

ANALISIS NERACA MASSA DAN SENYAWA KIMIA ASAP CAIR GRADE C MENGGUNAKAN CYCLONE SEPARATOR

Mass Balance and Chemical Compound Analysis of Liquid Smoke Grade C Using Cyclone Separator

Angky Wahyu Putranto^{1*}, Firda Pramesti Puspaningarum², Sukardi²

¹Jurusan Keteknikan Pertanian – Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya
Jl. Veteran – Malang 65145

²Jurusan Teknologi Industri Pertanian – Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya
Jl. Veteran – Malang 65145

*Penulis Korespondensi, email : angkywahyu@ub.ac.id Disubmit:

29 Februari 2020 Direvisi: 9 Maret 2020 Diterima: 26 Maret 2020

ABSTRAK

Pengolahan limbah tempurung kelapa menjadi arang dan asap cair meningkat pada beberapa tahun terakhir. Asap cair dari limbah tempurung kelapa adalah cairan yang diperoleh dari hasil kondensasi asap residu pada proses pirolisis tempurung kelapa. Asap cair yang dihasilkan dari proses kondensasi pertama disebut sebagai asap cair *grade C* yang biasa digunakan sebagai pengawet kayu. Produksi asap cair *grade C* menggunakan metode kondensasi langsung memiliki rendemen yang rendah serta terdapat campuran abu dan pengotor lain. Oleh karena itu, teknologi *cyclone separator* digunakan untuk mengatasi masalah tersebut. Namun demikian, diperlukan analisis terkait neraca massa dan senyawa kimia asap cair *grade C* menggunakan *cyclone separator*. Tujuan dari penelitian ini yaitu melakukan analisis neraca massa dan senyawa kimia asap cair *grade C* menggunakan *cyclone separator*. Pada penelitian ini, analisis neraca massa dan senyawa kimia dilakukan pada asap cair yang dihasilkan dengan kondensasi langsung dan dengan teknologi *cyclone separator*. Hasil analisa neraca massa menunjukkan bahwa teknologi *cyclone separator* mampu mengurangi zat pengotor mencapai 13% dari total bahan baku dan meningkatkan 2 kali lipat jumlah asap cair *grade C* yang dihasilkan jika dibandingkan dengan kondensasi secara langsung. Sedangkan, analisis senyawa kimia menunjukkan bahwa *cyclone separator* mampu meningkatkan gugus fungsi senyawa fenolik dan menghilangkan hingga 100% gugus fungsi senyawa pengotor asap cair seperti karbonil dan asam yang mengandung benzo(a)pyrene.

Kata Kunci: Asap Cair *Grade C*; *Cyclone Separator*; Neraca Massa; Senyawa Kimia; Tempurung Kelapa

ABSTRACT

Coconut shell waste processing into charcoal and liquid smoke has increased in recent years. Coconut shell-liquid (CS-LS) is the liquid obtained from the residual smoke condensation results in the pyrolysis process of the coconut shell. Liquid smoke produced from the first condensation process is called as C grade liquid smoke commonly used as a wood preservative. The problem of grade C liquid smoke production by using direct condensation method has a low yield and containing of ash and other impurities. Therefore, the cyclone separator technology is used to overcome this problem. However, it is necessary to analyze the mass balance and chemical compounds of grade C CS-LS using cyclone separator. The study aim is to analyze the mass balance and chemical compound of grade C CS-LS using cyclone separator. In this study, mass balance and chemical compounds analysis were carried out on CS-LS produced by direct condensation and by cyclone separator technology. The results of mass balance analysis show that cyclone separator technology was able to reduce impurities reach 13% of the total raw materials and increase the amount of C grade liquid

smoke produced twice when compared to direct condensation. Meanwhile, the analysis of chemical compounds showed that cyclone separator was able to increase the functional groups of phenolic compounds and eliminate up to 100% functional groups of liquid smoke impurities such as carbonyl and acid containing benzo(a)pyrene.

Keywords : Grade C Liquid Smoke; Cyclone Separator; Mass Balance; Chemical Compound; Coconut Shell

PENDAHULUAN

Total produksi tanaman kelapa di Jawa Timur cukup tinggi mencapai 250.654 ton dengan produktivitas sebesar 1.330 kg/ha (Direktorat Jendral Perkebunan, 2017). Semakin banyaknya produksi tanaman kelapa, maka jumlah limbah tempurung kelapa yang dihasilkan juga semakin meningkat. Dalam waktu satu hari limbah tempurung kelapa yang dihasilkan dapat mencapai 1.000 butir. Umumnya limbah tersebut hanya dibuang begitu saja tanpa adanya pengolahan lebih lanjut. Padahal limbah tempurung kelapa masih mengandung 14% selulosa; 46% lignin; dan 32% hemiselulosa sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku asap cair (Hasanah *et al.*, 2012).

Asap cair adalah cairan kondensat yang diperoleh melalui proses pirolisis senyawa organik yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Kailaku *et al.*, 2016). Proses produksi asap cair dilakukan pada suhu tinggi dan kondisi vakum (Wagiman *et al.*, 2014). Asap cair memiliki 3 tingkatan yaitu *grade A*, *grade B*, dan *grade C* dengan fungsi yang berbeda pada tiap tingkatan. Asap cair *grade C* memiliki warna gelap dengan aroma menyengat. Biasanya asap cair ini digunakan sebagai pengawet kayu, koagulan karet, dan penyerap bau pada kotoran hewan (Kailaku *et al.*, 2016).

Proses pembuatan asap cair *grade C* secara umum masih menggunakan kondensasi secara langsung setelah asap keluar dari proses pirolisis, sehingga asap cair yang dihasilkan memiliki warna yang gelap. Warna asap cair *grade C* yang gelap tersebut memiliki tar dan senyawa pengotor lain seperti benzo(a)pyrene yang cukup tinggi (Putranto *et al.*, 2020). Oleh karena itu diperlukan teknologi untuk memisahkan zat pengotor pada asap hasil pirolisis untuk meningkatkan kualitas dan rendemen asap cair yang dihasilkan.

Teknologi *cyclone separator* adalah teknologi yang diterapkan untuk memisahkan

partikel dari aliran udara, gas atau air tanpa menggunakan filter. Tingkat efisiensi proses pemisahan partikel menggunakan *cyclone* dapat mencapai 80% bila dibandingkan dengan teknologi pemisahan lainnya, sehingga teknologi ini banyak digunakan pada proses pemisahan di industri (Marinuc & Rus, 2011). Teknologi *cyclone separator* juga sangat cocok untuk kondisi suhu dan tekanan tinggi bahkan mencapai tekanan 6 bar dan suhu 400°C (Nikhil, 2015). Prinsip utama dari teknologi *cyclone separator* yaitu memisahkan materi berdasarkan perbedaan berat molekulnya (Taiwo *et al.*, 2016). Namun demikian, analisa terkait perubahan secara fisik dan kimia terhadap penggunaan *cyclone separator* untuk pembuatan asap cair belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis neraca massa dan senyawa kimia dari asap cair *grade C* yang dihasilkan dengan menggunakan teknologi *cyclone separator*.

METODE

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tempurung kelapa yang telah bersih dan kering. Sedangkan bahan pendukung yang digunakan yaitu LPG dan air untuk proses kondensasi.

Instalasi alat pembuat asap cair pada penelitian ini terdiri dari ruang pirolisis, *cyclone separator*, tabung kondensasi dan tempat penampungan asap cair *grade C*, dengan spesifikasi dan desain sesuai pada penelitian Fathussalam, dkk, (2019). *Cyclone separator* yang digunakan pada penelitian ini memiliki dimensi tinggi 82 cm dan diameter 20 cm serta dilengkapi *centrifugal blower* dengan daya hisap 280 CMH. Selain itu, alat lain yang digunakan yaitu kompor gas dan regulator merk Winn Gas W181NMHP, pompa air, selang air, dan GC-MS tipe HP-6890 untuk proses analisa senyawa kimia.

Proses Pembuatan Asap Cair *Grade C*

Pada penelitian ini proses pembuatan asap cair *grade C* dilakukan dengan dua metode yang berbeda. Selanjutnya, asap cair dihitung neraca massa dan dianalisis senyawa kimia untuk masing-masing metode tersebut. Metode pembuatan asap cair *grade C* yang pertama dilakukan seperti pada penelitian Putranto *et al.*, (2020), dimana asap yang dihasilkan dari proses pirolisis diteruskan secara langsung menuju tabung kondensasi untuk menghasilkan asap cair *grade C*. Sedangkan metode kedua yaitu asap dari proses pirolisis dilewatkan pada *cyclone separator* dan diteruskan ke tabung kondensasi yang selanjutnya menghasilkan asap cair *grade C*.

Diagram alir perbedaan metode pembuatan asap cair *grade C* dapat dilihat pada Gambar 1. Bahan baku tempurung kelapa kering yang digunakan untuk kedua metode yaitu sebesar 3000 Kg. Tempurung kelapa kering selanjutnya dimasukkan ke dalam ruang pirolisis dengan kapasitas 3,75 ton dan dilakukan proses pengarangan (pirolisis). Proses pirolisis dilakukan pada suhu 300-400°C sampai semua input bahan terkonversi menjadi arang. Waktu pirolisis agar bahan baku menjadi arang secara keseluruhan dengan metode kondensasi langsung

dilakukan selama 120 jam, sedangkan metode *cyclone separator* dilakukan proses pirolisis selama 48 jam.

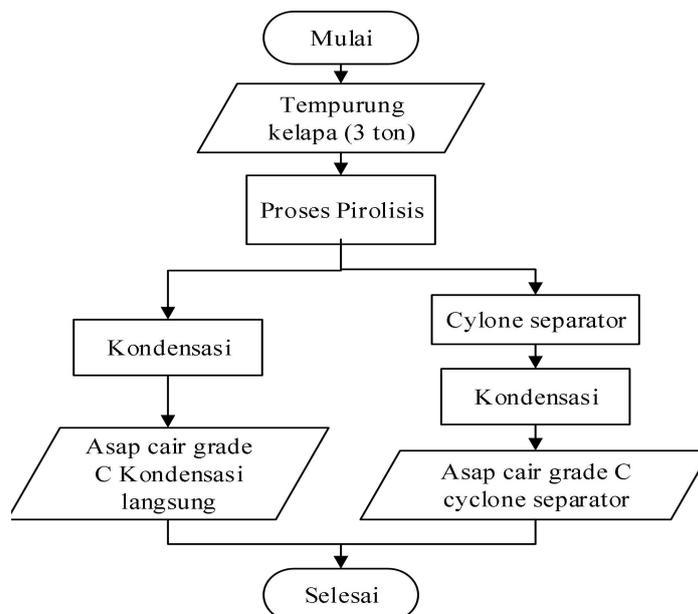
Prosedur Analisa

Prosedur analisa neraca massa dilakukan dengan memantau secara langsung dan menghitung nilai *input-output* pada setiap proses produksi asap cair *grade C*, baik metode kondensasi langsung maupun dengan menggunakan teknologi *cyclone separator*. Sedangkan identifikasi senyawa kimia asap cair *grade C*, dilakukan menggunakan GC-MS yang kemudian dianalisa dan digolongkan berdasarkan gugus fungsi senyawa yang terdeteksi.

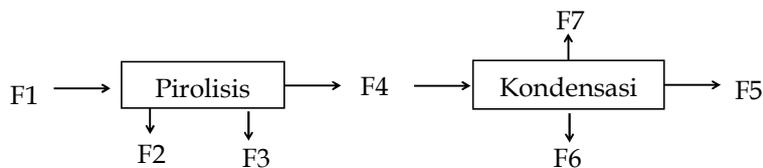
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Neraca Massa Asap Cair *Grade C* dari Kondensasi Langsung

Neraca massa asap cair yang diproduksi secara kondensasi langsung dapat dilihat pada Gambar 2. Rincian perhitungan neraca massa proses pirolisis dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan rincian perhitungan neraca massa proses kondensasi asap cair dari kondensasi langsung dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan asap cair *grade c*



Gambar 2. Neraca massa produksi asap cair *grade c* dengan metode kondensasi langsung

Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui bahwa input yang digunakan dalam proses pirolisis berupa tempurung kelapa kering sebanyak 3.000 kg (F1). Setelah dilakukan proses pirolisis 72 jam, terdapat 3 jenis *output*. *Output* pertama berupa arang kasar sebanyak 1.000 kg (F2), *output* kedua yaitu abu sebanyak 2 kg (F3) dan *output* lain berupa asap panas terdiri dari CO₂ sebesar 1.128 kg, O₂ sebesar 742 kg, H₂O sebesar 124 kg dan N₂ sebesar 4 kg (F4) (Tabel 1). Asap panas hasil pirolisis tersebut, dilanjutkan dengan proses kondensasi. Proses kondensasi dilakukan pada suhu ruang (25-28°C) dan menghasilkan 3 jenis *output*.

Output pertama berupa asap cair *grade C* sebanyak 50,5 kg (F5), *output* kedua yaitu abu sebanyak 1,95 kg (F6) dan *output* lain berupa asap panas yang terdiri dari CO₂

sebesar 1.098,39 kg, O₂ sebesar 722,52 kg, H₂O sebesar 120,74 kg dan N₂ sebesar 3,90 kg (F7) (Tabel 2). Pada proses *fast pyrolysis* (proses pirolisis dengan suhu tinggi dalam keadaan kedap oksigen) dengan input berupa bahan organik yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin, akan menghasilkan beberapa *output* seperti uap, aerosol, dan arang. Massa uap yang dihasilkan selama proses *fast pyrolysis* yaitu mengandung gas CO₂ sebesar 56,4%; O₂ sebesar 37,1%; H₂O sebesar 6,2%; dan N₂ sebesar 0,2% dan abu sebesar 0,1% (Bridgwater, *et al.*, 1999). Oleh karena itu perhitungan massa komponen uap yang dihasilkan dari pirolisis tempurung kelapa pada penelitian ini, berdasarkan persentase setiap komponen uap yang dihasilkan dari proses *fast pyrolysis*.

Tabel 1. Neraca massa proses pirolisis asap cair *grade c* (kondensasi langsung)

Komponen	Alur Masuk		Alur Keluar	
	F1 (kg)	F2 (kg)	F3 (kg)	F4 (kg)
Tempurung kelapa	3.000	-	-	-
Arang kasar	-	1.000	-	-
Abu	-	-	2	-
CO ₂	-	-	-	1.128
O ₂	-	-	-	742
H ₂ O	-	-	-	124
N ₂	-	-	-	4
Subtotal	3.000	1.000	2	1.998
Total	3.000		3.000	

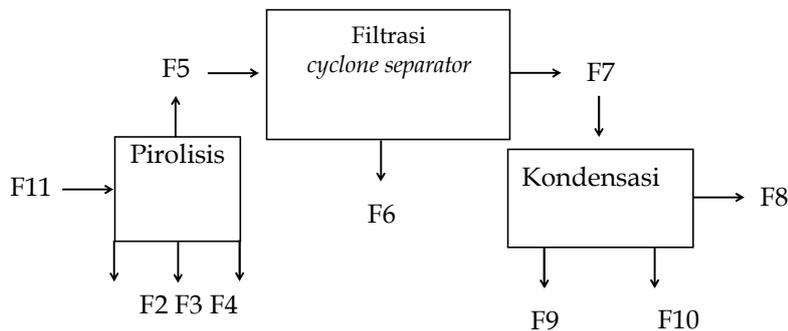
Tabel 2. Neraca massa proses kondensasi asap cair *grade c* (kondensasi langsung)

Komponen	Alur Masuk		Alur Keluar	
	F4 (kg)	F5 (kg)	F6 (kg)	F7 (kg)
CO ₂	1.128	-	-	1.098,39
O ₂	742	-	-	722,52
H ₂ O	124	-	-	120,74
N ₂	4	-	-	3,90
Asap Cair <i>Grade C</i>	-	50,5	-	-
Abu	-	-	1,95	-
Subtotal	1.998	50,5	1,95	1.945,55
Total	1.998		1.998	

Neraca Massa Asap Cair *Grade C* Menggunakan *Cyclone separator*

Neraca massa asap cair yang diproduksi menggunakan teknologi *cyclone separator* dapat dilihat pada Gambar 3. Rincian perhitungan setiap aliran massa proses pirolisis asap cair menggunakan teknologi *cyclone separator* dapat dilihat pada Tabel 3. Rincian aliran massa proses filtrasi pada *cyclone separator* dapat dilihat pada Tabel 4. Sedangkan rincian neraca massa proses kondensasi asap cair menggunakan teknologi *cyclone separator* dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa bahan baku yang digunakan dalam proses pirolisis berupa tempurung kelapa kering sebanyak 3.000 kg (F1). Setelah dilakukan proses pirolisis selama 48 jam, terdapat 4 jenis *output* (Tabel 3). *Output* pertama berupa arang kasar sebanyak 1.000 kg (F2). *Output* kedua berupa arang halus sebanyak 350 kg (F3). *Output* ketiga yaitu abu sebanyak 1,65 kg (F4). *Output* lain berupa asap panas kotor terdiri dari CO₂ sebesar 930,6 kg; O₂ sebesar 612,15 kg; H₂O sebesar 102,3 kg; dan N₂ sebesar 3,3 kg (F5).



Gambar 3. Neraca Massa Produksi Asap Cair *Grade C Cyclone separator*

Tabel 3. Neraca massa proses pirolisis asap cair *grade c cyclone separator*

Komponen	Alur Masuk		Alur Keluar		
	F1 (kg)	F2 (kg)	F3 (kg)	F4 (kg)	F5 (kg)
Tempurung kelapa	3.000	-	-	-	-
Arang kasar	-	1.000	-	-	-
Arang halus	-	-	350	-	-
Abu	-	-	-	1,65	-
CO ₂	-	-	-	-	930,6
O ₂	-	-	-	-	612,15
H ₂ O	-	-	-	-	102,3
N ₂	-	-	-	-	3,3
Subtotal	3.000	1.000	350	1,65	1.648,35
Total	3.000			3.000	

Tabel 4. Neraca massa proses filtrasi pada *cyclone separator*

Komponen	Alur Masuk		Alur Keluar	
	F5 (kg)	F6 (kg)	F6 (kg)	F7 (kg)
CO ₂	930,6	-	-	709,71
O ₂	612,15	-	-	466,85
H ₂ O	102,3	-	-	78,02
N ₂	3,3	-	-	2,52
Komponen pengotor	-	391,25	-	-
Subtotal	1.648,35	391,25		1.257,10
Total	1.648,35		1.648,35	

Tabel 5. Neraca Massa Proses Kondensasi Asap Cair *Grade C Cyclone separator*

Komponen	Alur Masuk		Alur Keluar	
	F7 (kg)	F8 (kg)	F9 (kg)	F10 (kg)
CO ₂	709,71	-	-	652,04
O ₂	466,85	-	-	428,91
H ₂ O	78,02	-	-	71,68
N ₂	2,52	-	-	2,31
Asap Cair <i>Grade C</i>	-	101	-	-
Abu	-	-	1,16	-
Subtotal	1.257,10	101	1,16	1.154,94
Total	1.257,10		1.257,10	

Asap panas yang keluar dari proses pirolisis tersebut, dilanjutkan dengan proses filtrasi menggunakan teknologi *cyclone separator* dan menghasilkan 2 jenis *output* (Tabel 4). *Output* pertama berupa komponen pengotor sebanyak 391,25 kg (F6). *Output* kedua yaitu asap panas (F7) yang terdiri dari CO₂ sebesar 709,71 kg; O₂ sebesar 466,85 kg; H₂O sebesar 78,02 kg; dan N₂ sebesar 2,52 kg. Asap panas yang keluar dari *cyclone separator* kemudian diteruskan ke proses kondensasi. Proses kondensasi dilakukan pada suhu ruang dan menghasilkan 3 jenis *output*. *Output* pertama berupa asap cair *grade C* sebanyak 101 kg (F8). *Output* kedua yaitu abu sebanyak 1,16 kg (F9). *Output* lain berupa asap panas terdiri dari CO₂ sebesar 652,04 kg; O₂ sebesar 428,91 kg; H₂O sebesar 71,68 kg; dan N₂ sebesar 2,31 kg (F10) (Tabel 5)

Proses pirolisis menggunakan *cyclone separator* tidak hanya menghasilkan arang kasar tetapi juga menghasilkan arang halus sebanyak 350 kg (Tabel 3) yang terdapat pada tangki pirolisis. Semakin banyak arang yang dihasilkan maka proses pirolisis semakin baik. Selain itu, abu yang dihasilkan pada proses pirolisis menggunakan *cyclone separator* juga lebih rendah (1,65 kg) jika dibandingkan dengan abu pada pirolisis dengan kondensasi secara langsung yaitu sebesar 2 kg. Abu adalah zat sisa hasil pembakaran zat organik, dimana jumlah abu yang rendah sangat diinginkan pada proses pirolisis. Pada umumnya untuk menurunkan kadar abu pada proses pirolisis bahan organik, dilakukan dengan meningkatkan suhu pirolisis, namun pada penelitian ini jumlah abu yang dihasilkan dapat diturunkan pada suhu pirolisis yang sama dengan adanya *cyclone separator*.

Di sisi lain, asap cair *grade C* yang dihasilkan dengan penyaringan menggunakan *cyclone separator* ini memiliki jumlah asap cair lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah asap cair *grade C* yang dihasilkan melalui kondensasi langsung yaitu dari 50,5 kg menjadi 101 kg. Peningkatan jumlah asap cair *grade C* yang dihasilkan disebabkan karena beberapa zat pengotor yang terbawa oleh asap hasil pirolisis atau partikel pengotor yang terikut di dalam gas H₂, CO₂ dan N₂ dapat dikurangi hingga 391,25 kg (Tabel 4). Prinsip kerja teknologi *cyclone separator* yaitu memanfaatkan gaya sentrifugal dan gaya gravitasi untuk memisahkan partikel dari aliran gas (Marinuc & Rus, 2011). Aliran gas dari ruang pirolisis masuk dari bagian samping *cyclone separator* dengan bantuan *centrifugal blower* dengan *air flow* sebesar 280 *Cubic Meter per Hour* (CMH) menggunakan prinsip gaya sentrifugal. Adanya gaya sentrifugal ini, partikel padat akan dilemparkan ke dinding siklon, dimana partikel tersebut akan kehilangan energi dan jatuh bergerak ke bawah dengan bantuan gaya gravitasi. Hal ini dapat terjadi karena massa padatan lebih besar daripada massa gas. Sedangkan aliran gas yang telah disaring selanjutnya menuju ke pipa bagian atas untuk dialirkan pada tangki kondensasi.

Gas dari proses pirolisis yang memiliki sedikit partikel pengotor, akan lebih mudah untuk dapat dirubah fasenya menjadi bentuk cair pada proses kondensasi, sehingga asap cair yang dihasilkan juga memiliki volume yang tinggi. Selain itu, peningkatan hasil asap cair juga dipengaruhi oleh kadar air bahan dan proses kondensasi (Budaraga *et al.*, 2016). Proses kondensasi yang optimal akan menghasilkan rendemen dan kualitas asap cair yang baik. Pada penelitian ini asap cair *grade C* yang dihasilkan dengan *cyclone*

separator sebelumnya dilewatkan pada tabung kondensasi yang dirancang oleh Fathussalam, dkk (2019), yaitu memiliki kapasitas 70 liter air sebagai media pendingin dan dilengkapi dengan pompa air yang dapat mengalirkan debit air 3000L/jam. Tabung kondensasi juga dilengkapi pipa spiral dari *stainless steel* dengan panjang 14 m untuk meningkatkan kontak udara panas dengan media pendingin. Semakin cepat pergerakan media pendingin, maka gas yang akan dikondensasi juga lebih cepat berubah dalam fase cair. Sebaliknya jika media pendingin tidak cepat merubah fase gas, maka gas tersebut lebih mudah mengalami penguapan, sehingga rendemen asap cair menjadi rendah pula (Nasruddin, 2015).

Analisis Senyawa Kimia Asap Cair *Grade C*

Hasil analisis senyawa kimia menggunakan GC-MS terhadap asap cair yang diperoleh dengan kondensasi langsung dan asap cair yang diproduksi menggunakan teknologi *cyclone separator* memiliki perbedaan yang cukup signifikan yang dapat dilihat dari gugus fungsi senyawa yang dapat dikelompokkan menjadi senyawa fenol, karbonil, ester, sikloalken, alcohol, alkoksi dan asam seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Hadanu & Daniel (2016) yang menyatakan bahwa, senyawa dalam asap cair terbagi menjadi tiga gugus fungsi dominan diantaranya yaitu: asam karboksilat, fenol, dan karbonil. Selain tiga gugus fungsi tersebut, terdapat beberapa gugus fungsi lain seperti: alcohol, lakton, dan hidrokarbon.

Berdasarkan pengelompokan gugus fungsi senyawa pada Tabel 6, terdapat beberapa gugus fungsi senyawa yang dominan pada kedua jenis asap cair *grade C*, yaitu senyawa fenol. Gugus fungsi fenol merupakan komponen dominan dalam asap cair yang dihasilkan dari proses pirolisis lignin pada tempurung kelapa pada suhu 300°C (Budaraga *et al.*, 2016). Fenol memiliki peranan yang penting dalam menciptakan cita rasa pada asap cair (Montazeri *et al.*, 2013). Selain itu, asap cair dengan kandungan fenol yang cukup tinggi, membuat asap cair tersebut memiliki sifat sebagai antimikroba dan antioksidan (Kailaku *et al.*, 2017), sehingga

sangat cocok diaplikasikan pada produk pangan sebagai pengawet alami.

Berdasarkan Tabel 6, asap cair yang dihasilkan dengan proses kondensasi langsung memiliki 11 senyawa yang masuk dalam gugus fungsi fenolik, 4 senyawa karbonil, 9 senyawa alkoksi, masing-masing 1 senyawa ester, sikloalken dan alcohol, serta 4 senyawa asam benzoat. Sedangkan pada asap cair yang dihasilkan dengan menggunakan *cyclone separator* memiliki 17 senyawa fenolik, 10 senyawa alkoksi, 3 senyawa sikloalken dan 1 senyawa yang masuk ke dalam gugus senyawa alkoholik. Hal tersebut menunjukkan bahwa asap cair yang menggunakan *cyclone separator* memiliki gugus senyawa fenol dan alkoksi lebih banyak jika dibandingkan dengan asap cair yang dihasilkan secara kondensasi langsung. Hal ini juga sesuai dengan Hadanu & Apituley (2016), bahwa asap cair yang diperoleh dari reaksi degradasi termal selulosa, hemiselulosa, dan lignin tempurung kelapa pada suhu 350-420°C menghasilkan 19 senyawa turunan fenol, dimana 14 senyawa tergolong dalam gugus fungsi fenol dan 10 gugus fungsi alkoksi. Kelompok fungsional dari konstituen utama dan minor dari asap cair dari tempurung kelapa dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa gugus senyawa fungsional yaitu 90,75% fenol, 38,50% alcohol, 36,70% alkoksi, 5,66% karbonil, 3,71% sikloalken, dan 1,81% kelompok fungsional furan (Hadanu & Apituley, 2016).

Beberapa gugus fungsi senyawa penyusun asap cair yang dapat dideteksi, juga tidak terlepas dari komponen utama tempurung kelapa yaitu lignin, hemiselulosa dan selulosa. Pirolisis lignin pada suhu 300-500°C akan menjadi sumber utama senyawa fenol (Budaraga *et al.*, 2016), pirolisis hemiselulosa akan menghasilkan senyawa furan, turunan furan, dan serangkaian asam karboksilat alifatik (Sisko *et al.*, 2007). Di sisi lain pertukaran senyawa alifatik selulosa pada suhu tinggi atau dengan degradasi termal hemiselulosa juga akan menghasilkan senyawa fenol (Darmadji & Triyudiana, 2006). Sedangkan pirolisis selulosa dan hemiselulosa adalah sumber utama karbonil dan asam karboksilat (Hadanu & Apituley, 2016).

Tabel 6. Penggolongan Gugus Fungsi Senyawa Asap Cair *Grade C*

Asap Cair <i>Grade C</i>	Senyawa	Gugus Fungsi Asap Cair <i>Grade C</i>						
		a	b	c	d	e	f	g
Kondensasi Langsung	Phenol	√						
	3-Hexene, 3,4-dimethyl		√					
	Phenol, 2-methyl	√						
	Phenol, 4-methyl	√						
	2,3-Dimethyl-2-cyclopenten-1-one				√			
	Phenol, 2-methoxy	√					√	
	Phenol, 2,3-dimethyl	√						
	Phenol, 3-ethyl	√						
	2,5-Xylenol	√						
	Phenol, 2-methoxy-4-methyl	√					√	
	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy	√					√	
	Phenol, 2,6-dimethoxy	√					√	
	Vanillin			√				
	Benzoic acid, 2,5							√
	Benzoic acid, 2,4							√
	3-Hydroxy-4-methoxybenzoic acid		√				√	√
	Ethanone, 1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)		√				√	√
	Benzoic acid, 4-hydroxy-3-methoxy		√				√	√
	2,3,5-Trimethoxytoluene						√	
	Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)	√					√	
Jumlah		11	4	1	1	1	9	4
<i>Cyclone separator</i>	Phenol	√						
	4,4-Dimethyl-2-cyclopenten-1-one				√			
	2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl				√			
	Phenol, 2-methyl	√						
	Phenol, 4-methyl	√						
	Phenol, 2-methoxy	√					√	
	Phenol, 2,6-dimethyl	√						
	2-Cyclopenten-1-one, 3-ethyl-2-hydroxy	√			√			
	Phenol, 2,4-dimethyl	√						
	Phenol, 3-ethyl	√						
	Phenol, 2-methoxy-3-methyl	√					√	
	Phenol, 4-methoxy-3-methyl	√					√	
	Phenol, 2-methoxy-4-methyl	√					√	
	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy	√					√	
	Phenol, 2,6-dimethoxy	√					√	
	2H-Pyran-2,4(3H)-dione, 3-acetyl-6-methyl					√		
	Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-,(E)	√					√	
	2,3,5-Trimethoxytoluene Benzene, 1,2,5-trimethoxy-3-methyl	√					√	
	2-Methoxy-4-propyl-phenol	√					√	
	Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)	√					√	
Jumlah		17	0	0	3	1	10	0

Keterangan : a : Fenol, b: Karbonil, c : Ester, d : Sikloalken, e : Alkohol, f : Alkoksi, g : Asam

Selain itu, berdasarkan Tabel 6, senyawa karbonil, ester dan asam juga tidak teridentifikasi dalam asap cair yang dihasilkan dari *cyclone separator*. Beberapa senyawa yang tergolong dalam gugus fungsi asam seperti asam benzoat seperti benzoic acid, 2,4,

senyawa benzoic acid, 2,5; 3-Hydroxy-4-methoxybenzoic acid dan benzoic acid, 4-hydroxy-3-methoxy merupakan senyawa yang tergolong dalam benzo(a)pyrene. Senyawa benzo(a)pyrene ini merupakan salah satu senyawa yang mendominasi dari

senyawa pengotor pada asap cair selain senyawa tar (Budaraga *et al.*, 2017). Terpisahannya zat pengotor yang didalamnya termasuk senyawa benzo(a)pyrene menggunakan *cyclone separator* selain dibuktikan secara fisik dari perhitungan neraca massa, juga didukung dengan tidak adanya gugus fungsi senyawa asam sebagai senyawa pengotor seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Selain itu, adanya senyawa pengotor yang banyak terikat pada asap pirolisis juga lebih mudah menempel pada dinding tabung kondensor. Semakin banyak partikel pengotor yang menempel pada dinding kondensor, maka akan menghasilkan kerak yang susah dihilangkan. Sebagai dampaknya, proses kondensasi menjadi tidak maksimal akibat kontak asap dengan media pendingin semakin sedikit, sehingga menyebabkan senyawa fenol dan rendemen asap cair yang dihasilkan juga semakin menjadi rendah. Keberadaan senyawa benzo(a)pyrene selain menyebabkan jumlah asap cair menjadi rendah, namun juga merupakan senyawa karsinogenik alami yang sangat berbahaya jika digunakan sebagai pengawet makanan. Oleh karena itu diperlukan beberapa usaha untuk menghilangkan senyawa pengotor tersebut melalui penerapan suhu pirolisis yang lebih tinggi (Budaraga *et al.*, 2016) dan melakukan filtrasi asap cair menggunakan arang aktif dan zeolit (Budaraga *et al.*, 2017).

Namun demikian, asap hasil pirolisis yang masih memiliki kadar tar, abu dan pengotor lain akan tetap terikat walaupun fase asap sudah berubah dalam bentuk cair. Hal tersebut akan berdampak terhadap penurunan jumlah asap cair dan kualitas senyawa kimia yang dihasilkan. Oleh karena itu, proses pemisahan senyawa pengotor asap cair pada fase gas atau sebelum proses

kondensasi menjadi hal yang perlu dipertimbangkan yang selanjutnya dapat dikombinasikan dengan filtrasi arang aktif dan zeolit (pemisahan pada fase cair) untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas asap cair yang dihasilkan.

Kenampakan Asap Cair yang Dihasilkan

Kenampakan secara visual hasil asap cair yang diproduksi dengan kondensasi langsung dan asap cair yang diproduksi menggunakan teknologi *cyclone separator* dapat dilihat pada Gambar 4.

Apabila dilihat dari kenampakan secara visual, warna asap cair *grade C* yang dihasilkan dari proses kondensasi langsung cenderung memiliki warna coklat gelap (Gambar 4b). Warna coklat gelap pada asap cair ini disebabkan karena adanya senyawa karbonil pada asap cair. Semakin banyak senyawa karbonil pada asap cair, maka warna asap cair akan semakin gelap. Hal ini juga sejalan dengan Budaraga *et al.*, (2016), bahwa asap cair dari tempurung kelapa memiliki warna coklat kehitaman karena banyaknya senyawa karbonil di dalamnya.

Sedangkan asap cair yang diproduksi menggunakan teknologi *cyclone separator* yaitu memiliki warna kuning keruh. Hal tersebut menandakan bahwa senyawa pengotor dan karbonil sudah tidak terdapat pada asap cair dengan menggunakan *cyclone separator*. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6. bahwa, *cyclone separator* mampu mengurangi 4 senyawa karbonil pada asap cair *grade C*. Warna kuning keruh pada asap cair yang diperoleh menggunakan *cyclone separator* tersebut juga sesuai dengan standar mutu asap cair dari Jepang, dimana asap cair memiliki warna kuning keruh atau coklat kemerahan dan transparan (Yatagai, 2002).



Gambar 4. Perbedaan penampakan hasil asap cair *grade c*. dengan metode *cyclone separator* (a) dan dengan kondensasi langsung (b)

Selain itu, perbedaan kenampakan visual kedua jenis asap cair tersebut juga dipengaruhi oleh jumlah kandungan tar dan pengotor didalamnya. Walaupun pada penelitian ini kandungan tar kedua asap cair yang dihasilkan tidak dilakukan, namun keberadaan tar yang memiliki warna yang gelap dan berat molekul yang tinggi sehingga dapat mempengaruhi penampakan luar asap cair. Selain itu, adanya perbedaan metode produksi yang digunakan juga dapat mempengaruhi penampakan luar asap cair yang dihasilkan. Pada asap cair yang dihasilkan secara kondensasi langsung, masih terdapat komponen pengotor didalamnya sehingga warnanya cenderung lebih gelap. Sedangkan pada asap cair menggunakan teknologi *cyclone separator* lebih berwarna kuning yang menandakan bahwa tidak adanya senyawa karbonil, tar dan benzo(a)pyrene. Jika dilihat dari penampakan asap cair yang dihasilkan yaitu berwarna kuning cerah, maka asap cair tersebut bisa digolongkan ke asap cair *grade 2* atau *grade B* yang dapat dimanfaatkan sebagai antimikroba (Kailaku *et al.*, 2017).

SIMPULAN

Proses produksi asap cair *grade C* dengan teknologi *cyclone separator* secara signifikan mempengaruhi aliran neraca massa dan kandungan kimia penyusunnya. Penerapan teknologi *cyclone separator* mampu meningkatkan jumlah produksi asap cair dan menghasilkan arang lebih banyak jika dibandingkan dengan metode kondensasi langsung. Selain itu, berdasarkan analisis senyawa kimia, teknologi *cyclone separator* mampu meningkatkan jumlah gugus fungsi senyawa fenol dan alkoksi serta mengurangi hingga 100% gugus fungsi karbonil, ester dan asam yang didalamnya terdapat senyawa benzo(a)pyrene yang merupakan zat pengotor pada asap cair *grade C* yang dihasilkan. Namun demikian, penelitian selanjutnya disarankan untuk menganalisa senyawa kimia asap cair secara kuantitatif agar diketahui berapa banyak presentase kandungan dari setiap senyawa penyusun asap cair tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Bridgwater, A, Meier, Radlein, D. 1999. An overview of fast pyrolysis of biomass. *Journal of Organic Geochemistry*. 30(1), 1479-1493. [https://doi.org/10.1016/S0146-6380\(99\)00120-5](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(99)00120-5)
- Budaraga, I, Arnim, Yetti, M, Usman, B. 2016. Analysis of liquid smoke chemical components with GCMS from different raw materials variation production and pyrolysis temperature level. *International Journal ChemTech Research*. 9(6), 694-708. https://www.researchgate.net/publication/306209120_Analysis_of_liquid_smoke_chemical_components_with_GC_MS_from_different_raw_materials_variation_production_and_pyrolysis_temperaturelevel
- Budaraga, I, Arnim, Yetti, M, Usman, B. 2016. Liquid smoke production quality from raw materials variation and different pyrolysis temperature. *International Journal Advanced Science Engineering and Information Technology*. 6(3), 306-315. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.6.3.737>
- Budaraga, I, Arnim, Yetti, M, Usman, B. 2017. Chemical components analysis of cinnamon liquid smoke with GC-MS from various production of different purification method. *International Journal ChemTech Research*. 10(1), 12-26. https://www.researchgate.net/publication/315668476_Chemical_Components_Analysis_of_Cinnamon_Liquid_Smoke_with_GC_MS_from_Various_Production_of_different_Purification_Method
- Darmadji, P., Triyudiana, H. 2006. Proses pemurnian asap cair dan simulasi akumulasi kadar benzo(a)piren pada proses perendaman ikan. *Agritech*. 26(2), 94 - 103. <http://i-lib.ugm.ac.id/jurnal/detail.php?dataId=3716>
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2019. *Buku Statistik Perkebunan Indonesia untuk Tanaman Kelapa 2017-2019*. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan. https://drive.google.com/file/d/1rPFMCIRY3KRrWofltc_KCcFRI01ncrnI/view

- Fathussalam, M, Putranto, A. W., Argo B. D., Harianti A, Oktaviani A, Puspaning-
arum F. P., Putri, S. L. O. 2019. Rancang
bangun mesin produksi asap cair dari
tempurung kelapa berbasis teknologi
cyclone-redistillation. *Jurnal Ilmiah Rekayasa
Pertanian dan Biosistem*. 7(2), 148-156.
<https://doi.org/10.29303/jrpb.v7i2.113>
- Hadanu, R, & Daniel, A. 2016. Volatile
compounds detected in coconut shell
liquid smoke through pyrolysis at a
fractioning temperature of 350-420°C.
Makara Journal of Science. 20(3), 95-100.
10.7454/mss.v20i3.6239
- Hasanah, U, Bambang, S, Triyono, Chairil, A.
2012. The chemical composition and
physical properties of the light and
heavy tar resulted from coconut shell
pyrolysis. *Journal Pure and Applied Chem-
istry Research*. 1(1), 26-32. [https://doi.org
/10.21776/ub.jpacr.2012.001.01.102](https://doi.org/10.21776/ub.jpacr.2012.001.01.102)
- Kailaku, S, Syakir, M, Mulyawanti, I, Syah, A.
2016. Antimicrobial activity of coconut
shell liquid smoke. *IOP Conference Series:
Materials Science and Engineering*, 206.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/206/1/012050>
- Marinuc, M & Rus, F. 2011. The effect of
particle size and input velocity on
cyclone separation process. *Journal of
Agricultural Food Engineering*, 4(53), 117-
122. [https://www.semanticscholar.
org/paper/THE-EFFECT-OF-PARTIC
LE-SIZE-AND-INPUT-VELOCITY-ON-
Marinuc/ac635e871b546d9b4f764e74f79a
f5c524e4298a](https://www.semanticscholar.org/paper/THE-EFFECT-OF-PARTICLE-SIZE-AND-INPUT-VELOCITY-ON-Marinuc/ac635e871b546d9b4f764e74f79af5c524e4298a)
- Montazeri, N, Alexandra, C, Brian, H, Mary, B,
Charles, A. 2013. Chemical characteri-
zation of commercial liquid smoke pro-
ducts. *Journal Food Science & Nutrition*.
1(1), 102-115. [https://doi.org/10.1002/fs
n3.9](https://doi.org/10.1002/fsn3.9)
- Nasruddin. 2015. Karakteristik asap cair yang
ditambahkan ekstrak aroma daun pan-
dan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.).
Jurnal Dinamika Penelitian Industri, 26(1),
19-31. [https://doi.org/10.28959/jdpi.v2
6i1.698](https://doi.org/10.28959/jdpi.v26i1.698)
- Nikhil, S. 2015. A Review on gas solid *cyclone
separator* parametric analysis. *Internati-
onal Journal for Scientific Research &
Development*. 3(4), 1204-1208. [http://ijsrd.
com/Article.php?manuscript=IJSRDV3I4
0743](http://ijsrd.com/Article.php?manuscript=IJSRDV3I40743)
- Putranto, A. W., Oktaviani, A., Puspa-
ningarum, F. P. & Sukardi. 2020. Coconut
shell-liquid smoke production based on
the redistillation-filtration technology
and its characterisation. *IOP Conference
Series: Earth and Environmental Science*.
475. [https://iopscience.iop.org/article/
10.1088/1755-1315/475/1/012039](https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/475/1/012039)
- Sisko, I., Zotos, A., Melidau, S., Tsikritzi, R.
2007. The effect of liquid smoking of fillet
of trout (*Salmo gairdnerii*) on sensory
microbiological and chemical change
during chilled storage. *Food Chem*. 101(2),
458-464. [https://doi.org/10.1016/j.food
chem.2006.02.002](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.002)
- Taiwo, M, Mohammed, A, James, B. 2016.
Design and analysis of cyclone dust
separator. *Journal of Engineering Research*.
5(4), 130-134. [http://www.ajer.org/
papers/v5\(04\)/O050401300134.pdf](http://www.ajer.org/papers/v5(04)/O050401300134.pdf)
- Wagiman, F, Arik, A, Witjaksono. 2014.
Activity of coconut-shell liquid-smoke as
an insecticide on the rice brown
planthopper (*Nilaparvata lugens*). *Journal
of Biological and Agricultural Science*. 9(9),
293-296. [http://connection.ebscohost
.com/c/articles/98738747/activity-coco
nut-shell-liquid-smoke-as-insecticide-
rice-brown-planthopper-nilaparvata-
lugens](http://connection.ebscohost.com/c/articles/98738747/activity-coconut-shell-liquid-smoke-as-insecticide-rice-brown-planthopper-nilaparvata-lugens)
- Yatagai, M. 2002. *Utilization of charcoal and
wood vinegar in japan*. The University of
Tokyo: Graduate School of Agricultural
and Life Science.