg kemudian dimasukkan ke dalam tangki pirolisator. Pembakaran dilakukan selama ± 5 jam pada suhu 350°C . Asap cair hasil kondensasi ditampung dan selanjutnya dilakukan proses redistilasi. Hasil proses pirolisis serabut TKKS yaitu asap cair *grade 3* dapat dihitung rendemennya dengan menggunakan Persamaan 1.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Bobot asap cair}}{\text{Bobot bahan baku}} \times 100\% \quad (1)$$

Proses Redistilasi

Asap cair yang dihasilkan pada proses pirolisis adalah asap cair *grade 3*. Asap cair *grade 3* ini didiamkan selama 1 bulan untuk memisahkan tar dan fraksi berat yang ada, kemudian dimurnikan melalui proses distilasi berulang atau redistilasi sesuai perlakuan yaitu redistilasi sebanyak 3, 4 dan 5 kali (P_1 , P_2 dan P_3). Asap cair hasil redistilasi kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring Whatman no. 41 sebanyak 4 (empat) kali. Parameter yang diamati pada asap cair yang dihasilkan meliputi rendemen asap cair, kadar fenol, asam asetat dan benzo[a]pirene. Pengujian kadar fenol menggunakan metode spektrofotometri, asam asetat menggunakan metode titrimetri dan benzo[a]pirene menggunakan alat Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Asap Cair

Pirolisis merupakan proses pemecahan lignoselulosa oleh panas dengan oksigen yang terbatas dan menghasilkan gas, cairan dan arang yang jumlahnya tergantung pada jenis bahan, metode dan kondisi pirolisanya. Pada proses pirolisa selulosa mengalami 2 tahap yaitu

tahap pertama merupakan reaksi hidrolisis asam yang diikuti oleh dehirasi yang menghasilkan glukosa dan tahap kedua pembentukan asam asetat dan homolognya bersama air serta sejumlah kecil senyawa kimia furan dan fenol (Girard 1992).

Pada pembuatan asap cair dari serabut TKKS dilakukan pirolisis pada temperatur 350°C . Proses pirolisis ini menghasilkan cairan yang berbau menyengat, terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan atas berwarna coklat kehitaman yang disebut sebagai asap cair dan lapisan bawah berwarna hitam kental sebagai tar. Selain itu juga diperoleh residu berupa arang TKKS dan gas yang tidak dapat terkondensasi. Gas yang dihasilkan dari proses pirolisis ini tidak dapat terkondensasi oleh pendingin sehingga tidak tertampung pada penampung cairan. Sebagian dari gas ini terjebak pada penampung dan yang lain terlepas dari penampung tersebut keluar melalui pipa penyalur asap dan lepas ke atmosfer. Rendemen asap cair yang diperoleh pada pembuatan asap cair melalui proses pirolisis yaitu 25% dengan bobot asap cair sebesar 5 liter dan bobot bahan baku 20 Kg, artinya untuk menghasilkan asap cair *grade 3* sebanyak 1 liter diperlukan 4 kg bahan baku serabut TKKS.

Perhitungan rendemen asap cair untuk redistilasi sebanyak 3 kali (perlakuan 1) diperoleh sebesar 96% dengan bobot asap cair sebesar 4,8 liter dan bobot bahan baku 5 liter. Rendemen hasil redistilasi sebanyak 4 kali (perlakuan 2) diperoleh 93,75% dengan bobot asap cair sebesar 4,5 liter dan bobot bahan baku 4,8 liter. Rendemen hasil redistilasi sebanyak 5 kali (perlakuan 3) diperoleh 94,73% dengan bobot asap cair sebesar 3,6 liter dan bobot bahan baku 3,8 liter.

Produk Akhir Asap Cair

Asap cair hasil pirolisis TKKS didiamkan selama 1 bulan untuk mengurangi kadar tar setelah itu dilakukan penyaringan dengan zeolit sebelum proses redistilasi sesuai perlakuan yaitu 3, 4 dan 5 kali. Proses redistilasi dilakukan untuk mengurangi zat yang bersifat karsinogenik. Asap cair yang dihasilkan berwarna kuning keputih-putihan (jernih).

Tabel 1. Kadar fenol

No	Redistilasi (kali)	Kadar Fenol (%)
1.	3	1,3135
2.	4	1,2385
3.	5	1,3460

Senyawa Fenol

Senyawa fenol berperan sebagai antioksidan sehingga dapat memperpanjang masa simpan produk asapan. Menurut Girard (1992), kuantitas fenol pada kayu sangat bervariasi yaitu antara 10-200 mg/kg. Analisa senyawa kimia fenol dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri pada panjang gelombang 460 nm atau 500 nm (SNI 06-6989.21-2004). Kadar fenol dalam asap cair yang diperoleh pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan kadar fenol asap cair hasil redistilasi yang diperoleh untuk setiap perlakuan berbeda-beda berkisar 1,20-1,35%. Kadar fenol terendah diperoleh pada redistilasi asap cair sebanyak 4 kali yaitu sebesar 1,2385% dan tertinggi diperoleh pada redistilasi asap cair sebanyak 5 kali yaitu sebesar 1,3460%. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya kandungan fenol dalam asap cair diantaranya adalah banyaknya kandungan lignin dalam bahan. Semakin besar kandungan lignin semakin besar pula kandungan fenol dalam asap cair. Faktor lainnya kadar fenol tinggi yaitu kurang optimalnya temperatur pirolisis sehingga kandungan lignin pada bahan belum efektif terurai sempurna.

Penggunaan senyawa fenol sebagai antimikrobia pada makanan dibatasi karena efek toksiknya. Konsentrasi penambahan fenol yang

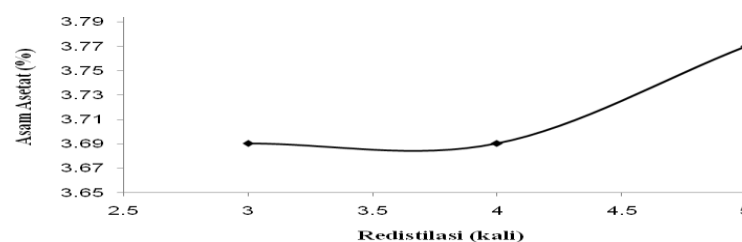
disarankan berkisar 0,020-1% tergantung dari produknya. Dalam bentuk larutan sampai konsentrasi 1%, fenol berfungsi sebagai bakteriostatik, sedangkan pada konsentrasi yang lebih tinggi berperan sebagai bakterisidal. Fenol pada konsentrasi 0,51% bisa digunakan sebagai anastesi lokal dan dapat diinjeksikan sampai 10 ml pada jaringan sebagai analgesik (Barylko dan Pikielna 1978).

Kadar fenol bervariasi antara 2,10-2,13% tergantung pada macam dan bentuk kayu dengan rata-ratanya 2,85%, sedangkan untuk tempurung kelapa sebesar 5,13% (Tranggono dkk, 1996). Menurut Darmadji (1996), pirolisis tempurung kelapa yang telah menjadi asap cair akan memiliki senyawa fenol sebesar 4,13%, karbonil 11,3% dan asam 10,2%. Senyawa tersebut mampu mengawetkan makanan sehingga mampu bertahan lama karena memiliki fungsi utama yaitu sebagai penghambat perkembangan bakteri. Asap cair merupakan bahan kimia hasil destilasi asap hasil pembakaran yang mampu menjadi desinfektan sehingga bahan makanan dapat bertahan lama tanpa membahayakan konsumen.

Fenol yang diperoleh pada penelitian ini dapat digunakan sebagai bakterisidal karena kadarnya melebihi 1%. Bakterisidal atau Bakteriosidal adalah zat yang bersifat membunuh bakteri (Anonim 2011).

Tabel 2. Kadar asam asetat

No	Redistilasi (kali)	Kadar asam asetat (%)
1.	3	3,69
2.	4	3,69
3.	5	3,77



Gambar 2. Kadar asam asetat asap cair hasil redistilasi

Senyawa Kimia Asam Asetat

Senyawa asam pada asap cair mempunyai peranan sebagai antibakteri dan membentuk citarasa produk asapan. Salah satu senyawa asam yang terdapat pada asap cair adalah asam asetat. Kadar asam asetat yang ada pada asap cair hasil pirolisis serabut TKKS dapat dilihat pada Tabel 2.

Kandungan selulosa dalam serabut TKKS berpengaruh pada kadar asam asetat asap cair yang diperoleh. Jika kandungan selulosa dalam bahan tinggi maka kadar asam asetat asap cair yang diperoleh juga tinggi (Akbar dkk, 2013). Ada juga faktor lain yang mempengaruhi kadar asam asetat dalam asap cair yakni suhu dan waktu proses. Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar asam asetat tertinggi diperoleh sebesar 3,77% pada redistilasi asap cair sebanyak 5 kali. Untuk perlakuan redistilasi sebanyak 3 dan 4 kali, kadar asam asetat yang diperoleh adalah sama yaitu sebesar 3,69%, hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Asam asetat (cuka) merupakan senyawa kimia asam organik yang dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma asam yang pekat jika dirasakan dalam makanan. Asam asetat merupakan pereaksi kimia dan bahan baku industri penting. Dalam industri makanan asam asetat digunakan sebagai pengatur keasaman.

Beberapa jenis asam organik yang dapat digunakan untuk mengawetkan makanan adalah asam asetat, asam laktat, asam propionat, asam fumarat, asam tartarat dan asam sitrat. Asam asetat atau asam cuka merupakan pengawet makanan yang paling efektif karena hampir tidak ada batas maksimal penggunaannya untuk makanan. Beberapa peneliti menyatakan penggunaan asam asetat untuk makanan dalam jangka waktu lama tidak membahayakan kesehatan karena dapat dimetabolisir oleh tubuh kemudian dikeluarkan dari tubuh (Behaki 2012).

Senyawa Kimia Benzo[a]pyrene

Benzo[a]pyrene merupakan senyawa kimia Polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) yang mempunyai potensi karsinogenik paling tinggi dan dijadikan indikator pencemaran PAH pada lingkungan. PAH merupakan molekul aromatic yang terdiri atas dua atau lebih molekul cincin aromatik dan disusun oleh atom karbon dan hidrogen. Beberapa senyawa PAH diketahui memiliki sifat karsinogenik yang cukup tinggi,

terutama yang memiliki 4 sampai 6 cincin aromatik (Luch dan Baird 2005).

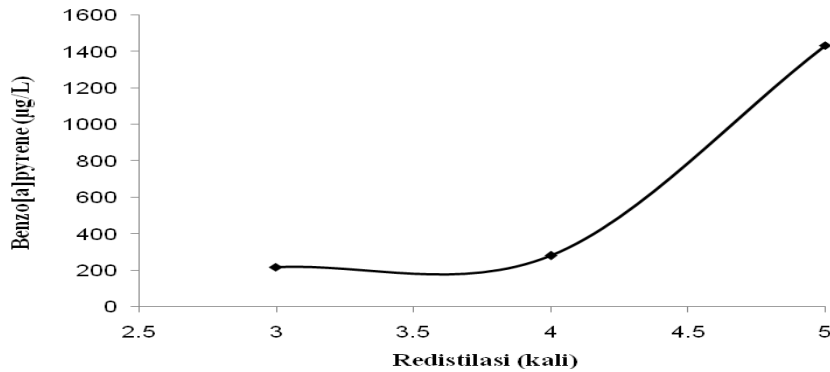
Benzo[a]pyrene ($C_{20}H_{12}$) adalah lima cincin PAH yang bersifat mutagen, sangat karsinogen, berbentuk padatan kristal kuning yang merupakan senyawa hasil pembakaran tidak sempurna pada suhu antara 350-600°C. Keamanan produk asapan sangat bervariasi tergantung pada metoda serta tujuan pengasapan. Pengasapan yang bertujuan menghasilkan citarasa asap pada produk, relatif sedikit terpapar oleh senyawa toksik dan karsinogen karena intensitas pengasapan yang lebih ringan. Berbeda dengan pengasapan yang bertujuan untuk pengawetan.

Tingkat pencemaran senyawa karsinogen juga tergantung pada kayu yang digunakan sebagai bahan asap. Produk asapan yang diasap menggunakan kayu apel akan terpapar PAH dengan konsentrasi yang rendah sedangkan produk asapan yang diasap dengan kayu cemara akan terkontaminasi PAH dalam bentuk benzo[a]pyrene pada konsentrasi yang tinggi sampai 35,07 $\mu\text{g}/\text{kg}$, demikian juga kayu yang bergetah, pada proses pembakaran akan menghasilkan asap dengan cemaran benzo[a]pyrene yang tinggi. Untuk produk asapan yang diasap secara tradisional, juga produk yang kontak langsung dengan nyala api pada suhu yang tinggi menunjukkan tingkat cemaran benzo[a]pyrene yang tinggi seperti, ayam, ikan bakar dan sate bakar (Darmadji, 1996). Hasil penelitian menunjukkan bahwa total 44 sampel produk asapan 23 sampel terpapar benzo[a]pyrene sebesar lebih 5,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ melebihi dari persyaratan yang ditetapkan FAO/WHO maksimum sebesar 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Yabiku dkk, 1993 *dalam* Darmadji, 2009).

Pada penelitian ini, benzo[a]pyrene yang dihasilkan masih tinggi sehingga untuk pengawetan bahan pangan belum dapat digunakan dan perlu dilakukan pemurnian terhadap asap cair yang dihasilkan. Hasil analisis terhadap parameter benzo[a]pyrene pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa semakin banyak redistilasi maka kadar benzo[a]pyrene yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan distilasi dilakukan dibawah titik didih benzo[a]pyrene. Titik didih benzo[a]pyrene yaitu 495°C sedangkan distilasi pada penelitian ini dilakukan pada suhu 100°C.

Tabel 3. Kadar benzo[a]pyrene

No.	Redistilasi (kali)	Benzo[a]pyrene (µg/L)
1.	3	217,76
2.	4	281,44
3.	5	1435,21



Gambar 3. Kadar benzo[a]pyrene asap cair hasil redistilasi

KESIMPULAN

Hasil penelitian redistilasi asap cair berbahan baku serabut TKKS adalah kandungan fenol berkisar 1,20-1,35%, asam asetat sekitar 3,7% dan kandungan benzo[a]pyrene 200-1400 µ/L. Secara keseluruhan asap cair hasil redistilasi yang baik adalah 4 kali redistilasi dengan kadar fenol 1,2% dan asam asetat 3,69%. Untuk benzo[a]pyrene belum memenuhi persyaratan pengawet pangan alami. Kadar benzo[a]pyrene yang diizinkan untuk pengawet bahan pangan adalah 1 µg/Kg atau 1 µg/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F., Zulisma, A. dan Hamidah, H. 2013. Pengaruh waktu simpan film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong terhadap sifat mekaniknya. *Jurnal teknik kimia*. 2 (2).
- Anonim. 2011. *Bakteriosidal*. Kamus Kesehatan. <http://kamuskesehatan.com/arti/bakteriosidal/>. (diakses : 13 Desember 2015)
- Barylko, N. and Pikielna. 1978. *Contribution of smoke compounds to sensory bacteriostatic and antioxidative effect in smoked foods*. *Pure and appl.chem*. 49:1667-1671. Oxford : Pergamon Press.
- Behaki, Jafar. 2012. Tanda tanya besar tentang si asam asetat. <http://jafarbehaki10.blogspot.co.id/2012/12/tanda-tanya-besar-tentang-si-asam-asetat.html>. (diakses : 12 Januari 2016)
- BPS. 2014. Kalimantan Barat dalam Angka. Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Barat.
- Darmadji, P. 2009. *Teknologi Asap Cair dan Aplikasinya Pada Pangan dan Hasil Pertanian*. teks Pidato dalam pengukuhan Guru Besar dalam Bidang Teknologi-pangan dan Hasil Pertanian pada Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Darmadji, P. 1996. Antibakteri asap cair dari limbah pertanian. *Agritech*. 16 (4) : 19-22.
- Girard, J.P. 1992. *Smoking in technology of meat products*. clermont ferrand. New York : Ellis Horwood.
- Hollenbeck, C.M. 1977. *Novel concept in technology and design of machinery for production and application of smoke in the food industry*. In Rutkowski, A.(ed.). *Advance in Smoking of Foods*. Oxford : Pergamon Press.
- Lestari, H. 2008. Pengawetan asap dengan asap cair. <http://SuaraMerdeka.com>. (diakses : 12 Januari 2016)
- Luch A, Baird WM. 2005. Metabolic activation and detoxification of polycyclic

- aromatic hydrocarbons dalam *The Carcinogenic Effects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*. Luch A editor. London: CRC Press.
- Maga, J.A. 1987. *Smoke in food processing*. Florida : CRC Press, Inc. Boca Raton.
- Pszczola, D. E. 1995. Tour highlights production and uses of smoke base flavors. *Food tech.* 49 (1) : 70-74.
- Sulaiman, S. 2004. Penjernihan asap cair hasil pirolisis tempurung kelapa menggunakan kolom kromatografi dengan zeolit alam teraktivasi sebagai fasa diam. Skripsi. F-MIPA. UGM. Yogyakarta.
- Swastawati, Fronthea. 2008. *Quality and safety of smoked catfish (Arius talassinus) using paddy chaff and coconut shell liquid smoke*. *Journal of coastal development.* 12 (1) : 47-55.
- Tranggono, Suhardi, Setiadji, B., Darmadji, P., Supranto dan Sudarmanto. 1996. Identifikasi asap cair dari berbagai jenis kayu dan tempurung kelapa. *Jurnal ilmu dan teknologi pangan.* 1 (2) : 15-24.