

ASAP CAIR DAN APLIKASINYA PADA PRODUK PERIKANAN

Diah Lestari Ayudiarti^{*)} dan Rodiah Nurbaya Sari^{*)}

ABSTRAK

Asap cair merupakan senyawa-senyawa yang menguap secara simultan dari reaktor panas melalui teknik pirolisis dan berkondensasi pada sistem pendingin. Asap cair dibuat melalui beberapa tahapan yaitu pirolisis, kondensasi, dan redestilasi. Kualitas, komposisi, dan komponen yang terdapat dalam asap cair dipengaruhi oleh jenis bahan baku yang digunakan. Komponen utama dalam asap cair terdiri atas asam, derivat fenol, dan karbonil. Unsur-unsur kimia tersebut dapat berperan sebagai pemberi *flavor* (aroma), pembentuk warna, antibakteri, dan antioksidan. Asap cair dapat digunakan sebagai bahan pengawet karena sifat antibakteri dan antioksidannya. Senyawa fenol dan asam asetat dalam asap cair dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Pseudomonas fluorescense*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, dan *Staphylococcus aureus*. Senyawa fenol juga dapat berfungsi sebagai antioksidan dengan cara menstabilkan radikal bebas. Asap cair memberikan aroma yang spesifik dan kualitas warna yang lebih baik pada produk asap. Aplikasi asap cair dapat dimanfaatkan pada pengasapan belut, ikan, ataupun olahan *steak* ikan. Asap cair juga dapat dimanfaatkan dalam industri perkebunan dan industri kayu.

ABSTRACT: *Liquid smoke and its applications for fisheries products. By: Diah Lestari Ayudiarti and Rodiah Nurbaya Sari*

*Liquid smoke is a volatile compound that simultaneously evaporates from heat reactor through pyrolyzation and condense in cooler. Liquid smoke was produced in several steps that are pyrolyzation, condensation and redistillation. Quality, composition and material in liquid smoke is influenced by wood type as raw material. The major component of liquid smoke are acid, fenol derivate and carbonil. Those components can be used as flavoring, coloring, antibacterial and antioxidant agents. Liquid smoke can be used as preservative because of its antibacterial and antioxidant activity. Fenol and acetic acid compounds in liquid smoke can inhibit bacterial growth such as *Pseudomonas fluorescense*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Fenol also can be used as antioxidant by stabilizing the free radicals. Liquid smoke can give specific flavor and better color in smoke products. Liquid smoke can be applicated in eel, fish or products diversification such as fish steak. Liquid smoke also can be used in agricultural and timber industry.*

KEYWORDS: *liquid smoke, composition, utilization, application, fisheries product*

PENDAHULUAN

Asap cair merupakan senyawa-senyawa yang menguap secara simultan dari reaktor panas melalui teknik pirolisis (penguraian dengan panas) dan berkondensasi pada sistem pendingin (Simon *et al.*, 2005). Proses pembuatan asap cair melalui beberapa tahapan yaitu pirolisis, kondensasi, dan redestilasi. Kayu atau serbuk kayu dipirolisis pada suhu tertentu hingga menghasilkan asap, kemudian asap yang dihasilkan dikondensasikan menjadi bentuk asap cair. Asap cair hasil kondensasi ini masih memiliki kandungan tar yang tinggi dan berwarna keruh sehingga perlu didestilasi berulang-ulang (Darmaji, 2002). Asap cair yang sudah mengalami redistilasi dapat langsung diaplikasikan dalam produk pangan seperti ikan dan belut (Utomo *et al.*, 2009). Asap cair memiliki komponen utama yaitu asam, derivat fenol, dan karbonil yang berperan sebagai pemberi rasa, pembentuk warna, antibakteri, dan antioksidan.

Pengolahan ikan menggunakan asap cair memiliki beberapa kelebihan yaitu mudah diterapkan/praktis penggunaannya, *flavor* produk lebih seragam, dapat digunakan secara berulang-ulang, lebih efisien dalam penggunaan bahan pengasap, dapat diaplikasikan pada berbagai jenis bahan pangan, polusi lingkungan dapat diperkecil dan yang paling penting senyawa karsinogen yang terbentuk dapat dieliminasi (Simon *et al.*, 2005). Secara umum, masyarakat telah mengenal produk olahan ikan asap. Volume produksi ikan asap hasil perairan umum mengalami peningkatan 37,23%, dari 6.028 ton pada tahun 2004 menjadi 7.224 ton pada tahun 2008 (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2010). Ikan asap yang dijual di pasaran berasal dari proses pengasapan tradisional, yang memiliki beberapa kekurangan yaitu kualitas ikan yang tidak konsisten, terdepositnya tar pada bahan makanan sehingga membahayakan kesehatan dan menyebabkan pencemaran lingkungan yang berasal dari asap hasil pembakaran (Pazzola, 1995).

^{*)} Peneliti pada Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan; Email:diah_stari@yahoo.co.id

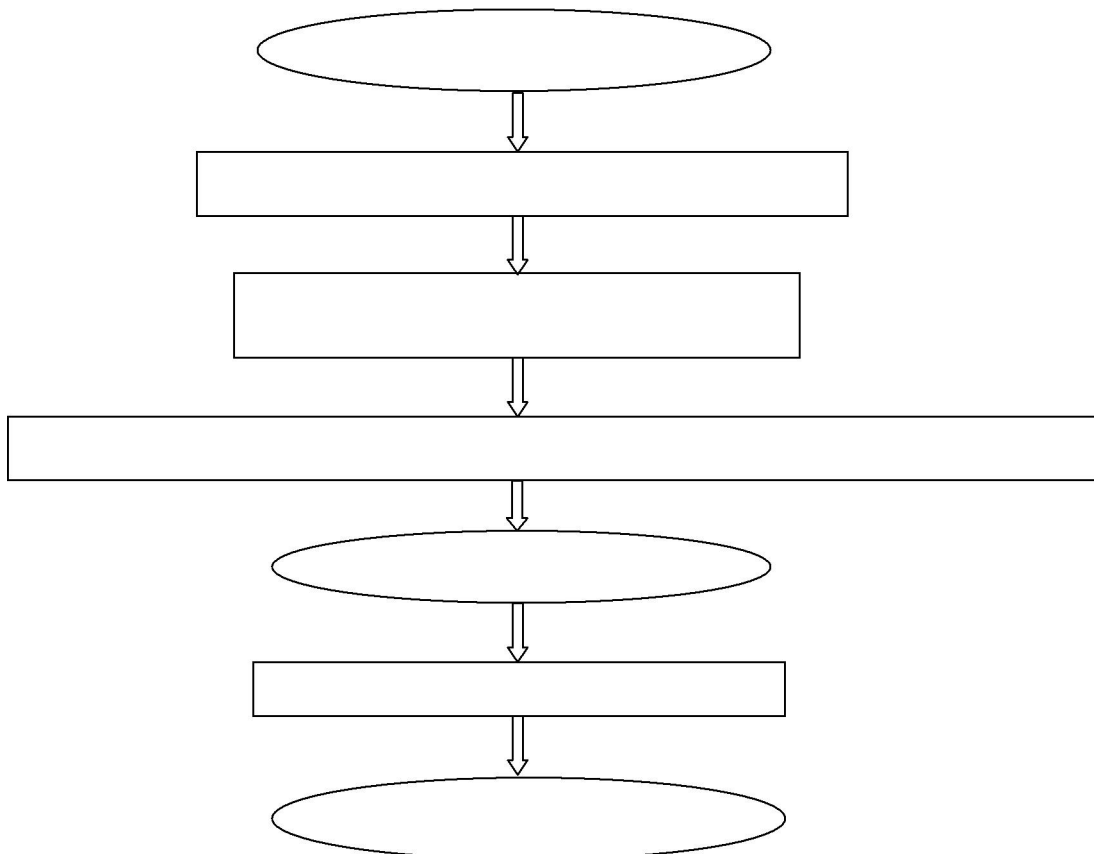


Gambar 1(a) ekstrak kasar asap cair, (b) asap hasil redistilasi (Wibisono, 2010).

Pengasapan tradisional dapat menyebabkan pencemaran udara karena selama proses pembakaran menghasilkan emisi poliaromatis hidrokarbon (PAH) pada udara. PAH pada umumnya bersifat karsinogenik, salah satu contoh senyawa PAH adalah *Benzo(a)pyrene* (BaP) (Hattula & Luoma, 2001). Produk asap yang menggunakan asap cair dinilai aman untuk kesehatan karena tidak mengandung senyawa PAH (Utomo *et al.*, 2009).

PROSES PEMBUATAN ASAP CAIR

Secara umum proses pembuatan asap cair melalui tiga tahapan yaitu pirolisis, kondensasi, dan redistilasi (Darmaji, 2002; Sari *et al.*, 2007). Pirolisis adalah proses pemecahan polimer menjadi molekul yang lebih kecil dengan menggunakan pembakaran. Suhu yang digunakan pada proses pirolisis ini tergantung dari jenis bahan baku kayu. Suhu untuk pirolisis dapat



Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan asap cair (Darmaji *et al.*, 1999).

mencapai 450°C, hal ini disebabkan kayu terdiri atas hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Pirolisis hemiselulosa terjadi pada suhu 200–250°C dan menghasilkan senyawa furfural, furan, asam karboksilat, dan asam asetat. Pirolisis selulosa terjadi pada suhu 280–320°C dan menghasilkan senyawa asam asetat serta pirolisis lignin, pada suhu 400–450°C akan menghasilkan senyawa fenol dan eter fenolik (Girard, 1992). Proses kondensasi asap akan membentuk kondensat ekstrak kasar asap cair yang harus diredestilasi atau dimurnikan lagi untuk mendapatkan asap cair (Darmaji, 2002). Tahapan pembuatan asap cair dapat dilihat pada Gambar 2.

Produksi asap cair dilakukan dengan memasukkan serbuk kayu/kayu/tempurung kelapa yang telah dikeringkan ke dalam pirolisator, ditutup dan dipanaskan pada suhu 200–450°C. Pada kisaran suhu tersebut diharapkan tiga komponen yang berpengaruh pada komposisi fraksi asap cair yaitu hemiselulosa, selulosa, dan lignin telah mengalami pirolisis. Asap yang terbentuk dilewatkan dalam pipa kondensor dengan air sebagai media pendinginnya. Pemurnian asap cair dilakukan dengan cara redistilasi. Asap cair dimasukkan dalam labu destilasi dan dipanaskan pada suhu 100–200°C, asap yang terbentuk kemudian dilewatkan dalam pipa kondensor dengan air sebagai media pendinginnya (Darmaji *et al.*, 1999). Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi telah mengembangkan desain alat pembuat asap cair skala laboratorium dan menguji coba dengan bahan baku tempurung kelapa. Tempurung kelapa sebanyak 500 gram dipirolisis selama 8 jam pada suhu 227,0–251,8°C dan menghasilkan rendemen asap cair sebanyak 48,10% dengan produksi arang sebanyak 31,33%, sedangkan pada suhu pirolisis 336,6–

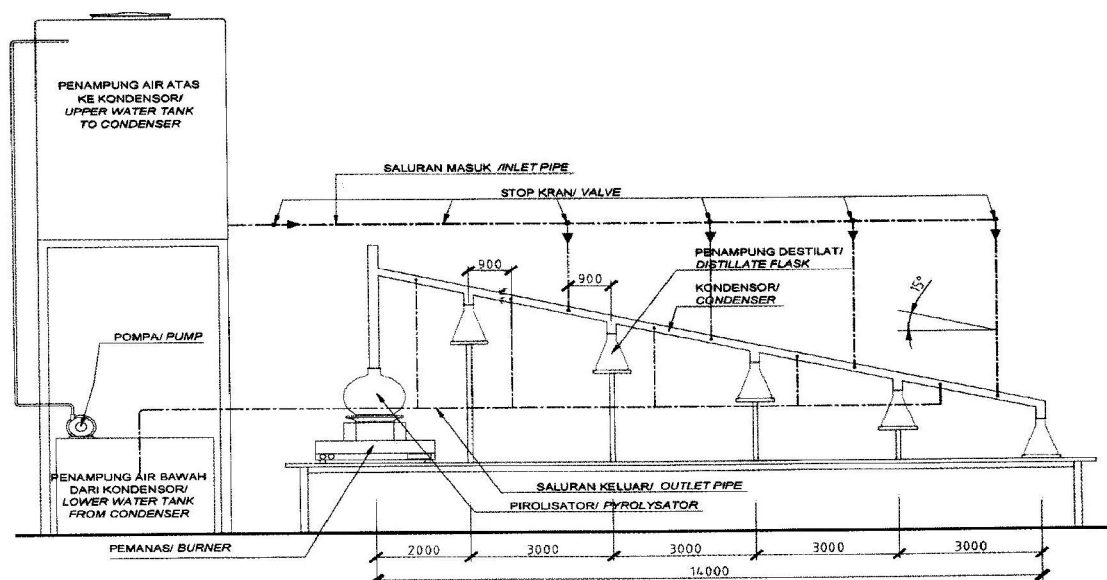
427,8°C diperoleh destilat sebesar 26,30% dengan produksi arang 26,30% (Sari *et al.*, 2007). Desain alat pembuat asap cair tertera pada Gambar 3.

KOMPOSISI DAN KOMPONEN PENYUSUN ASAP CAIR

Menurut Maga (1988), asap cair secara umum memiliki komposisi sebagai berikut : air 81–92%; fenol 0,22–2,9%; asam 2,8–4,5%; karbonil 2,6–4,6%; dan tar 1–17%. Sedangkan menurut Bratzler *et al.* (1969) komponen utama kondensat asap kayu adalah karbonil 24,6%; asam karboksilat 39,9%; dan fenol 15,7%. Komponen asap tersebut berfungsi sebagai antimikroba, antioksidan, pembentuk aroma, *flavor*, dan warna. Hasil penelitian Tranggono (1996), asap cair dari tempurung kelapa mempunyai 7 macam komponen yang dominan yaitu fenol, 3-metil-1.2-siklopentadion, 2-metoksifenol, 2-metoksi-4-metilfenol, 4-etil-2-metoksifenol, 2.6-dimetoksifenol dan 2.5-dimetoksi benzil alkohol, yang kesemuanya larut dalam eter. Hasil penelitian Sari *et al.* (2007) menyatakan bahwa komponen utama asap cair adalah 1,2-asam benzendikarboksilat dan dietil ester. Asap cair dari kayu jati, lamtorogung, mahoni, kamper, bangkirai, keruing dan batang kelapa menghasilkan asam (sebagai asam asetat) antara 4,27–11,30%, senyawa fenolat (sebagai fenol) 2,10–5,13% dan senyawa karbonil (sebagai aseton) 8,56–15,23%.

KUALITAS ASAP CAIR

Kualitas asap cair yang diperoleh dari hasil pirolisis sangat dipengaruhi oleh jenis kayu, suhu yang digunakan, ukuran partikel kayu, dan kadar air kayu.



Gambar 3. Desain alat pembuat asap cair (Sari *et al.*, 2007).

Kadar air dalam bahan baku akan menentukan kualitas asap cair yang diproduksi. Kadar air yang terlalu tinggi akan mengurangi kualitas asap cair yang diproduksi karena tercampurnya hasil kondensasi uap air dan menurunkan kadar fenol (Yudono, 1999; Anon, 2005).

Bahan pengasap yang lambat terbakar akan menghasilkan asap cair dengan kadar asam dan fenol yang lebih tinggi (Zaitsev *et al.*, 1969). Kayu keras merupakan jenis yang paling umum digunakan karena menghasilkan aroma yang lebih baik daripada kayu lunak atau kayu bergetah. Kayu keras seperti kayu kasuari, tempurung kelapa, sabut kelapa, serbuk gergaji dapat menghasilkan banyak asap karena proses pembakarannya berlangsung lambat (Hadiwiyoto *et al.*, 2000). Kayu lunak biasanya akan menghasilkan asap dengan kandungan bahan pengawet kimia yang lebih rendah dibanding kayu keras (Tranggono, 1996). Selain bahan baku, suhu yang digunakan selama proses pirolisis juga ikut menentukan kualitas asap cair. Apabila suhu terlalu rendah maka tidak akan terjadi pemutusan ikatan-ikatan material sehingga hasil pirolisis tidak optimal. Sebaliknya bila terlalu tinggi senyawa-senyawa yang terjadi, terdegradasi menjadi rantai yang pendek, kualitas asap cair akan berubah (Ramakrishnan & Moeller, 2002).

PERANAN ASAP CAIR DALAM INDUSTRI PERIKANAN

Kandungan senyawa-senyawa kimia dalam asap cair seperti fenol, karbonil, dan asam memiliki kemampuan untuk mengawetkan dan memberikan warna serta rasa untuk produk makanan antara lain ikan. Pada proses pengasapan ikan dengan asap cair, unsur yang berperan dalam peningkatan daya awet ikan adalah asam, derivat fenol, dan karbonil. Unsur-unsur kimia tersebut antara lain dapat berperan

sebagai pemberi *flavor* (aroma), pembentuk warna, antibakteri, dan antioksidan (Anon., 2005).

Asap Cair sebagai Antibakteri

Zat-zat yang ada dalam asap merupakan bahan yang bersifat bakteriostatik dan bakteriosidal. Senyawa yang sangat berperan sebagai antimikrobia adalah senyawa fenol dan asam asetat. Asap cair akan menurunkan pH sehingga dapat memperlambat pertumbuhan mikroorganisme. Pada pH 4,0 asap cair mampu menghambat semua bakteri pembusuk dan patogen, sedangkan pada pH tinggi sekitar 6,0 penghambatan asap cair terhadap pertumbuhan bakteri mulai berkurang (Darmaji & Izimoto, 1995). Pada pengenceran 10 kali, asap cair mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Pseudomonas fluorescence*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, dan *Staphylococcus aureus* (Darmaji, 1996).

Asap Cair sebagai Antioksidan

Asap cair memiliki sifat antioksidatif dan dapat digolongkan sebagai antioksidan alami. Senyawa yang berperan sebagai antioksidan adalah fenol, yang merupakan antioksidan utama dalam asap cair (Girard, 1992). Peran antioksidatif ditunjukkan oleh senyawa fenol bertitik didih tinggi terutama 2,6-dimetoksisfenol; 2,6 dimetoksi-4-metilfenol dan 2,6-dimetoksi-4-etilfenol yang bertindak sebagai donor hidrogen terhadap radikal bebas dan menghambat reaksi rantai (Pazzola, 1995). Senyawa-senyawa ini dapat menghambat oksidasi lemak, mencegah oksidasi lipida dengan menstabilkan radikal bebas, dan efektif mencegah kehilangan cita rasa akibat oksidasi lemak (Khayat & Schwall, 1983; Ladikos & Lougovois 1990).

Asap Cair sebagai Pemberi Aroma dan Warna

Asap cair dapat memberikan *flavor* asap yang khas (Hadiwiyoto *et al.*, 2000). Pembentukan aroma pada



Gambar 4. Produk ikan asap (Wibisono, 2010).

Tabel 1. Persyaratan mutu dan keamanan pangan produk asapan (BSN, 2009)

Jenis uji	Satuan	Persyaratan
Organoleptik	Angka (1–9)	Minimal 7
Cemaran mikroba :		
ALT	Koloni/g	Maksimal $1,0 \times 10^5$
<i>Escherichia coli</i>	APM/g	Maksimal < 3
<i>Salmonella</i>	Per 25 g	Negatif
<i>Vibrio cholera</i>	Per 25 g	Negatif
<i>Staphylococcus</i>	Koloni/g	Maksimal $1,0 \times 10^3$
Kimia :		
Kadar air	% fraksi massa	Maksimal 60
Kadar histamin	mg/kg	Maksimal 100
Kadar garam	% fraksi massa	Maksimal 4

produk pengasapan diperoleh karena adanya senyawa fenol dengan titik medium (Varlet *et al.*, 2007). Pengasapan ikan menggunakan asap cair memberikan warna lebih baik dibandingkan pengasapan dengan menggunakan cara tradisional. Pengasapan ikan menggunakan asap cair akan memberikan warna coklat keemasan yang lebih terang (Pazzola, 1995).

KEAMANAN PRODUK ASAP

Produk asap menggunakan asap cair dinilai aman untuk kesehatan karena tidak mengandung senyawa PAH (Utomo *et al.*, 2009). *World Health Organization* (WHO) meregulasi kandungan PAH dalam makanan tidak boleh melebihi 1 ppb (Widyastuti, 2002). Produk asap yang aman harus memenuhi persyaratan SNI 2725.(1)1.2009 tentang persyaratan mutu dan keamanan pangan produk asapan, seperti tertera pada Tabel 1.

Pada SNI 2725.(1)1.2009 belum dicantumkan persyaratan tentang PAH tetapi hanya mencantumkan mengenai persyaratan organoleptik, cemaran mikroba, dan kimia (kadar air, histamin, dan garam).

PEMANFAATAN ASAP CAIR PADA PRODUK PERIKANAN

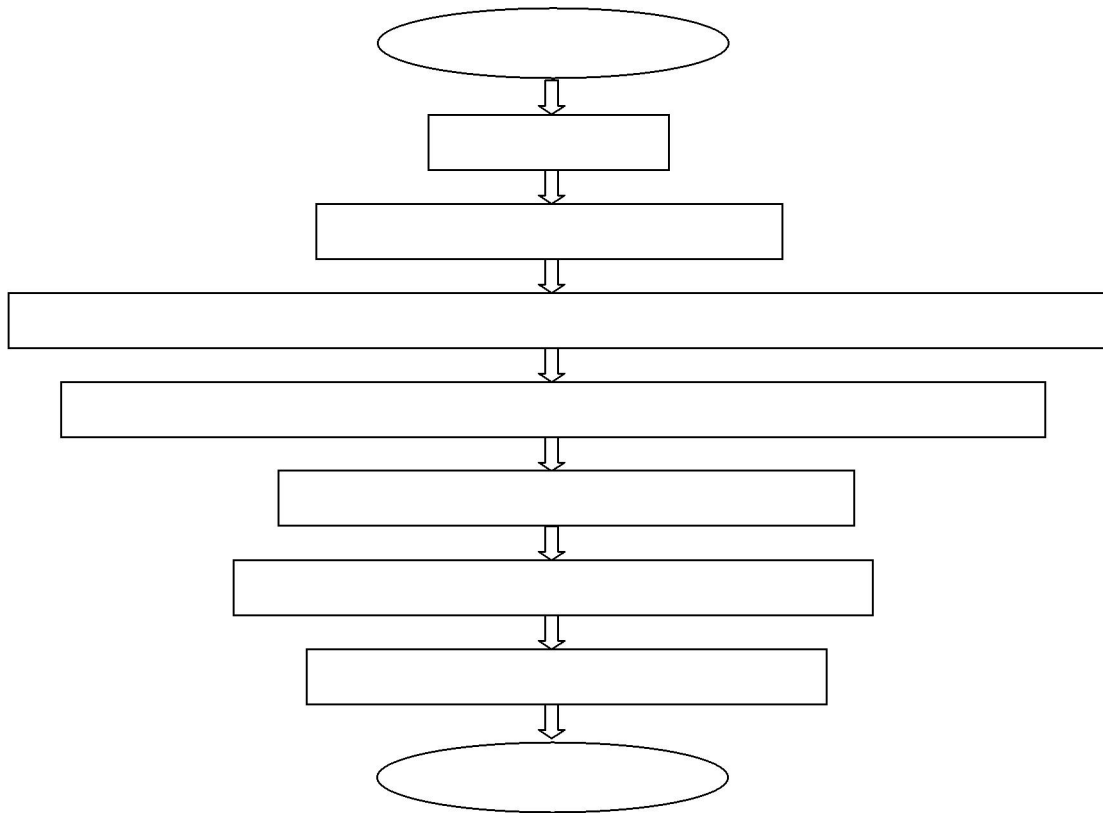
Asap cair dapat digunakan untuk mengasapkan ikan, belut, atau produk olahan ikan seperti filet dan sosis. Penggunaan asap cair pada ikan segar atau filet dilakukan dengan cara merendam produk dalam larutan asap cair pada waktu dan konsentrasi tertentu. Konsentrasi dan waktu perendaman ini tergantung dari

jenis dan jumlah ikan. Tamaela (2003) menggunakan asap cair untuk menghambat oksidasi *steak* ikan cakalang. Penggunaan asap cair pada pengenceran 2,5 kali dapat menghambat oksidasi lemak lebih baik pada *steak* ikan cakalang dibandingkan penggunaan asap cair pada pengenceran 5 kali. Penggunaan asap cair dilaporkan dapat meningkatkan daya simpan *steak* cakalang hingga 6 hari penyimpanan pada suhu kamar. Proses pembuatan *steak* ikan cakalang asap dapat dilihat pada Gambar 5.

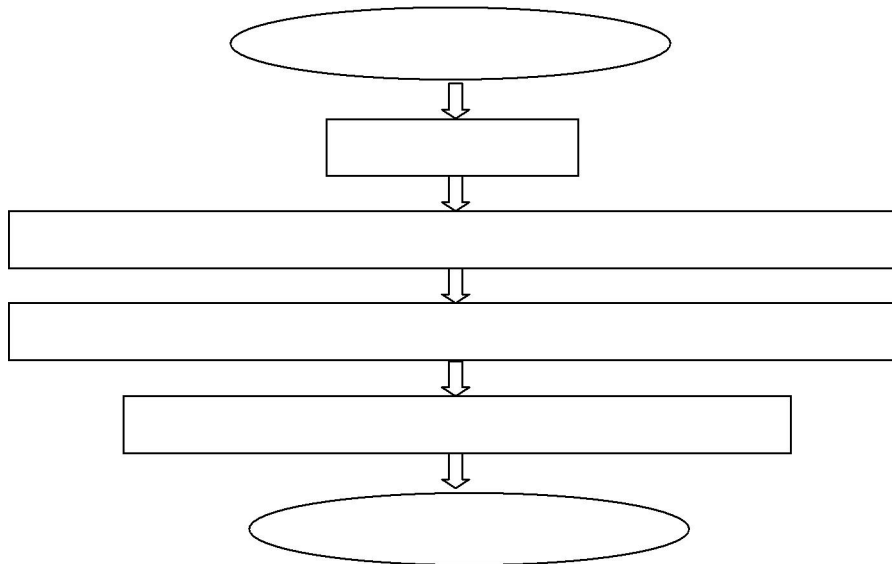
Refilda & Indrawati (2008) telah melakukan pengasapan ikan bilih menggunakan asap cair berbahan baku tempurung kelapa dengan pH 2,75. Perendaman ikan bilih pada konsentrasi asap cair 5% selama 2 jam menghasilkan produk ikan dengan warna, rasa, dan bau yang sangat disukai dan memiliki kadar protein sebesar 56,91%. Proses pembuatan ikan bilih asap dapat dilihat pada Gambar 6.

Utomo *et al.* (2009) menyatakan bahwa asap cair dapat diaplikasikan pada pembuatan belut asap dengan konsentrasi asap cair 30% dan lama pengeringan 8 jam, belut asap yang menggunakan asap cair tidak mengandung PAH sehingga aman untuk kesehatan. Proses pengolahan belut asap dilakukan sesuai dengan Gambar 7.

Marasabessy (2007) melakukan penelitian pemanfaatan asap cair pada ikan tongkol. Ikan tongkol setelah dipreparasi dan direndam larutan garam, kemudian direndam dalam asap cair konsentrasi 2% selama 30 menit. Ikan asap yang dihasilkan memiliki kadar protein tinggi dan kadar *benzo(a)pyren* tidak terdeteksi. Proses pembuatan tongkol asap dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 5. Proses pembuatan steak cakalang asap (Tamaela, 2003).

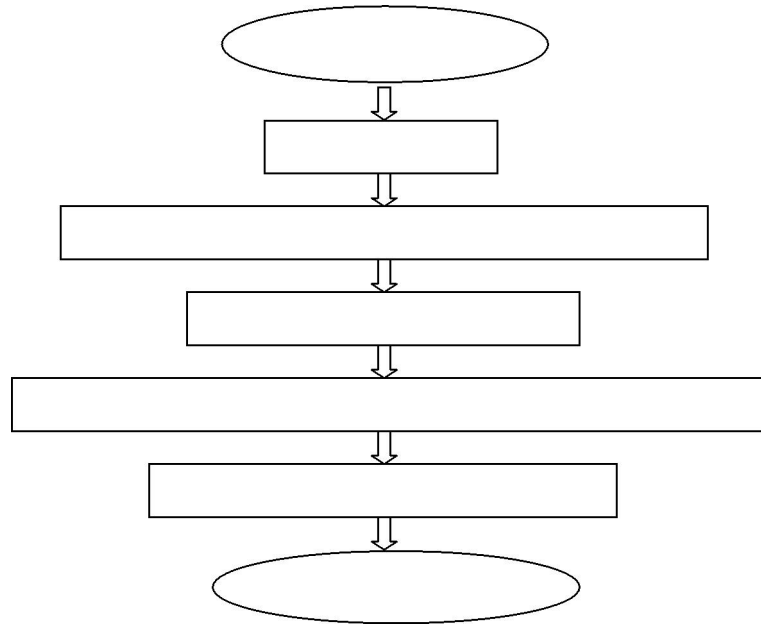


Gambar 6. Proses pembuatan ikan bilih asap (Refilda & Indrawati, 2008).

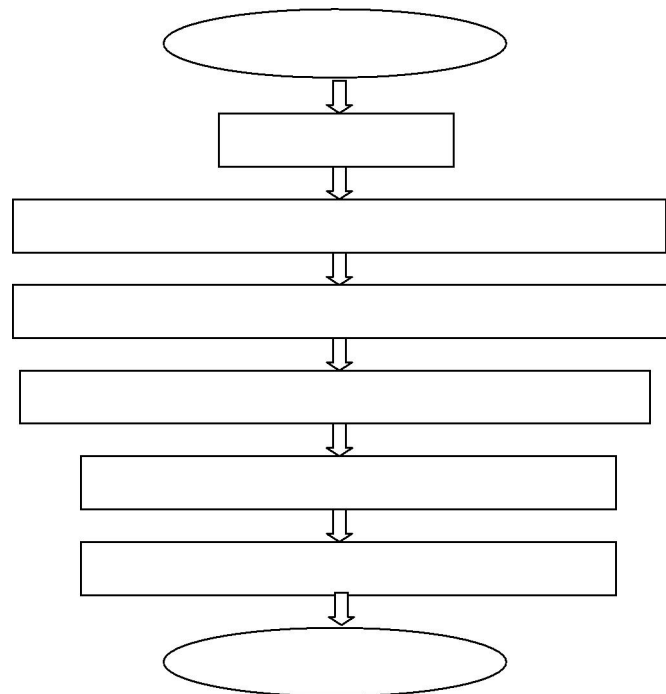
PEMANFAATAN ASAP CAIR DALAM INDUSTRI NON PANGAN

Selain industri pangan, asap cair juga digunakan pada industri non pangan seperti perkebunan dan kayu. Pada industri perkebunan, asap cair dapat

digunakan sebagai koagulan lateks. Asap cair memiliki sifat sebagai antijamur dan antibakteri sehingga dapat digunakan sebagai pengganti asam formiat. Industri kayu juga telah mengimplentasikan asap cair sebagai pertahanan terhadap rayap (Wibisono, 2010)



Gambar 7. Proses pembuatan belut asap (Utomo *et al.*, 2009).



Gambar 8. Proses pembuatan ikan tongkol asap (Marasabessy, 2007).

PENUTUP

Masyarakat saat ini masih menggunakan metode pengasapan ikan secara tradisional yang memiliki efek kurang baik untuk kesehatan dan lingkungan. Proses pengasapan menggunakan asap cair sangat perlu diperkenalkan pada masyarakat. Pengasapan dengan asap cair dapat meminimalkan biaya produksi dan

menghasilkan produk asap dengan kualitas yang lebih baik dari segi warna, rasa, dan aroma. Selain itu penggunaan asap cair menghasilkan produk yang lebih sehat serta dapat mengurangi polusi lingkungan. Dengan demikian, asap cair memiliki prospek untuk dikembangkan pada industri perikanan. Asap cair juga memiliki aplikasi yang luas pada produk non pangan misalnya pada industri perkebunan dan kayu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anon. 2005. Prospek dan potensi tempurung kelapa sawit. *Inforistek PDII-LIPI* 3(1):1–9.
- BSN. 2009. SNI-2725.(1)1.2009. *Spesifikasi Produk Ikan Asap*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Bratzler, L.J., Spooner, M.E., Weathspoon, J.B., and Maxey, J.A. 1969. Smoke flavour as related to phenol, carbonil and acid content of bologna. *J. Food Sci.* 34: 146.
- Darmaji, P. and Izimoto, M. 1995. Antibacterial effects of spices on fermented meat. *The Scientific Reports of The Faculty of Agriculture Okayama University.* 83 (1): 9–15.
- Darmaji, P.1996. Aktivitas antibakteri asap cair yang diproduksi dari bermacam-macam limbah pertanian. *Agritech.* 16 (4): 19–22.
- Darmaji, P., Supriyadi, dan Hidayat, C. 1999. Produksi asap rempah cair dan limbah padat rempah dengan cara pirolisa. *Agritech.* 19 (1): 11–15.
- Darmaji, P. 2002. Optimasi proses pembuatan tepung asap. *Agritech.* 22 (4): 172–177.
- Girard, J.P. 1992. *Smoking in Technology of Meat Products*. Clemond Ferrand. Ellis Horwood. New York. pp.123–129.
- Hadiwiyoto, S., Darmaji, P., dan Purwasari, S.R. 2000. Perbandingan pengasapan panas dan penggunaan asap cair pada pengolahan ikan; tinjauan kandungan benzopiren, fenol dan sifat organoleptik ikan asap. *Agritech.* 20 (1):14–19.
- Hattula, T. and Luoma, T. 2001. Use of liquid smoke flavouring as an alternative to tradisional flue gas smoking of rainbow trout fillets (*Oncorhynchus mykiss*). *Lebensm.-Wiss.u-Technol.* 34: 521–525.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2010. *Statistik Kelautan dan Perikanan 2008*. Jakarta. 86 pp.
- Khayat, A. and Schwll, D. 1983. Lipid oxidation in sea food. *Food Tech.* 37 (7):130–140
- Ladikos, D. and Lougovois, V. 1990. Lipid oxidation in muscle food. *Food Chem.* 35 (4): 295–314.
- Maga, J.A. 1988. *Smoke in Food Processing*. CRC Press inc. Florida. pp.1–3: 113–138.
- Marabessy, I. 2007. *Produksi Asap Cair dari Limbah Pertanian dan Penggunaannya dalam Pembuatan Ikan Tongkol (Euthynnus affinis) Asap*. Tesis. IPB, Bogor
- Pazzola. 1995. Tour highllingts production and uses of smoke based fla. *Food Tech.* 49(1):70–74.
- Ramakrishnan, S. and Moeller, P. 2002. Liquid Smoke : product of hardwood pyrolysis. *Fuel Chemistry Division Preprints* 47(1): 366.
- Refilda dan Indrawati. 2008. Penyuluhan penggunaan garam dan asap cair untuk menambah rasa dan kualitas ikan bilih (*Mystacoleuseus padangensis*) dari danau Singkarak dalam meningkatkan perekonomian rakyat. *Laporan Iptekmas* p. 167-177.
- Sari, R.N., Utomo, B.S.B., dan Sedayu, B.B. 2007. Uji coba alat penghasil asap cair skala laboratorium dengan bahan pengasap serbuk gergaji kayu jati sabrang atau sungkai (*Peronema canescens*). *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi* 2(1): 27–34.
- Simon, R., Calle, B., Palme, S., Meler, D., and Anklam, E. 2005. Composition and analysis of liquid smoke flavouring primary products. *J. Food Sci.* 28: 871–882.
- Tamaela, P. 2003. Efek antioksidan asap cair tempurung kelapa untuk menghambat oksidasi lipida pada steak ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) asap selama penyimpanan. *Ichthyos.* 2: 59–62.
- Tranggono. 1996. Identifikasi asap cair dari berbagai jenis kayu dan tempurung kelapa. *Seminar Nasional Pangan dan Gizi & Kongres PAPTI*. Yogyakarta.
- Utomo, B.S.B., Febriani, R.A, Purwaningsih, S. dan Nurhayati, T. 2009. Pengaruh konsentrasi larutan asap cair terhadap mutu belut asap yang dihasilkan. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi* 4 (1): 49–58.
- Varlet, Serot, Cardinal, Courcoux, Ccornet, Knkockaert, and Prost. 2007. Relationships between odorant characteristics and the most odorant volatile compounds of salmon smoked by four industrial smoking techniques. *Euro Food Chem.* XIV.
- Wibisono, G. 2010. Asap tempurung kelapa cair. (<http://www.asapcair/asap-tempurung-kelapa-cair-wico/>). Diakses pada tanggal 14 November 2010.
- Widyastuti, P. 2002. *Bahaya Bahan Kimia pada Kesehatan Manusia dan Lingkungan*. Penerbit Buku kedokteran EGC. Jakarta.
- Yudono, B. 1999. Analisis Komponen Asap Cair dari Kayu-kayu Keras di Sumatera. *Lembaga Penelitian UNSRI*.
- Zaitsev, V., Kizevetter, I., Lagunov, L., Makarova, T., Minder, L., Podsevalov, L.L. 1969. *Fish Curing and Processing*. Mir Publishing, Moskow. 722 pp.