

## DAYA HAMBAT ASAP CAIR KULIT BATANG SAGU TERHADAP KERUSAKAN OKSIDATIF LEMAK IKAN TUNA (*Thunnus sp*) ASAP

Inhibition Capability of Sago Bark Liquid Smoke on Oxidative Damage of Smoked Tuna Fat (*Thunnus Sp*)

Daniel Ambrosius Nicolas Apituley<sup>1</sup>, Purnama Darmadji<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura, Jl. Mr. Chr. Soplanit, Kampus Poka, Ambon 9723

<sup>2</sup>Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora No. 1,

Bulaksumur, Yogyakarta 55281

Email : apituley02@yahoo.com

### ABSTRAK

Sekarang ini penggunaan asap cair sebagai biopreservasi dalam teknologi pengolahan ikan telah dilakukan dan dikembangkan. Tujuan penelitian ini adalah melakukan kajian terhadap asap cair dari kulit batang sagu untuk digunakan sebagai sumber antioksidan dalam menghambat kerusakan oksidatif ikan Tuna asap. Kemampuan sebagai antioksidan diuji dengan metode DPPH sedangkan kemampuan menghambat kerusakan oksidatif lemak ikan asap dilakukan dengan mengukur perubahan nilai TBA ikan asap selama penyimpanan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa asap cair dari kulit batang sagu memiliki kemampuan sebagai antioksidan dan dapat menghambat kerusakan oksidatif lemak ikan tuna asap selama penyimpanan. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan asap cair dengan konsentrasi 4% dapat menghambat laju peningkatan nilai TBA ikan tuna asap selama penyimpanan bila dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan pengasapan tradisional.

**Kata kunci:** Asap cair kulit sagu, kerusakan oksidatif, lemak ikan

### ABSTRACT

Recent years using of liquid smoke as biopreservation in fish preservation technology has been carried out and developed. The aim of this research was to study the liquid smoke of sago bark as antioxidant to inhibit oxidative damage of smoked tuna (*Thunnus sp*) fat. Antioxidant activity was tested by DPPH method, while oxidative damage was tested by TBA value. The result showed that liquid smoke of sago bark had ability as an antioxidant, and inhibited oxidative damage of smoked Tuna fat during storage. It concluded that treatment of liquid smoke with concentration 4% could inhibit increasing TBA value rate of smoked Tuna during storage if compared to control and traditionally smoked Tuna.

**Keywords:** Liquid smoke of sago bark, oxidative damage, fish fat

### PENDAHULUAN

Kerusakan oksidatif dalam bahan pangan merupakan salah satu masalah utama selama bahan pangan tersebut mengalami penyimpanan. Terjadinya oksidasi selama penyimpanan bahan pangan dapat menyebabkan terjadinya penurunan mutu bahan pangan tersebut. Salah satu cara yang efektif untuk mengendalikan maupun mencegah terjadinya kerusakan oksidatif tersebut adalah dengan menambahkan antioksidan dalam sistem bahan pangan tersebut. Pengasapan

ikan baik dengan cara konvensional maupun modern (dengan asap cair) merupakan salah satu cara pengawetan ikan yang sering dan telah lama dilakukan guna mengatasi masalah oksidasi tersebut di atas. Hal ini disebabkan karena komponen-komponen kimiawi dalam asap selain memiliki kemampuan sebagai antimikrobia pembusuk juga memiliki kemampuan dalam mencegah terjadinya kerusakan oksidatif pada lemak ikan (Yuwanti, 2005; Sari dkk., 2006; Apituley dkk., 2006a; Swastawati, 2008; Zuraida dkk., 2011; Ernawati dkk., 2012).

Asap cair merupakan cairan hasil kondensasi dari proses pirolisa kayu yang dapat digunakan sebagai antioksidan alami pada proses pengolahan bahan pangan termasuk ikan dan hasil olahannya. Sifat antioksidatif dari asap cair ini disebabkan karena adanya senyawa-senyawa fenolik seperti seperti guaiakol (2-metoksi fenol) dan syringol (2,6-dimetoksifenol) (Maga, 1987). Senyawa-senyawa fenolik tersebut dapat berperan sebagai donor hidrogen dan efektif dalam jumlah yang sangat kecil dalam mencegah terjadinya oksidasi lipid (Pszczola,1995). Komponen fenolik pada asap cair ini diharapkan dapat mencegah terjadinya kerusakan oksidatif pada lemak daging ikan asap selama penyimpanan. Sifat asap cair yang larut air dan memiliki kemampuan penetrasinya yang cukup baik ke dalam daging ikan menyebabkan komponen-komponen aktif terutama komponen fenoliknya dapat melindungi lemak ikan tersebut dari kerusakan oksidatif selama penyimpanan maupun distribusinya. Beberapa penelitian tentang aplikasi asap cair sebagai biopreservasi alami dalam ikan asap menunjukkan bahwa komponen fenolik dalam asap cair dari limbah hasil pertanian seperti tempurung kelapa, batok biji pala serta cangkang kenari ternyata mampu menghambat terjadinya kerusakan oksidatif pada lemak ikan asap selama penyimpanan (Swastawati,2008; Apituley, 2010; Ernawati dkk.,2012).

Dalam penelitian ini bahan dasar asap cair yang digunakan adalah kulit batang sagu. Kulit batang sagu merupakan salah satu limbah hasil olahan sagu yang sangat melimpah di Maluku. Penggunaannya sebagai bahan pembuatan asap cair merupakan salah satu cara alternatif penanganan limbah tersebut. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah melakukan kajian terhadap asap cair yang diproduksi dari limbah hasil olahan sagu yakni kulit batang sagu untuk digunakan sebagai antioksidan dalam menghambat terjadinya kerusakan oksidatif pada lemak ikan Tuna asap.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Ikan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan Tuna segar yang dibeli dari nelayan pada saat pendaratannya di Pasar Rumah Tiga, Ambon. Bahan dasar untuk pembuatan asap cair adalah kulit batang sagu dengan alat pirolisator yang terdapat di laboratorium Teknologi Hasil Perikanan Universitas Pattimura. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pirolisator atau alat pembuat asap cair, alat untuk redistilasi, timbangan analitik, penangas air,

sentrifus, spektrofotometer, GC-MS dan peralatan gelas untuk kebutuhan preparasi maupun untuk analisis.

### Pembuatan Asap Cair

Asap cair dibuat dengan melakukan pirolisis terhadap kulit batang sagu pada pirolisator dengan suhu 400°C seperti yang dilakukan oleh Tranggono dkk. (1996) dan proses redistilasi asap cair dilakukan dengan menggunakan penangas oli pada suhu antara 100 – 125°C. Asap cair dan redestilatnya kemudian dianalisis komposisi kimiawinya yang meliputi kadar fenol (Senter dkk.,1989) kadar karbonil (Lappin dan Clarck,1951) dan total asam (AOAC,1990) serta profil komponen penyusunnya dengan menggunakan GC-MS QP2010S SHIMADZU, modifikasi dari Guillen dan Ibargoitia (1999). Kondisi operasional GC-MS QP2010S saat digunakan adalah sebagai berikut: Suhu oven 75°C dipertahankan selama 2 menit, kemudian ditingkatkan menjadi 130°C dengan kecepatan peningkatan suhu 8°C/menit dan dipertahankan selama 3 menit, ditingkatkan lagi menjadi 290°C dengan kecepatan peningkatan suhu 10°C/menit yang dipertahankan selama 3 menit dan kemudian ditingkatkan lagi menjadi suhu 300°C selama 24 menit. Suhu sumber ion 200°C. Helium yang digunakan memiliki kemurnian 99,99%. Tekanan gas diatur 75,0 kPa dan laju aliran gas 0,57 ml/menit sedangkan suhu injektor 250°C. Sampel yang diinjeksikan sebanyak 1 µl dan analisis dilakukan dari berat molekul 50,00 sampai 500,00 mulai dari 5 menit sampai 55,50 menit. Uji penangkapan radikal bebas DPPH dilakukan dengan metode yang dikemukakan oleh Burda dan Oleszek (2001).

### Aplikasi Asap Cair pada Pengolahan Ikan Asap

Redestilat yang dihasilkan dari tahap pertama kemudian diaplikasikan dalam proses pengolahan ikan Tuna asap. Aplikasi asap cair pada pengolahan ikan asap dilakukan sebagai berikut: ikan tuna segar disiangi, dicuci dan dipotong kemudian direndam dalam larutan dengan perlakuan tanpa asap cair (kontrol), redestilat asap cair 4% (konsentrasi terbaik dari hasil-hasil penelitian sebelumnya) selama 4 menit kemudian dipanaskan dalam oven hingga matang. Sebagai pembanding juga digunakan ikan asap yang diolah secara tradisional seperti yang dilakukan oleh para pengolah ikan asap. Ikan asap yang diasap kemudian dikemas dalam plastik dan di simpan pada suhu kamar. Parameter yang digunakan untuk melihat kemampuan redestilat asap cair dalam menghambat kerusakan oksidatif lemak ikan Tuna asap adalah dengan mengukur bilangan TBA seperti yang dikemukakan oleh Raharjo dkk. (1992).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Komposisi Kimia Asap Cair Kulit Batang Sagu dan Redestilatnya**

Asap cair dalam penelitian ini terbuat dari kulit batang sagu yang merupakan limbah hasil pengolahan sagu yang biasanya tidak digunakan lagi dan dibiarkan begitu saja sampai membusuk. Kulit batang sagu ini diharapkan dapat menjadi sumber asap cair yang potensial. Komposisi kimia asap cair dan redestilat yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia asap cair kulit batang sagu dan redestilatnya

Komponen	Kandungan		
	Fenol (%)	Karbonil (%)	Total Asam (%)
Asap Cair Kulit Sagu (ACKS)	2,73a	10,05a	11,97a
Redestilat Asap Cair Kulit Sagu (RACKS)	0,76b	5,24b	7,34b

Keterangan: notasi yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada  $\alpha=0.05$

**Profil Asap Cair Kulit Batang Sagu dan Redestilatnya**

Profil asap cair kulit batang sagu dan redestilatnya dianalisis dengan GC-MS dimana hasil analisis tersebut kemudian diidentifikasi spektrum massanya dengan pendekatan pustaka terhadap spektrum massa tersebut melalui pola fragmentasi (data tidak ditampilkan). Hasil identifikasi serta interpretasi data analisis GC – MS menunjukkan bahwa profil asap cair kulit batang sagu mengandung komponen – komponen aktif seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen aktif penyusun asap cair kulit batang sagu dan redestilatnya

No	Komponen senyawa			
	Asap cair	Berat molekul	Redestilat asap cair	Berat molekul
1	Propionic acid, vinyl ester	100	Propionic acid, vinyl ester	100
2	5-methyl furfural	110	5-methyl furfural	110
3	3-methyl-2-cyclopentenone	96	3-methyl-2-cyclopentenone	96
4	Phenol	94	Phenol	94
5	tetrahydro-2-furanmethanol	102	2,3-dimethyl-2-cyclopentenone	110
6	3-methyl-2-hydroxy-1,2-cyclopentanedione	112	5-hydroxy-2-heptanone	130
7	2,3-dimethyl-2-cyclopentenone	110	2-methylphenol	108
8	2-methylphenol	108	3-methylphenol	108
9	3-methylphenol	108	2-methoxyphenol	124
10	2-methoxyphenol	124	2-methoxy-4-methylphenol	138
11	2,4-dimethylphenol	122	4-ethyl-2-methoxyphenol	152
12	2-methoxy-4-methylphenol	138		
13	4-ethyl-2-methoxyphenol	152		
14	2,6-dimethoxyphenol	154		
15	1,2,4-trimethoxyphenol	168		

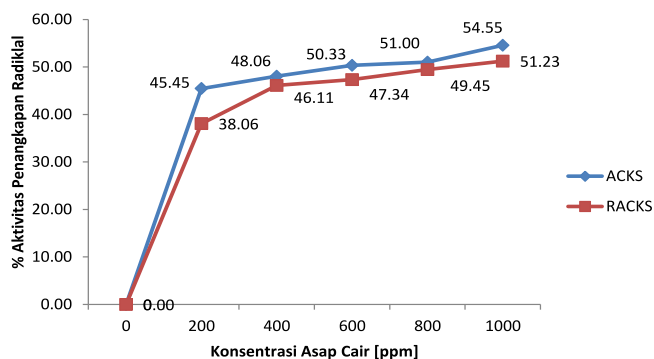
Hasil identifikasi komponen aktif asap cair kulit batang sagu dan redestilatnya menunjukkan bahwa fenol dan derivatnya sangat dominan bila dibandingkan dengan karbonil dan asam. Menurut Girard (1992), terdapatnya senyawa fenol dalam asap cair adalah merupakan hasil pirolisa dari selulosa dan lignin. Pirolisis selulosa terjadi pada suhu 260 – 310°C dan lignin mengalami pirolisis pada suhu 320 – 400°C. Dimana pirolisis lignin baik dari kayu keras maupun lunak akan menghasilkan guaiakol, 4-metil guaiakol, siringol, 4 metil siringol serta aseto-siringol. Hasil identifikasi komponen aktif asap cair kulit batang sagu ini juga hampir sama dengan komponen aktif yang terdapat pada asap cair cangkang sawit yang juga didominasi oleh senyawa kelompok fenol seperti fenol, 2-metil fenol, 2-metoksi fenol, dan derivat fenol lainnya (Halim, 2005). Dominasi kelompok senyawa fenol yang terdapat dalam asap cair kulit batang sagu dan redestilatnya ini memungkinkan penggunaan asap cair ini sebagai biopreservasi terutama sebagai antioksidan maupun antimikrobia.

Hasil identifikasi tersebut juga terlihat bahwa telah terjadi pengurangan komponen aktif asap cair akibat dilakukannya proses redestilasi yakni dari 15 komponen pada asap cair kulit batang sagu (ACKS) menjadi 11 komponen pada redestilat asap cair kulit batang sagu (RACKS). Adanya pengurangan komponen aktif ini tentunya akan sangat berpengaruh terhadap kemampuannya sebagai biopreservasi baik sebagai antioksidan maupun antimikrobia.

**Uji Aktivitas Penangkapan Radikal Bebas Asap Cair**

Uji aktivitas penangkapan radikal bebas atau yang lebih dikenal sebagai uji DPPH sering digunakan untuk

mengukur aktivitas antioksidan sebagai penangkap radikal bebas, karena metode ini sederhana dan cepat pengujiannya (Nenadis dan Tsimidou, 2002). Hasil pengujian menunjukkan bahwa aktivitas asap cair sebagai penangkap radikal bebas meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi asap cair seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Aktivitas penangkapan radikal bebas dari asap cair kulit batang sagu dan redestilatnya. ACKS = Asap Cair Kulit Batang Sagu, RACKS = Redestilat Asap Cair Kulit Batang Sagu

Aktivitas penangkapan radikal bebas dari asap cair kulit batang sagu (ACKS) lebih tinggi bila dibandingkan dengan redestilatnya (Gambar 1). Sebagai contoh, pada konsentrasi 200 ppm aktivitas penangkapan radikal bebas asap cair kasar (ACKS) adalah 45.45%. Sedangkan pada redestilat asap cair kulit batang sagu (RACKS) adalah sebesar 38.06%. Menurut Pszczola (1995), komponen yang terdapat dalam asap cair yang berfungsi sebagai antioksidan adalah senyawa-senyawa fenol. Dimana fenol dengan titik didih yang lebih tinggi mempunyai sifat antioksidan yang lebih baik jika dibandingkan dengan senyawa fenol yang bertitik rendah. Apituley dkk. (2006a; 2006b) dalam penelitiannya tentang antioksidan fenolik asap cair cangkang sawit juga menunjukkan aktivitas penangkapan radikal bebas asap cair cangkang sawit (R0) dan redestilat R4 berkisar antara 48 – 55% pada konsentrasi 200 ppm dengan daya reduksi yang berada pada kisaran antara 0.12 – 0.17 pada konsentrasi 200 ppm. Hal tersebut hampir sama dengan hasil pengujian aktivitas penangkapan radikal bebas asap cair dalam penelitian ini yang berkisar antara 45.45 – 54,55% sedangkan untuk redestilatnya berkisar antara 38,06 – 51.23% pada konsentrasi 200 ppm. Hasil tersebut diatas menunjukkan bahwa asap cair dari kulit batang sagu memiliki potensi sebagai antioksidan alami. Menurut Maga (1987), asap cair memiliki sifat antioksidan dan dapat digolongkan kedalam antioksidan alami.

#### Aplikasi Asap Cair Pada Ikan Tuna Asap

Pada bagian ini dilakukan pengujian kemampuan redistilat asap cair kulit batang sagu dalam menghambat kerusakan

oksidatif lemak ikan Tuna asap dan parameter kerusakan oksidatif yang di amati adalah nilai TBA. Hasil analisis nilai TBA pada berbagai perlakuan yang dicobakan dalam penelitian ini dapat di lihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis nilai TBA (MeqMDA/Kg)

Perlakuan	Lama penyimpanan pada suhu kamar (hari)						
	0	1	2	3	4	5	6
Kontrol	0.52	3.36	5.52	+	-	-	-
Asap tradisional	0.48	2.73	4.44	+	-	-	-
Redest. Asap Cair 4%	0,49	1.40	2.55	3.02	3.97	4.95	+

Keterangan: + Produk telah berjamur

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai TBA ikan Tuna asap yang diberi perlakuan kontrol (tanpa asap) dan perlakuan dengan asap tradisional serta yang diberi perlakuan perendaman dalam redestilat asap cair 4% masing – masing mengalami peningkatan selama penyimpanan. Sebagai contoh: perlakuan kontrol (tanpa asap) mengalami peningkatan nilai TBA dari 0.52 MeqMDA/Kg pada hari ke-0 menjadi 5.52 MegMDA/kg pada penyimpanan hari ke-2. Sedangkan pada perlakuan redestilat asap cair 4% mengalami peningkatan dari 0.49 MeqMDA/Kg pada hari ke-0 menjadi 4.95 MeqMDA/Kg pada hari ke-5. Terjadinya peningkatan nilai TBA tersebut menunjukkan bahwa selama waktu penyimpanan telah terjadi degradasi atau kerusakan lemak pada jaringan daging ikan yang dapat menghasilkan malonaldehida (MDA). Pembentukan MDA ini tergantung dari banyak faktor, termasuk diantaranya adalah banyaknya asam lemak tak jenuh pada jaringan daging ikan tersebut. Besar kecilnya nilai TBA sangat ditentukan oleh banyaknya MDA yang terbentuk (Apituley,1998). Hal ini diperkuat dengan pendapat Raharjo (2004), bahwa oksidasi lemak pada fase lanjut akan menghasilkan senyawa aldehid seperti 2-enel dan 2-dienal. Dimana senyawa aldehid ini dapat bereaksi dengan reagen TBA sehingga dapat dilakukan pengukuran terhadapnya.

Laju kerusakan oksidatif dari lemak ikan dapat diper-tegas lagi dengan hasil analisis regresi dari data nilai TBA masing – masing perlakuan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai TBA dari masing-masing perlakuan mengalami peningkatan secara linier selama penyimpanan dengan persamaan  $y = 1.87 + 2,50x$  ( $R^2=0.99$ ) untuk perlakuan kontrol (tanpa asap cair) dan  $y = 1,41 + 1.98x$  ( $R^2=0.99$ ) untuk perlakuan pengasapan secara tradisional serta  $y = 0,31 + 0.87x$  ( $R^2=0.98$ ) untuk perlakuan dengan redestilat asap cair 4%. Laju peningkatan nilai TBA pada ikan yang tidak diberi perlakuan pengasapan (kontrol) berlangsung lebih cepat bila dibandingkan dengan yang diberi perlakuan pengasapan baik secara tradisional maupun dengan redestilat asap cair 4%. Hal



tersebut ditunjukkan oleh “slope” garis regresi yang dihasilkan pada perlakuan kontrol (2.50) lebih tinggi bila dibandingkan dengan “slope” garis regresi yang dihasilkan pada perlakuan dengan pengasapan tradisional (1.98) dan “slope” garis regresi pada perlakuan redestilat asap cair 4% (0.87) seperti ditunjukkan persamaan garis regresi pada Gambar 3. Hal ini ditunjukkan dengan semakin tingginya nilai TBA dari ikan Tuna dengan perlakuan tanpa penambahan asap cair pada hari ke-1 dan ke-2 bila dibandingkan dengan nilai TBA pada perlakuan dengan penambahan redestilat asap cair 4%.

Hasil tersebut di atas menunjukkan bahwa perlakuan pengasapan baik dengan cara tradisional maupun dengan asap cair 4% mampu menekan terjadinya kerusakan oksidatif lemak ikan asap selama penyimpanan namun kemampuan terbesar lebih ditunjukkan oleh perlakuan redestilat asap cair 4%. Hasil yang sama juga dikemukakan oleh Ernawati (2012) yang menyatakan laju oksidasi sosis yang diasap selama penyimpanan lebih rendah daripada laju oksidasi sosis tanpa pengasapan yang ditunjukkan dengan bilangan peroksida dan bilangan TBARS. Sifat antioksidatif dari asap disebabkan karena kandungan senyawa-senyawa fenolik seperti guaiakol (2-metoksi fenol) dan syringol (2,6-dimetoksifenol) (Maga, 1987). Hal ini juga didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh Wesniati (1999); Wazyka (2000) dan Pamenang (2001) yang menunjukkan bahwa senyawa-senyawa fenolik dalam asap cair diantaranya guaiakol (2-metoksi fenol) dan pirokatekol (1,2-dihidroksibenzena) yang terbukti dapat mengurangi atau menghambat terjadinya kerusakan oksidatif pada asam linoleat.

Secara keseluruhan hasil penelitian menunjukkan bahwa redestilat asap cair kulit batang sagu dapat diterapkan sebagai antioksidan karena mampu menekan terjadinya kerusakan oksidatif lemak ikan Tuna asap selama penyimpanan. Ernawati (2012) juga menyatakan bahwa perlakuan pengasapan cair dapat menekan tingkat oksidasi selama penyimpanan. Penggunaan redestilat asap cair ini dianggap tepat dalam pengolahan ikan asap karena sifatnya yang larut air serta kemampuan penetrasi yang cukup baik ke dalam daging ikan sehingga komponen-komponen aktif terutama komponen fenoliknya dapat melakukan aktivitasnya dengan lebih baik. Disamping itu, berdasarkan peraturan pemerintah RI No.74 Tahun 2001, asap cair tempurung kelapa dengan nilai LD<sub>50</sub> lebih besar dari 15.000 mg/kg tergolong sebagai bahan yang tidak toksik dan aman untuk digunakan dalam produk pangan (Budijanto dkk., 2008).

## KESIMPULAN

Redestilat asap cair dari limbah kulit batang sagu memiliki aktivitas sebagai antioksidan yang ditunjukkan

oleh kemampuannya dalam menangkap radikal bebas DPPH. Komponen fenolik dalam redestilat asap cair kulit batang sagu mampu menghambat terjadinya kerusakan oksidatif pada lemak ikan Tuna asap selama penyimpanan, ini ditunjukkan oleh perlakuan penambahan redestilat asap cair 4% yang dapat menghambat laju peningkatan nilai TBA ikan Tuna asap selama penyimpanan bila dibandingkan dengan perlakuan kontrol (tanpa asap cair) dan ikan asap yang diolah dengan cara pengasapan tradisional.

## DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. (1990). *Official methods of analysis*. 18<sup>th</sup> Ed. Association of Official Analysis Chemist, Washington D.C.
- Apituley, D.A.N. (2010). Daya hambat asap cair cangkang kenari terhadap kerusakan oksidatif lemak ikan Tatihu Asap. *Ichtyos* **9**(1): 45-94.
- Apituley, D.A.N., Noor, Z., Suparmo dan Darmadji, P. (2006a). Oksidasi protein daging merah dan putih dari ikan Tongkol Putih (*Thunus* sp) oleh sistim katalis logam CuSO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Agritech* **25**(4): 180-185.
- Apituley, D.A.N., Noor, Z., Suparmo dan Darmadji, P. (2006b). Dampak oksidasi oleh 2,2-Azobiz (2-amidipropane) dihydrochloride (AAPH) dan sistim katalis logam CuSO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, terhadap asam amino protein daging ikan Tongkol Putih (*Thunus* sp). *Agritech* **26**(3): 171-178.
- Budijanto, S., Hasbullah, R., Prabawati, S., Setyadit, Sukarno dan Zuraida, I. (2008). Identifikasi dan uji keamanan asap cair tempurung kelapa untuk produk pangan. *Jurnal Pasca Panen* **5**(1): 32-40.
- Burda, S. dan Oleszek, W. (2001). Antioxidant and antiradical activities of flavonoids. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **49**: 2774-2779.
- Ernawati, Purnomo, H. dan Estiasih, T. (2012). Efek antioksidan asap cair terhadap stabilitas oksidatif sosis ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) selama penyimpanan. *Jurnal Teknologi Pertanian* **13**(2): 119-124.
- Girard, G.P. (1992). *Technology of Meat and Meat Product*. Ellis Horwood. New York. London. Toronto. Sydney. Tokyo. Singapore.
- Guillen, M.D. dan Ibagortia, M.L. (1999). Influence of the moisture content on the composition of the liquid smoke produced in the pyrolysis process of *Fagus sylvatica* L. wood. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **47**: 4126-4136.

- Halim, M. (2005). *Fraksinasi, Analisa Kimia dan Pengujian Biopreservatif Asap Cair Cangkang Sawit terhadap Pertumbuhan Bakteri*. Thesis. Program Studi Teknologi Hasil Perkebunan. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Lappin, G.R. dan Clark, L.C. (1951). Colorimetric methods for determination of traces carbonyl compound. *Analytical Chemistry* **23**: 541 – 542.
- Maga, J.A. (1987). *Smoke in food processing*. CRC. Press. Incorporation. Boca Raton, Florida.
- Nenadis, N. dan Tsimidou, M. (2002). Observations on the estimation of scavenging activity of phenolic compounds using rapid 1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl (DPPH•) Test. *Journal American Oil Chemistry Society* **79**: 1191 – 1195.
- Wesniati, N., Darmadji, P. dan Tranggono. (1999). Aktivitas penghambatan oksidasi lemak fraksi-fraksi asap cair tempurung kelapa (*Cocos nucifera*, L.). *Prosiding Seminar Nasional Pangan*, Yogyakarta, 14 September, 1999.
- Pamenang, S. (2001). Identifikasi, kuantifikasi dan konfirmasi senyawa aktif asap cair kayu karet yang mempunyai aktivitas antioksidan terhadap asam linoleat. *Himpunan Makalah Seminar Nasional Teknologi Pangan*, Semarang 9 -10 Oktober 2001.
- Pszczola, D.E. (1995). Tour highlights production and uses of smoke base flavors. *Food Technology* **49**(1): 70-74.
- Raharjo, S., Sofos, J.N. dan Schmidt, G.R. (1992). Optimalization of sample weight, sample blank and recovery procedures in a Thiobarbituric Acid-C18 (TBA C-18). Method for measuring TBA number in ground beef. *Proceedings Western Section, American Society of Animal Science*. Colorado State University Fort Collins. **43**: 317 – 320.
- Raharjo, S. (2004). *Kerusakan Oksidatif pada Makanan*. Pusat Studi Pangan dan Gizi. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sari, R.N., Bagus, S.B.U. dan Widiyanto, T.N. (2006). Rekayasa alat penghasil asap cair untuk produksi ikan asap. *Jurnal Pasca Panen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan* **1**(1): 65-73.
- Senter, S.D., Robertson, J.A. dan Meredith, F.I. (1989). Phenolic compound of the mesocarp of cresthaven peaches during storage and ripening. *Journal of Food Science* **54**: 1259-1268.
- Swastawati, F.(2008). Quality and safety of smoked catfish (*Aries talassinus*) using paddy chaff and coconut shell liquid smoke. *Journal of Coastal Development* **12**(1): 47- 55.
- Wazyka, A., Darmadji, P. dan Raharjo, S. (2000). Aktivitas antioksidan asap cair kayu karet dan redestilatnya terhadap asam linoleat. *Prosiding Seminar Nasional Industri Pangan*, 2000.
- Wesniati, N., Darmadji, P. dan Tranggono. (1999). Aktivitas penghambatan oksidasi lemak fraksi-fraksi asap cair tempurung kelapa (*Cocos nucifera*, L.). *Prosiding Seminar Nasional Pangan*, Yogyakarta, 14 September, 1999.
- Yen, G.W. dan Chen, H.Y. (1995). Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **43**(1): 27-31.
- Yuwanti, S. (2005). Asap cair sebagai pengawet alami pada bandeng presto. *Agritech* **25**(4): 36-40.
- Zou, Y., Lu, Y. dan Wei, D. (2004). Antioxidant activity of a flavonoid-rich extract of *Hypericum perforatum* L. in vitro. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **52**: 5032-5039.
- Zuraida, I., Sukarno dan Budijanto, S. (2011). Antimicrobial activity of coconut shell liquid smoke (CS-LS) and its application on fish ball preservation. *International Food Research Journal* **18**: 405-410.