

## PEMANFAATAN ASAP CAIR HASIL PIROLISIS UNTUK PENGAWETAN PRODUK PERIKANAN

Oleh :

Daniel H. Ndahawali<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dosen Politeknik Kelautan dan Perikanan Bitung  
Jl. Tandurusa Po Box. 12 BTG/Bitung Sulawesi Utara 95526

### Abstract

*Preservation of fishery products with smoking has long been carried out by humans for a long time. The smoking technology includes fish preservation methods that have been applied for generations. The term smoking is defined as the absorption of various chemical compounds derived from wood smoke into fish meat, accompanied by half drying and usually preceded by a salting process. Smoking is also often combined with sun drying and / or preliminary treatment with salting. Thus, the term smoke curing covers the entire process that starts from the preparation stage of the raw material to the last smoking which results in changes in the raw material to the last smoking which results in changes in the color, flavor and texture of the fish. While the purpose of fish smoking is to preserve and give specific color to fish. The traditional fish smoking process has some weaknesses, including food safety problems, because it is suspected that smoke from wood burning results in direct smoking with high wood burning temperatures containing Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) which is attached and dripped into the product during the curing process. Modern smoke technology using liquid smoke can overcome the weaknesses that occur in traditional smoking. Liquid smoke has several advantages, namely easy to apply, practical use, more uniform product flavor, can be used repeatedly, more efficient in using smokers, can be applied to various types of foodstuffs, environmental pollution can be minimized, and most importantly carcinogens formed can be eliminated.*

**Key words** : liquid smoke, Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, fishery product

### I. PENDAHULUAN

Sub sektor perikanan mempunyai peranan penting sebagai penyumbang protein bagi masyarakat Indonesia. Akan tetapi tidak semua wilayah Indonesia dapat tercukupi kebutuhannya dari protein karena ketersediaan ikan per kapita belum terdistribusi secara merata. Pengolahan dapat membuat ikan menjadi awet dan memungkinkan untuk didistribusikan dari pusat produksi ke pusat konsumen.

Indonesia kaya akan berbagai jenis produk tradisional yang biasanya memiliki kekhasan atau keunikan dari segi bentuk, bau dan rasa. Produk tradisional dari suatu daerah sulit untuk ditemukan di daerah lain, kecuali untuk produk tertentu yang sudah dikenal secara luas, seperti ikan asin, ikan

asap dan kerupuk ikan. Kadang-kadang untuk produk yang sama dikenal dengan nama berbeda di daerah lain, seperti ikan asap dikenal dengan nama ikan sale di Sumatera Selatan, ikan asar di Maluku dan ikan fufu di Sulawesi Utara. Walaupun demikian, selama ini ikan olahan tradisional masih mempunyai citra buruk di mata konsumen, karena rendahnya mutu dan nilai nutrisi, tidak konsistennya sifat fungsional, serta tidak adanya jaminan mutu dan keamanan bagi konsumen.

Dalam ilmu teknologi pangan, sifat fungsional didefinisikan sebagai suatu sifat dalam makanan yang berkaitan dengan daya guna dan keinginan konsumen (Sikorski *et al.*, 1998). Rasa, bau, warna, tekstur, kelarutan, penyerapan, dan penahanan air, kerenyahan, elastisitas,

nilai nutrisi, dan daya awet merupakan sifat fungsional penting bagi ikan olahan, sedangkan harga, ketersediaan serta jenis dan bentuk olahan bukan merupakan sifat fungsional, walaupun keadaan tersebut juga sangat penting bagi konsumen.

Menurut Sulistijowati *dkk.*, (2011), teknologi produk tradisional perikanan dicirikan dengan suatu gambaran yang kurang baik, yaitu produk tradisional diolah dengan tingkat sanitasi dan higiene yang rendah, menggunakan bahan mentah dengan tingkat mutu atau kesegaran yang rendah, keamanan pangannya tidak terjamin, teknologi yang digunakan secara turun-temurun, dan perusahaan dikelola oleh keluarga dengan tingkat kemampuan manajemen kurang memadai. Keadaan ini dapat diperbaiki dengan menggunakan cara pengolahan yang benar (GMP), melakukan rasionalisasi dan standardisasi mulai dari bahan baku dan bahan pembantu, proses, hingga produk akhir, serta menegakkan prinsip sanitasi dan higiene yang baik (SSOP).

Pada saat ini, pengasapan ikan yang berkembang di Indonesia merupakan pengasapan dengan cara tradisional, yaitu diasap secara langsung dengan menggunakan kayu bakar, maupun arang dari tempurung kelapa.

Proses pengasapan ikan secara tradisional memiliki kelemahan, diantaranya masalah keamanan pangan. Moeljanto (1982) menyatakan bahwa konsentrasi asap, waktu optimal pengasapan, dan suhu pengasapan pada pengasapan tradisional tidak konsisten dan sulit dikontrol.

Menurut Darmadji (2009), asap yang dihasilkan melalui proses destilasi kering atau pirolisa biomassa (kayu, kulit kayu, tempurung, sabut, maupun daun) dapat menghasilkan senyawa *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) yang bersifat karsinogenik, mutagenik dan sitigenik. Menurut Utomodkk., (2012) selain tingkat keamanan masih diragukan karena diduga asap hasil pembakaran kayu pada pengasapan langsung dengan suhu pembakaran kayu yang tinggi mengandung PAH yang menempel dan menetrasi ke dalam produk selama proses.

Selama proses pembakaran kayu untuk pengasapan, ada beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik asap yang

dihasilkan. Faktor yang mempengaruhi tersebut antara lain : jenis kayu atau material bahan bakarnya, suhu selama proses pengasapan, dan volume udara selama pengasapan. Perbedaan jenis kayu bakar berpengaruh terhadap flavor ikan asap yang dihasilkan dan tidak semua kayu baik digunakan sebagai bahan pengasapan. Menurut Girard (1992), pada umumnya kayu keras akan menghasilkan aroma yang lebih unggul, lebih kaya kandungan senyawa aromatik dan lebih banyak mengandung senyawa asam dibandingkan kayu lunak. Kayu yang mengandung damar atau resin tidak baik untuk digunakan untuk pengasapan karena menimbulkan bau dan rasa yang kurang enak dan agak getir. Selanjutnya dijelaskan oleh Kostyra dan Pikiena (2006), perbedaan jenis kayu bahan asap menghasilkan komposisi kimiawi kompleks yang berbeda, yang merupakan campuran berbagai struktur senyawa volatil dan non volatil dengan berbagai karakteristik sensoris, antara lain : fenol, syringol dan guaiakol serta masing-masing derivatnya.

Menurut Leha (2010) dalam Leksono (2014), teknologi pengasapan moderen dengan menggunakan asap cair dapat mengatasi kelemahan yang terjadi pada pengasapan tradisional. Asap cair mempunyai beberapa kelebihan yaitu mudah diterapkan, praktis penggunaannya, flavour 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.

Melihat potensi asap cair tersebut, maka penggunaan dan penerapan asap cair sebagai sumber bahan pengawet alami dapat lebih diintensifkan lagi, terutama pada produk-produk pangan lainnya seperti ikan atau bahan pangan olahan yang sering diasapi lainnya. Oleh karena itu dibutuhkan kajian serta penelitian-penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan asap cair sehingga tidak hanya berfungsi sebagai pengawet ataupun pemberi cita rasa tetapi juga sebagai antioksidan yang mampu melindungi tidak hanya lipida tetapi juga

makromelokul lainnya seperti protein dari proses kerusakan oksidatif yang sering terjadi pada bahan pangan.

## II. PENGASAPAN IKAN

### 2.1 Prinsip dan Tujuan Pengasapan Ikan

Pengasapan merupakan salah satu cara pengawetan ikan yang paling tua. Aktivitas antioksidan dan antimikroba yang dihasilkan oleh beberapa komponen asap dapat memperpanjang masa simpan daging ikan. Namun demikian, saat ini pengasapan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan bau dan flavor yang menarik pada ikan asap (Martinez, *et al*, 2007a).

Pengasapan merupakan cara pengolahan atau pengawetan dengan memanfaatkan kombinasi perlakuan pengeringan dan pemberian senyawa kimia alami dari hasil pembakaran bahan bakar alami. Pembakaran bahan asap tersebut akan membentuk senyawa asap dalam bentuk uap dan butiran-butiran tar serta dihasilkan panas. Selanjutnya senyawa asap akan menempel pada ikan dan terlarut dalam lapisan air yang ada dipermukaan tubuh ikan, sehingga terbentuk aroma dan rasa yang khas pada produk dan warnanya menjadi kuning keemasan atau kecoklatan (Adawyah, 2007).

Afrianto dan Liviawaty (2005) menyatakan proses pengasapan ikan merupakan gabungan aktivitas penggaraman, pengeringan dan pengasapan. Adapun tujuan utama proses penggaraman dan pengeringan adalah untuk membunuh bakteri dan membantu mempermudah melekatnya partikel-partikel asap selama proses pengasapan berlangsung. Selain membantu menurunkan kadar kadar cairan tubuh ikan, proses penggaraman dan pengeringan juga berfungsi membunuh mikroba penyebab pembusukan serta membantu meningkatkan jumlah partikel asap yang harus melekat pada tubuh ikan.

Menurut Adawyah (2007), tujuan pengasapan ikan, yaitu : (a) untuk mengawetkan ikan dengan asap yang dihasilkan oleh bahan bakar alami, dan (b) untuk memperoleh aroma dan citarasa yang khas ikan asap. Selanjutnya Wibowo (2000) menyatakan bahwa dari pembakaran kayu akan terbentuk senyawa-senyawa asap

dalam bentuk uap dan butiran-butiran tar serta dihasilkan panas. Senyawa asap tersebut memberikan aroma dan rasa yang khas pada produk dan warnanya menjadi keemasan atau kecoklatan. Sementara itu, panas yang dihasilkan dari pembakaran kayu menyebabkan terjadinya proses pengeringan. Selain akibat panas, proses pengeringan terjadi karena adanya proses penarikan air dari jaringan tubuh ikan oleh pneyerapan berbagai senyawa kimia yang berasal dari asap.

### 2.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pengasapan

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengasapan, salah satunya adalah suhu pengasapan. Pada awal pengasapan, ikan masih basah dan permukaan tubuhnya diselimuti lapisan air. Dalam keadaan ini, asap akan mudah menempel dan terlarut pada lapisan air pada permukaan tubuh ikan. Suhu awal pengasapan sebaiknya rendah, agar penempelan dan pelarutan asap berjalan efektif. Jika pengasapan langsung dilakukan pada suhu tinggi, lapisan air pada permukaan tubuh ikan akan cepat menguap dan daging ikan cepat matang. Kondisi ini akan menghambat proses penempelan asap sehingga pembentukan warna dan aroma asap kurang baik. Setelah warna dan aroma terbentuk dengan baik, suhu pengasapan dapat dinaikan untuk membantu proses pengeringan dan pematangan ikan (Adawyah, 2007).

Jumlah asap ketebalan asap, dan kecepatan aliran asap di dalam alat pengasap juga sangat menentukan kualitas ikan asap yang dihasilkan. Wibowo (2000) menjelaskan bahwa faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi banyaknya asap yang kontak dan menempel pada ikan. Faktor lain yang berpengaruh adalah mutu ikan yang akan diasap meliputi tingkat kesegaran ikan dan sifat fisik atau kimiawi ikan.

Perlakuan sebelum pengasapan, biasanya dengan penggaraman, juga ikut menentukan pengasapan. Faktor-faktor ini menjadi sangat penting karena mutu ikan asap biasanya ditentukan terutama oleh sifat-sifat sensorisnya, yaitu: ukuran, penampilan, penampakan, warna, citarasa

dan ada tidaknya jamur pada permukaan ikan asap tersebut.

Kecepatan aliran udara dan kelembabannya akan menentukan seberapa cepat ikan menjadi kering (Storey, 1982). Adawyah (2007) menjelaskan beberapa faktor lainnya yang berpengaruh terhadap hasil pengasapan. Jenis kayu akan menentukan mutu asap yang dihasilkan dan pada gilirannya menentukan mutu ikan asap. Serutan kayu dan serbuk gergaji dari jenis kayu keras cocok untuk pengasapan dingin, sedangkan batang kayu atau potongan kayu dari jenis keras cocok untuk pengasapan panas.

Jenis-jenis kayu yang banyak mengandung resin atau damar kurang baik untuk pengasapan karena menghasilkan rasa pahit pada ikan.

Faktor lain yang menentukan mutu ikan asap adalah jumlah asap yang menempel pada ikan. Hal ini dipengaruhi oleh ketebalan asap, kecepatan pergerakan asap, kelembaban permukaan ikan. Makin tebal asap, makin banyak asap yang menempel.

Jika asap cepat terbang, kesempatan asap menempel pada ikan pun terbatas dan jumlah asap yang menempel relatif sedikit. Di sisi lain, kelembaban udara tinggi akan menyebabkan terbentuknya aerosol atau campuran asap dan uap air yang makin banyak dan berat sehingga lebih mudah kontak dengan ikan.

Penempelan asap itu akan dipercepat jika permukaan ikan makin lembab. Semakin banyak asap yang menempel, maka semakin banyak pula komponen asap yang bersifat bakteriostatik dan bakterisidal, terutama kandungan senyawa formaldehida, asam asetat, dan fenol.

### 2.3 Pirolisis Kayu Bahan Asap

#### 2.3.1 Bahan Baku Asap Cair

Jenis dan kondisi kayu juga menentukan jumlah dan kualitas asap yang dihasilkan. Menurut Murniyati dan Sunarman (2000), bahan bakar pengasap yang baik dapat berupa kayu, serutan dan serbuk gergaji, asalkan dari jenis kayu keras yang tidak mengandung resin atau getah atau damar.

Kayu yang banyak berdamar atau bergetah seperti cemara termasuk tidak baik karena ketika dibakar menghasilkan asap yang banyak abunya, menyebabkan produk asap berbau resin, rasanya getir atau pahit.

Berbagai jenis kayu dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan asap cair, seperti yang dilakukan oleh Tranggono *dkk.*, (1996) dalam penelitiannya yang memanfaatkan berbagai jenis kayu di Indonesia sebagai bahan dasar pembuatan asap cair. Asap cair yang baik diperoleh dengan menggunakan kayu keras seperti kayu bakau, kayu rasamala, serbuk dan gergajian kayu jati serta tempurung kelapa, sehingga diperoleh produk asap yang baik. Pada umumnya kayu keras akan menghasilkan aroma yang lebih unggul, lebih kaya kandungan aromatik dan lebih banyak mengandung senyawa asam dibandingkan kayu lunak.

Kayu memiliki tiga komponen utama selain air, yaitu: selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Menurut Suhardiyono (1988) dalam Leksono (2014), komposisi kimia tempurung kelapa adalah selulosa 26,5%; hemiselulosa 27,7%; lignin 29,4%; dan air 8,0%.

Boerjan *et al.*, (2003) menguraikan bahwa selulosa merupakan senyawa polimer kristalin turunan dari glukosa, yang mengisi sekitar 41-43% dari kayu. Hemiselulosa merupakan pentosa yang terhubung secara tidak beraturan, dan mengisi 20% pada tumbuhan berdaun lebar, dan 30% di konifer. Lignin tersusun dari cincin aromatic hidrokarbon yang memiliki sifat hidrofobik dan mengisi sekitar 23% pada tumbuhan berdaun lebar dan 27% pada konifer.

Perbedaan antara kayu keras dan kayu lunak ada pada jumlah dan jenis lignin yang terkandung di dalamnya kayu tersebut.

Komponen kimia kayu berbeda sesuai dengan bagian-bagian pohon kayu, misalnya pada akar, batang dan cabang, sebagaimana hasil penelitian Syahidah *dkk.*, (2006), ditunjukkan pada tabel berikut ini :



Tabel 1. Komponen kimia kayu pada bagian pohon berbeda

Jenis Kayu	Komponen Kimia	Bagian Pohon		
		Akar	Batang Atas	Cabang
Gmelina	Selulosa (%)	43,57	50,20	49,36
	Hemiselulosa (%)	19,33	18,68	20,50
	Lignin(%)	27,35	20,42	20,69
Jati	Selulosa (%)	42,87	46,70	45,92
	Hemiselulosa (%)	14,60	14,27	15,61
	Lignin(%)	34,07	30,07	28,59

Sumber : Syahidah dkk., (2006)

**2.3.2 Pirolisis Komponen Kayu**

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). Asap dari proses pirolisis inilah yang kemudian ditampung untuk selanjutnya menjadi asap cair. Komponen kimia utama yang terdapat dalam kayu bahan asap cair adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Masing-masing komponen kayu tersebut memiliki suhu pirolisis berbeda.

Proses pirolisis melibatkan berbagai proses reaksi yaitu dekomposisi, oksidasi, polimerisasi, dan kondensasi. Reaksi-reaksi yang terjadi selama pirolisa kayu adalah penghilangan air dari kayu pada suhu 120-150 °C, pirolisa hemiselulosa pada suhu 200-250 °C, pirolisa selulosa pada suhu 280-320 °C dan pirolisa lignin pada suhu 400 °C. Pirolisis pada suhu 400 °C ini dapat menghasilkan senyawa yang mempunyai kualitas organoleptik yang tinggi dan pada suhu lebih tinggi lagi akan terjadi reaksi kondensasi pembentukansenyawa baru dan oksidasi produk kondensasi diikuti kenaikan linier senyawa tar dan *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) (Girard, 1992; Maga, 1988).

Menurut Darmadji dkk., (1999) suhu pirolisis dalam pembuatan asap merupakan faktor yang paling menentukan kualitas asap cair yang dihasilkan. Kandungan maksimum senyawa-senyawa fenol, karbonil, dan asam dicapai pada suhu 600 °C, sedangkan produk yang diberikan asap cair yang

dihasilkan pada suhu 400 °C dinilai mempunyai kualitas organoleptik yang terbaik dibandingkan dengan asap cair yang dihasilkan pada suhu pirolisis yang lebih tinggi.

**2.4 Pengasapan Cair**

**2.4.1 Asap cair**

Asap cair merupakan suatu 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. Asap cair merupakan suatu campuran larutan dan dispersi koloid dari uap asap kayu dalam air yang diperoleh dari hasil pirolisa kayu atau dibuat dari campuran senyawa murni (Maga, 1987). Produksi asap cair merupakan hasil pembakaran yang tidak sempurna yang melibatkan reaksi dekomposisi karena pengaruh panas, polimerisasi, dan kondensasi (Girard, 1992).

Dalam asap cair terdapat lebih dari 400 jenis senyawa kimia yang telah diidentifikasi. Komponen ini berbeda proporsinya, tergantung dari jenis kayu, umur, dan kondisi pertumbuhannya.

Asap cair yang diproduksi secara komersial mempunyai beberapa keuntungan yang salah satunya adalah aman, karena dapat mengurangi kandungan senyawa PAH yang tidak diinginkan seperti Benzo (a) piren. Disamping itu, warna dan flavornya dapat dipertahankan, tidak mengandung lemak, kolesterol dan garam, mempunyai aktifitas antioksidan, dapat menghambat pertumbuhan bakteri, penggunaannya ekonomis dan memperpendek waktu proses (Pszczola, 1995).

Pirolisa lignin menghasilkan fenol, sedangkan pirolisa selulosa menghasilkan senyawa asam asetat dan homolognya. Senyawa antara dari fenol dan asam asetat adalah senyawa karbonil. Senyawa-senyawa tersebut mempunyai sifat fungsional dalam pengolahan dan pengawetan daging, karena peranannya sebagai antioksidan, antimikroba dan pembentuk citarasa dan warna produk (Girard, 1992).

Suparno (1994) dalam Leksono (2014) menyatakan bahwa aldehid, keton, fenol, dan asam-asam organik dari asap memiliki daya bakteristatik dan bakterisidal pada daging asap. Fenol membunuh mikroba dengan cara merusak membran sitoplasma dalam selaput lemak luar mikroba. Senyawa ini pada umumnya efektif terhadap hampir semua jenis bakteri walaupun ada beberapa bakteri Gram negatif yang resisten.

Semakin lama perendaman akan semakin banyak komponen asap yang meresap dalam daging ikan yang salah satunya adalah fenol.

Difusi fenol dalam asap cair yang meresap dari permukaan ke dalam daging ikan akan berjalan sesuai dengan lama perendaman. Semakin lama perendaman, semakin meningkat difusi asap cair ke dalam pusat daging ikan hingga tercapai titik jenuh, atau kadar fenol pada pusat daging ikan sama dengan kadar fenol asap cair perendam (Setiawan, *dkk.*, 1997).

Penampakan atau warna ikan asap terutama disebabkan oleh adanya senyawa fenol yang diserap selama proses pengasapan dan reaksi yang ditimbulkan (Syarif dan Halid, 1992). Fenol akan bereaksi dengan formaldehid yang keduanya merupakan komponen asap yang membentuk permukaan yang mengkilat pada ikan asap. Adanya reaksi antara fenol dan oksigen dari udara menyebabkan warna kuning keemasan pada ikan asap (Santoso, 1985).

### 2.4.2 Komposisi asap cair

Menurut Girard (1992) bahwa lebih dari 300 senyawa dapat diisolasi dari asap kayu secara keseluruhan yang jumlahnya lebih dari 100. Senyawa yang berhasil diidentifikasi dalam asap dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan:

a) Senyawa yang teridentifikasi dalam kondensat

Karbonil, keton dan aldehid (45 macam senyawa), fenol (85 macam senyawa), asam (35 macam senyawa), furan (11 macam senyawa), hidrokarbon alifatik (1 macam senyawa), polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) (47 macam senyawa).

b) Senyawa yang teridentifikasi dalam produk asap

Girard (1992) mengemukakan bahwa komponen-komponen kimia dalam asap sangat berperan dalam menentukan kualitas produk asapan karena selain membentuk flavor, tekstur dan warna yang khas, pengasapan juga dapat menghambat kerusakan produk. Astuti (2000) menyatakan bahwa komponen-komponen kimia tersebut meliputi asam yang dapat mempengaruhi citarasa, pH dan umur simpan produk asapan; karbonil yang bereaksi dengan protein dan membentuk pewarnaan cokelat dan fenol merupakan pembentuk utama aroma dan menunjukkan aktivitas antioksidan.

Girard (1992) mengelompokkan komponen-komponen asap yang dominan, yaitu yang mendukung sifat-sifat fungsional dan citarasa dari asap cair, yakni senyawa fenolat, karbonil dan asam-asam organik:

a) Senyawa fenol

Senyawa fenol bertanggung jawab pada pembentukan flavor pada produk pengasapan dan juga mempunyai aktivitas antioksidan yang mempengaruhi daya simpan makan (Girard, 1992). Disamping itu, fenol juga memberikan kontribusi dalam pewarnaan produk asapan (Ruiter, 1979). Yanti dan Rochima (2009) menyatakan bahwa warna, rasa, dan aroma ikan asap tergantung pada komponen yang dihasilkan melalui pembakaran. Hal ini juga tergantung pada jenis kayu yang digunakan. Senyawa asam organik dalam asap akan memberikan warna. Fenol juga berperan dalam menimbulkan rasa dan aroma yang khas dari ikan asap. Daun (1979) menjelaskan bahwa komponen senyawa fenol yang berperan dalam pembentukan flavor adalah guaiakol, 4-metilguaiakol dan 2,6-dimetosifenol, guaiakol berperan memberi rasa asap, sementara siringol memberi aroma

asap. Nilai ambang fenol dan kondensat asap adalah 0,147 ppm untuk rangsangan rasa dan 0,023 ppm untuk rangsangan bau. Menurut Tranggono., dkk. (1996), 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%.

### b) Senyawa karbonil

Senyawa-senyawa karbonil yang terdapat di dalam asap cair meliputi formaldehida, glikoaldehida, metilglioksal, dan aseton. Glikoaldehida dan metilglioksal merupakan bahan pencoklat yang aktif dengan gugus amino, tetapi aseton memiliki potensi pencoklatan yang lebih rendah. Formaldehid mudah bereaksi dengan gugus aminonya tanpa menaikkan intensitas warna coklat (Ruiters, 1979). Senyawa karbonil (aldehid dan keton) mempunyai pengaruh utama pada warna (reaksi *Maillard*) sedang pengaruhnya pada citarasa kurang menonjol. Warna produk asapan disebabkan adanya interaksi antara karbonil dari berbagai jenis kayu bervariasi antara 8,56 – 15,23% dengan variasi rata-rata 11,84% sedangkan untuk tempurung kelapa sebesar 13,28% (Tranggono, dkk., 1996).

### c) Senyawa-senyawa Asam

Senyawa-senyawa asam mempunyai peranan sebagai antibakteri dan membentuk cita rasa produk asapan. Senyawa asam ini antara lain adalah asam asetat, propionat, butirrat dan valerat. Kandungan total asam (dihitung sebagai % asam asetat) asap cair dari berbagai kayu bervariasi antara 4,27 – 11,39% dengan nilai rata-rata 6,58%, sedangkan untuk tempurung kelapa sebesar 11,39% (Tranggono, dkk., 1996). Girard (1992) mengatakan bahwa jumlah asam adalah sebesar 40% dari distilat kondensat asap.

Asam-asam yang ada di dalam distilat asap cair meliputi asam format, asetat, propionat, butirrat, valerat dan isokaproat. Asam-asam yang berasal dari asap cair dapat mempengaruhi flavor, pH dan umur simpan makanan. Senyawa asam terutama asam asetat mempunyai aktivitas antimikrobia dan pada konsentrasi 5% mempunyai efek bakterisidal. Asam asetat

bersifat mampu menembus dinding sel dan secara efisien mampu menetralkan gradient pH transmembran (Pszczola, 1995).

## 2.5 Pemanfaatan dan keuntungan asap cair dalam pengolahan produk pangan

Metoda pemanfaatan asap cair pada produk olahan pangan ada beberapa macam. Namun metode yang dipilih pada penelitian meliputi penyemprotan, pencelupan dan pencampuran.

### a) Penyemprotan

Penyemprotan larutan asap di atas produk merupakan cara utama penggunaan asap cair dalam pengolahan makanan secara kontinyu

### b) Pencampuran (penggunaan langsung ke dalam adonan produk makanan)

Untuk produk daging olahan, aroma asap ditambahkan dalam jumlah yang bervariasi ke dalam penggilingan. Metode ini dapat digunakan untuk sosis tipe *frankfurter* dan *salami*, kejuoles, emulsi daging, bumbu daging panggang dan lain-lain (Girard, 1992; Pszczola, 1995). Menurut Gorbатов (1971), banyaknya asap cair yang ditambahkan pada produk sosis antara 0,2-1 % dari berat daging.

### c) Pencelupan

Menurut Girard (1992) pada metode ini, produk yang diasap direndam dalam cairan yang mengandung asap dalam waktu yang berkisar 5-60 detik. Perlakuan pencelupan dalam asap cair berpengaruh terhadap warna produk pengasapan, tetapi rasa asapnya sangat lemah. Produk yang diperlakukan dengan cara ini menunjukkan mutu organoleptik yang memuaskan secara keseluruhan. Metode ini terutama dilakukan untuk daging babi, daging bahu, daging perut dan sosis juga pada industri keju Italia, dimana keju dicelup/direndam dalam larutan garam asap.

### d) Redestilasi asap cair

Distilasi adalah suatu proses pemisahan suatu komponen dari suatu campuran dengan menggunakan dasar bahwa beberapa komponen dapat menguap lebih cepat dari komponen lain. Ketika uap diproduksi dari campuran, uap tersebut lebih banyak berisi komponen-

komponen yang bersifat volatil sehingga proses pemisahan komponen- komponen dari campuran dapat terjadi (Leksono, 2014).

Pemanfaatan asap air dalam pengolahan produk pangan memiliki beberapa keuntungan. Penggunaan asap cair menurut Maga (1987) antara lain lebih intensif dalam pemberian citarasa, kontrol hilangnya cita rasa lebih mudah, dapat diaplikasikan pada berbagai jenis bahan pangan, lebih hemat dalam pemakaian kayu sebagai bahan asap, polusi lingkungan dapat diperkecil dan dapat diaplikasikan ke dalam bahan pangan. Selain itu keuntungan lain yang diperoleh dari asap cair, adalah sebagai berikut :

a) Keamanan Produk Asapan

Penggunaan asap cair yang diproses dengan baik dapat mengeliminasi komponen asap berbahaya yang berupa hidrokarbonpolisiklis aromatis. Komponen ini tidak diharapkan karena beberapa di antaranya terbukti bersifat karsinogen pada dosis tinggi. Melalui pembakaran terkontrol, aging, dan teknik pengolahan yang semakin baik, tar dan fraksi minyak berat dapat dipisahkan sehingga produk asapan yang dihasilkan mendekati bebas PAH (Pszczola, 1995).

b) Aktivitas Antioksidan

Adanya senyawa fenol dalam asap cair memberikan sifat antioksidan terhadap fraksi minyak dalam produk asapan. Dimanasi senyawa fenolat ini dapat berperan sebagai donor hidrogen dan efektif dalam jumlah sangat kecil untuk menghambat autooksidasi lemak (Prananta, 2005).

c) Aktivitas Antibakterial

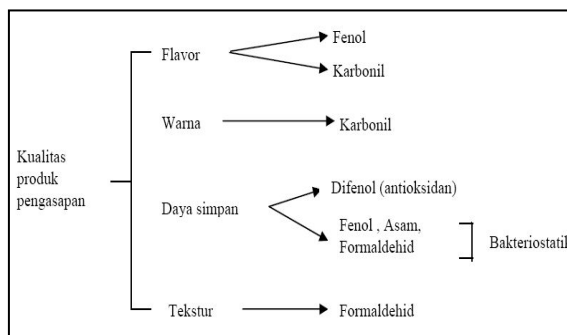
Peran bakteriostatik dari asap cair semula hanya disebabkan karena adanya formaldehid saja tetapi aktivitas dari senyawa ini saja tidak cukup sebagai penyebab semua efek yang diamati. Kombinasi antara komponen fungsional fenol dan kandungan asam organik yang cukup tinggi bekerja secara sinergis mencegah dan mengontrol pertumbuhan mikrobia. Kandungan kadar asam yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan mikrobia karena mikrobia hanya bisa tumbuh pada kadar asam yang rendah (Pszczola, 1995). Adanya fenol dengan titik didih tinggi dalam asap juga

merupakan zat antibakteri yang tinggi (Prananta, 2005).

- d) Potensi pembentukan warna coklat Menurut Ruitter (1979) dalam Prananta (2005), karbonil mempunyai efek terbesar pada terjadinya pembentukan warna coklat pada produk asapan. Jenis komponen karbonil yang paling berperan adalah aldehid glioksal dan metal glioksal sedangkan formaldehid dan hidroksiasetol memberikan peranan yang rendah. Fenol juga memberikan kontribusi pada pembentukan warna coklat pada produk yang diasap meskipun intensitasnya tidak sebesar karbonil.
- e) Kemudahan dan variasi penggunaan Asap cair bisa digunakan dalam bentuk cairan, dalam fasa pelarut minyak dan bentuk serbuk sehingga memungkinkan penggunaan asap cair yang lebih luas dan mudah untuk berbagai produk (Pszczola, 1995).

Selanjutnya keuntungan lain menurut Maga (1988) dalam pemanfaatan asap cair pada bahan pangan ,yaitu :

- a) Beberapa flavor dapat dihasilkan dalam produk yang seragam yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengasapan tradisional.
- b) Lebih intensif dalam pemberian flavor.
- c) Kontrol hilangnya flavor lebih mudah
- d) Dapat diaplikasikan pada berbagai jenis bahan pangan.
- e) Dapat digunakan oleh konsumen pada level komersial.
- f) Lebih hemat dalam pemakaian kayu sebagai sumber asap.
- g) Polusi lingkungan dapat diperkecil.



Gambar 1. Hubungan komponen-komponen dalam asap cair dan peranannya pada sifat-sifat produk (Girard, 1992).



III. METODE PEMBUATAN ASAP CAIR

3.1 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 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 eterfenolik (Girard, 1992).

Proses kondensasi asap akan membentuk kondensat ekstrak kasar asap cair yang harus diredestilasi atau dimurnikan lagi untuk mendapatkan asap cair (Darmaji, 2002).

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).

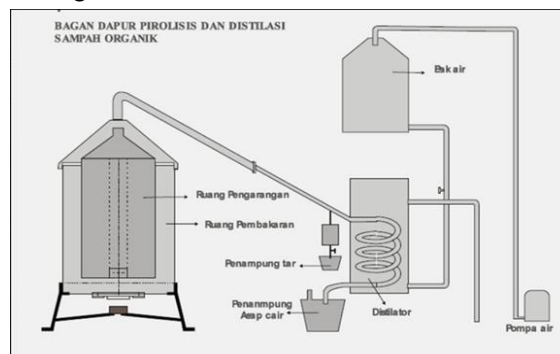
Bahan baku untuk pembuatan asap cair bisa apapun yang termasuk bahan organik yang mempunyai selulosa, tetapi saat ini yang lazim digunakan sebagai bahan baku untuk asap cair adalah tempurung kelapa karena pohon kelapa terdapat dimana-mana dan penggunaan tempurung kelapa sangat luas di masyarakat seperti, kopra, arang, dan olahan kelapa lainnya. Oleh karena itu untuk proses pembuatan asap cair menggunakan contoh tempurung kelapa yang dapat diuraikan sebagai berikut:

a) Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk membangun sebuah instalasi pembuatan asap cair, sebagai berikut :

- 1) Wadah Pengarangan, ruang pembakaran, penampung tar/asap cair, destilator dapat dibuat dari *stainless steel* atau drum besi yang dimodifikasi seperti pada gambar 03.
- 2) Pipa besi yang dimodifikasi seperti pada gambar 03
- 3) Alat pemanas dapat berupa blower dan atau dapat menggunakan sekam/arang
- 4) Pipa PVC (jumlah dan ukuran disesuaikan)
- 5) Pompa air
- 6) Tangki air dan penyangganya

Selanjutnya dari peralatan yang tersedia dapat dirakit sendiri tentunya dengan standar tertentu seperti kekedapan, kekuatan dan keamanan dalam pengoperasiannya, dengan diagram sebagai berikut:



Gambar 2. Rancang bangun alat untuk membuat asap cair

### b) Proses pembuatan asap cair

Proses pembuatan asap cair dari tempurung kelapa, dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Sebelum dimasukkan ke reaktor pirolisis, terlebih dahulu tempurung kelapa itu dibersihkan dari kotoran dan sabut yang tertinggal. Kemudian tempurung kelapa dipecah menjadi beberapa bagian agar luas permukaan pembakaran menjadi lebih luas sehingga proses dapat berjalan lebih cepat.
- 2) Selanjutnya dilakukan pengeringan dengan cara penjemuran, untuk mengurangi kadar air pada tempurung kelapa.
- 3) Kemudian dilanjutkan dengan metode pirolisis yang merupakan proses reaksi penguraian senyawa-senyawa penyusun kayu keras menjadi beberapa senyawa organik melalui reaksi pembakaran kering pembakaran tanpa oksigen. Reaksi ini berlangsung pada reaktor pirolisator yang bekerja pada temperatur 300-650oC selama 8 jam pembakaran.
- 4) Asap hasil pembakaran dikondensasi dengan kondensor yang berupa koil melingkar. Hasil dari proses pirolisis diperoleh tiga produk yaitu asap cair, tar, dan arang. Kondensasi dilakukan dengan koil melingkar yang dipasang dalam bak pendingin. Air pendingin dapat berasal dari air hujan yang ditampung dalam bak penampungan, air sumur, air sungai maupun PDAM.
- 5) Proses pemurnian asap cair untuk mendapatkan asap cair yang tidak mengandung bahan berbahaya sehingga aman bagi bahan pengawet makanan. Asap cair yang diperoleh dari kondensasi asap pada proses pirolisis diendapkan selama seminggu.
- 6) Kemudian cairannya diambil dan dimasukkan ke dalam alat destilasi. Suhu destilasi sekitar 150oC, hasil destilat ditampung. Destilat ini masih belum bisa digunakan sebagai pengawet makanan karena ada lagi proses lain yang harus dilewati.
- 7) Proses filtrasi destilat dengan zeolit aktif ditujukan untuk mendapatkan zat aktif yang benar-benar aman dari zat berbahaya. Caranya, zat destilat asap

cair dialirkan ke dalam kolom zeolit aktif dan diperoleh filtrat asap cair yang aman dari bahan berbahaya dan bisa dipakai untuk pengawet makanan non karsinogenik.

- 8) Proses filtrasi filtrat zeolit aktif dengan karbon aktif proses filtrasi filtrat zeolit aktif dengan karbon aktif dimaksudkan untuk mendapatkan filtrat asap cair dengan bau asap yang ringan dan tidak menyengat. Caranya, filtrat dari filtrasi zeolit aktif itu dialirkan ke dalam kolom yang berisi karbon aktif sehingga filtrat yang diperoleh berupa asap cair dengan bau asap ringan dan tak menyengat. Maka sempurna lah asap cair sebagai bahan pengawet makanan yang aman, efektif dan alami.

### 3.2 Tingkatan Produksi Asap Cair

Proses pemurnian akan menentukan jenis asap cair yang dihasilkan Adapun jenis asap cair yang dihasilkan akan dibahas sebagai berikut :

#### a) Asap Cair Grade 3

Asap cair grade 3 merupakan asap cair yang dihasilkan dari pemurnian dengan metode destilasi. Destilasi merupakan proses pemisahan campuran dalam fasa cair berdasarkan perbedaan titik didihnya. Dalam proses ini, asap cair yang dihasilkan dari proses pirolisis yang diperkirakan masih mengandung tar dimasukkan ke dalam tungku destilasi. Suhu pemanasan dijaga agar tetap konstan sehingga diperoleh destilat yang terbebas dari tar. Suhu proses destilasi ini adalah sekitar 150 °C. Asap cair yang dihasilkan dari proses ini memiliki ciri berwarna coklat pekat dan berbau tajam. Asap cair grade 3 diorientasikan untuk pengawetan karet.

#### b) Asap Cair Grade 2

Asap cair grade 2 merupakan asap cair yang dihasilkan setelah melewati proses redestilasi (pemurnian). Proses redestilasi ini menyebabkan kandungan senyawa berbahaya seperti benzo (a) pyrene serta tar yang masih terdapat dalam asap cair teradsorbi oleh zeolit. Asap cair ini memiliki warna kuning kecoklatan dan diorientasikan untuk

pengawetan bahan makanan mentah seperti daging, termasuk daging unggas dan ikan.

### c) Asap Cair Grade 1

Asap cair grade 1 memiliki warna kuning pucat. Asap cair ini merupakan hasil dari proses destilasi berulang-ulang. Asap cair jenis ini dapat digunakan untuk pengawetan bahan makanan siap saji seperti mie basah, bakso, tahu dan sebagai penambah cita rasa pada makanan.



Gambar 3. Contoh asap cair Ggrade I, II, II hasil pirolis tempurung kelapa

## IV. 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

- Adawyah, R., (2007). *Pengolahan dan Pengawetan Ikan*. Edisi pertama, Penerbit Bumi Aksara. Jakarta. Hal. 88 – 101.
- Afrianto, E. dan E. Liviawaty, (2005). *Pengawetan dan Pengolahan Ikan*. Cetaka Ke – 14. Penerbit Kanisius, Yogyakarta. Hal 67 – 77.
- Astuti, R. K., (2000). *Pemanfaatan Sabut dan Tempurung Kelapa serta Cangkang Sawit untuk pembuatan Asap Cair sebagai Pengawet Makanan Alami*. Available at: <http://alcoconut.multiply.com/journal/item/6>. (Diakses Tanggal 25 Agustus 2018).
- Boerjan, W., J. Raplh, and M. Baucher, (2003). *Lignin Biosynthesis*. Ann. Rev. J.Plantation Biology, 54 (1) : 519 – 549.
- Darmadji, P., Supriyadi dan C. Hidayat. (1999). *Produksi Asap Rempah Cair Dari Limbah Padat Rempah dengan Cara Pirolisis*. J. Agritech, 19 : 11 - 15.
- Darmadji, E.P. 2009. *Teknologi Asap Cair dan Aplikasinya pada Pangan dan Hasil Pertanian*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Bidang Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian pada Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, 28 April 2009
- Daun, H., (1979), *Interaction of Wood Smoke Components and foods*, J. Foods
- Girard, J.P., (1992). *Smoking in Technology of Meat Products*. Translated by Bernard Hammings and ATT, Clermont Ferrand. New York. Ellis Harwood, Pp. 195-201.
- Gorbatov, V.M., N.N, Krylova, V.P. Volovinskaya, Y.N. Cyaskovkaya, K.I.Bazarova, R.I. Khlamova, and G.Y. Yakavlova, 1971. *Liquid Smoke ForUse in Cured Meat*. Food Tech 25: 71-77
- Kostyra, E. and N. Baryko – Pikielna, (2006). *Volatiles Composition and Flavour*

- Profile Identity of Smoke Flavourings*. J. Food Quality and Preference, 17 : 85 – 95.
- Leksono, T., (2014) *Aplikasi Asap Cair Hasil Pirolisis Kayu Laban (vitex pubescens) Untuk Pengolahan Ikan Patin (Pangasius hypophthalmus) di Provinsi Riau*. Disertasi pada Program Doktor Universitas Brawijaya Malang, 200 hal
- Maga, J. A., (1987), *The Flavor Chemistry of Wood Smoke*. J. Food Review International, 3 (1-2), 139 – 183.
- Maga, J. A., (1988). *Smoke In Food Processing*. CRC Press, Boca Raton, Florida Pp. 89 – 91 : 99 – 138.
- Martinez. O., J. Salmeron, M.D. Guillen, and C. Casas, (2007 a). *Sensorial and Physicochemical Characteristic of Salmon (Salmo salar) Treated by Different Smoking Processes during Storage*. J. Food Science and Technology International, 13 (6) : 477 – 484.
- Moeljanto. 1982. *Pengasapan dan Fermentasi Ikan*. PT. Penebar Swadaya IKAPI. Jakarta
- Murniyati, A.S. dan Sunarman, (2000). *Pendinginan, Pembekuan dan Pengawetan Ikan*. Penerbit kanisius. Yogyakarta. Hal 83.
- Paris, O., C. Zollfrank, and G. A. Zickler, (2005). *Decomposition and Carbonization of Wood Biopolymer Micro – Structural Study Of wood Pyrolises* J. Carbon, 43 : 53 – 66.
- Pszczola, D. E., (1995), *Tour Highlights Production and Uses of Smokes Based Flavours*. J. Food Technology, 49 (1) : 70 – 74.
- Ruiter, A., (1979). *Colour of Smoked Foods Technology*, 33 (5) 54 – 63.
- 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.
- Santoso, (1985). *Beberapa Aspek yang Mempengaruhi Daya Awet Ikan Asap* Dalam lembar petunjuk teknis bimbingan dan pengujian mutu hasil Perikanan. Majalah No. 12 – 13 Th IV, BBPMHP, Jakarta.
- Setiawan, I., P Darmadji, dan B. Raharjo, (1997). *Pengawetan Ikan dengan Pencelupan dalam Liquid Smoke*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan. Buku I. Perhimpunan Ahli Teknologi Indonesia. Jakarta.
- Sikorski, Z.E. (1988). *Smoking of Fish and Carcinogens*. In: Fish Smoking and Drying (Edited by J.R. Burt) Elsevier Applied Science, London. Pp.73 – 83.
- Storey R.M (1982). *Smoking*. In *Fish Handling and Processing* 2nd ed editors A. Aitken, I.M Mackie, J.H, Merrit and W.L Windsor, torry research Station ministry of agriculture, fisheries and food Edinburgh. Pp. 98-144.
- Sulistijowaty, R., O.S. Djunaedi., J. Nurhayati., E. Afrianto., Z. Udin. (2011). *Mekanisme Pengasapan Ikan*. Penerbit UNPAD Press.
- Syahdiah, H. dan A. D. Yunianti, (2006). *Kandungan Kimia dan Dimensi Serat Akar, Cabang dan Batang Bagian Atas Kayu Gmelina dan Kayu Jati di Hutan Rakyat Sulawesi Selatan*. Jurnal perennial, 3 (1) : 11 – 14.
- Syarief, R dan H. Halid. (1992). *Teknologi penyimpanan pangan I*. Arcan. PAUPangan dan Gizi. Institusi Pertanian Bogor. Bogor Hal. 36 – 37.
- Tranggono, Suhardi, B. Setiadi, P. Darmadji, Supranto dan Sudarmanto. (1996). *Identifikasi Asap Cair dan Berbagai Jenis Kayu dan Tempurung Kelapa* J. Ilmu dan teknologi pangan 1 (2) : 15 – 24.
- Utomo, B.S.B., S. Wibowo, dan T.N. Widiyanto, (2012). *Asap Cair. Cara Membuat dan Aplikasinya pada Ikan Asap*. Penebar Swadaya. 83 hal.
- Wibowo, S. (2000). *Industri Pengasapan Ikan*. Cetakan ke -2 Penebar Swadaya. Jakarta. Hal 4 – 16. Published by Van Nostrand Reinhold. New York. Pp. 302 – 204.
- Yanti, A. R. dan Rochima, E. (2009). *Pengaruh Suhu Pengeringan terhadap Karakteristik Kimiawi Filet lele Dumbo Asap Cair Pada Penyimpanan Suhu Ruang*. J. Bionature, 11 : 21 – 36.