

Studi Komparasi Karakteristik Asap Cair Hasil Pirolisis dari Kulit Durian, Pelelepah dan Tandan Kosong Sawit dengan Pemurnian Secara Distilasi

Rahmalinda*, Amri**, Zutiniar**

*Alumni Teknik Kimia Universitas Riau **Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
as_rahmalinda@yahoo.com

ABSTRACT

Liquid smoke is one of the modern methods of food preservation. It made from biomass containing cellulose, hemicellulose and lignin. The purpose of this research was to generate and compare the characteristics of liquid smoke results from pyrolysis feedstock durian shell, EFB and palm midrib and distillation refining. The method is carried out every feedstock in the pyrolysis temperature range of 300-350 °C and distilled temperature at of 175 °C. Then, performed analysis of the characteristics of liquid smoke compounds using GC/MS and test pH using a pH meter. The yield of liquid smoke pyrolysis results of each feedstock is durian shell 42.474%; 49.647% EFB and palm midrib 44.66%. From the analysis of GC/MS, acetic acid has the highest percent area among 16 dominant compounds in liquid smoke of pyrolysis results and among 14 dominant compounds after distillation. Percent acetic acid in the area of liquid smoke each feedstock pyrolysis results changed after the distillation of durian shell 54.17% to 62.8%; EFB 48.83% to 74.39% and palm midrib 52.19% to 41.14%. The percent area of phenolic compounds that act as antioxidants skin durian is 1.38% to 2.72%; EFB 5.28% to 6.56% ; palm midrib 9.12 % to 5.84 %. Liquid smoke pH values obtained after distillation is the durian shell 3.8; EFB 3.5 and 3.4 of palm midrib .

Keywords : durian shell, EFB, liquid Smoke, palm midrib, pyrolysis

I. PENDAHULUAN

Pengasapan secara tradisional dengan menggunakan asap pembakaran yang berkontak dengan nyala api secara langsung memiliki beberapa kelemahan seperti terdepositnya *ter* dan cemaran *benzo(a)pyrene* yang bersifat karsinogen pada bahan makanan sehingga membahayakan kesehatan [Darmadji, 2004]. Berdasarkan penelitian Storelli [2003] bahwa kadar *benzo(a)pyrene* pada *seafood* asap dengan metode pengasapan panas mencapai 46,5 µg/kg pada *swordfish* dan 124 µg/kg pada ikan herring melebihi dari persyaratan yang ditetapkan FAO/WHO maksimum sebesar 1 µg/kg.

Mengatasi kelemahan-kelemahan proses pengawetan pengasapan tradisional, pada saat ini telah dikembangkan teknologi pembuatan asap cair. Asap cair adalah campuran larutan dari dispersi asap kayu dalam air yang dibuat dengan

mengkondensasikan asap hasil pirolisis kayu [Darmadji, 1996]. Penggunaan asap cair mempunyai banyak keuntungan dibandingkan metode pengasapan tradisional, yaitu lebih mudah diaplikasikan, proses lebih cepat, memberikan aroma, warna dan rasa serta penggunaannya tidak mencemari lingkungan [Pszczola, 1995]. Asap cair yang berasal dari bahan baku yang berbeda, akan menghasilkan komponen kimia yang berbeda [Guillen, 2001].

Berdasarkan penelitian Rofaida [2008], kulit durian secara proporsional mengandung unsur selulosa yang tinggi (50-60%) dan kandungan lignin (5%) serta kandungan pati yang rendah (5%). Sedangkan berdasarkan penelitian Padil [2008] limbah pelepah sawit dan TKS masing-masing mengandung Selulosa (34,89%) dan (34,26), Hemiselulosa (27,14%) dan (25,65), dan Lignin

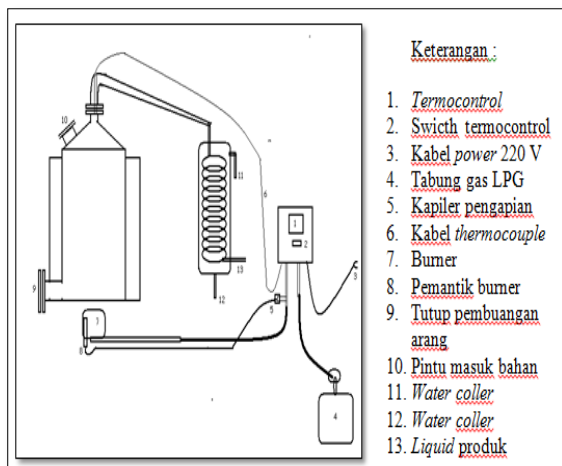
(19,87%) dan (27,14). Adanya kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin pada kulit durian, pelepah dan tandan kosong sawit tersebut, sebenarnya dimungkinkan untuk memanfaatkan limbah tersebut menjadi produk yang bernilai ekonomi seperti asap cair sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

Asap cair mengandung berbagai komponen kimia seperti fenol, aldehyd, keton, asam organik, alkohol dan ester. Salah satu komponen kimia lain yang dapat terbentuk pada pembutan asap cair adalah *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAH) dan turunannya, beberapa diantara komponen tersebut bersifat karsinogenik [Stolyhwo, 2005]. Mengurangi jumlah PAH yang terkandung dalam asap cair dapat dilakukan pemurnian seperti pemurnian asap cair dengan cara distilasi [Luditama, 2006] dan pemurnian dengan cara ekstraksi [Sutin, 2008].

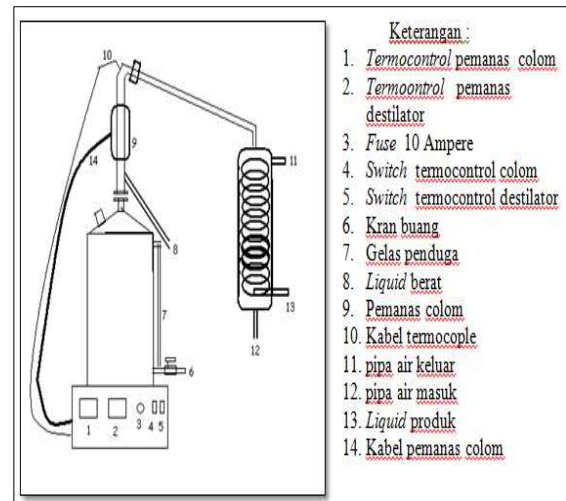
II. METODELOGI PENELITIAN

Alat Yang Digunakan

Peralatan utama yang digunakan sebagai berikut : Satu set rangkaian alat pirolisis dan satu set alat distilasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2. Alat pendukung lainnya yaitu timbangan, labu erlemeyer dan gelas ukur .



Gambar 1. Rangkaian Alat Pirolisis



Gambar 2. Rangkaian Alat Distilasi

Bahan Yang Digunakan

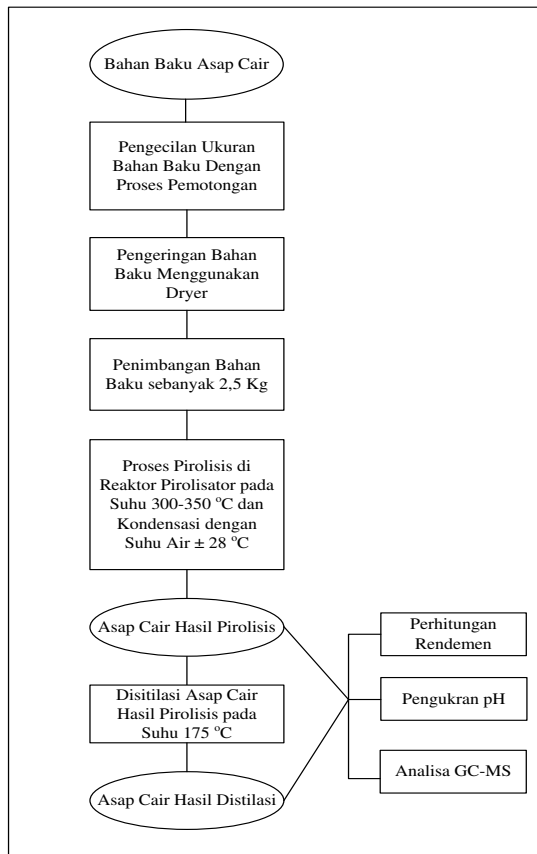
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Kulit durian sekitar Jl.Sudirman dan HR. Soebrantas Pekanbaru, Tandan Kosong Sawit (TKS) dari pabrik kelapa sawit Sei.Galuh dan Pelepah sawit.

Variabel Yang Digunakan

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variable tetap dan variable bebas. Variabel tetap adalah massa bahan baku 2,5 Kg; suhu pirolisis 300-350 °C dan suhu distilasi 175 °C. sedangkan variable bebas yaitu asap cair hasil pirolisis dari bahan baku kulit durian, TKS dan pelepah dan hasil pemurnian dengan distilasi

Prosedur Penelitian

Beberapa prosedur yang harus dilalui dalam proses pirolisis kulit durian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahap Prosedur Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen dan Sifat Fisis Asap Cair

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan asap cair pada penelitian ini adalah dari bahan-bahan yang memiliki komposisi selulosa, hemiselulosa dan lignin yang berbeda yaitu Kulit durian, Tandan kosong sawit (TKS) dan Pelepah sawit. Masing-masing bahan mengalami proses pirolisis pada rentang suhu pembakaran 300-350 °C. Rentang suhu 300-350 °C dipilih sebagai suhu pembakaran karena pada range tersebut selulosa, hemiselulosa dan lignin pada biomassa mengalami dekomposisi. Menurut Wijaya [2008] melalui analisis DTA (*Differensial Thermal Analysis*) bahwa ada tiga tahap proses terjadinya dekomposisi termal yaitu pada suhu 227 °C mengalami dekomposisi hemiselulosa; suhu 320,2 °C mengalami proses dekomposisi selulosa dan suhu 349,7 °C mengalami proses dekomposisi lignin.

Selama pembakaran komponen kayu seperti hemiselulosa, selulosa dan lignin akan mengalami pirolisis yang menghasilkan tiga kelompok senyawa yaitu senyawa yang mudah menguap yang dapat dikondensasikan, gas-gas yang tidak dapat dikondensasikan dan zat padat berupa arang [Maga, 1988 dalam Sari, 2006]. Begitu juga hasil pirolisis yang diperoleh dari masing-masing bahan baku yaitu Kulit durian, TKS dan Pelepah sawit adalah kondensat, arang dan gas-gas yang tidak terkondensasi yang jumlahnya ditunjukkan pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Hasil Pirolisis Bahan Pengasap Pada Rentang Suhu 300-350 °C

Bahan Pengasap	Kondesat (%b/b)	Arang (%b/b)	Bobot Hilang (%b/b)
Kulit Durian	42,474	28	29,526
TKS	49,647	32	18,353
Pelepah sawit	44,66	26	29,34

Berdasarkan hasil penelitian dapat dikatakan bahwa jenis bahan baku memberi pengaruh terhadap rendemen dan warna dari mutu asap cair yang dihasilkan secara pirolisis. Proses pirolisis 2500 g masing-masing bahan baku, diperoleh jumlah kondensat paling banyak adalah pirolisis dari bahan baku TKS yaitu 49,647% yang warna hitam pekat. Sedangkan jumlah kondesat dari masing-masing bahan baku Pelepah sawit dan Kulit durian yaitu 44,66% dan 42,474% yang berwarna coklat. Hasil yang didapat pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Luditama [2006] yaitu 40,29% jumlah kondesat untuk sabut kelapa dan 40,08% jumlah kondesat untuk tempurung kelapa. Perbedaan rendemen asap cair lebih disebabkan oleh jenis kayu yang memiliki kadar lignin, selulosa yang bervariasi [Tranggono, 1997 dalam Fatimah, 2009].

Kehilangan bobot pada proses pirolisis dengan rentang suhu 300-350°C juga

terjadi selama proses berlangsung. Dari masing-masing bahan baku yaitu Kulit durian, TKS dan Pelepah sawit jumlah bobot yang hilang berturut-turut sebesar 29,256%; 18,353% dan 29,34%. Kehilangan bobot ini adalah banyaknya bahan baku yang tidak terkonversi menjadi kondensat. Bobot yang hilang dapat disebabkan oleh adanya dihasilkan gas-gas yang mudah menguap seperti CO₂, CO, H₂ dan CH₄ yang tidak dapat dikondensasikan dengan air sebagai medium pendingin. Hal ini sesuai dengan pernyataan Demirbas [2005] dalam Gani [2007] bahwa asap cair hasil proses pirolisis bahan kayu dapat dihasilkan secara maksimum jika proses kondensasinya berlangsung secara sempurna.

Pada penelitian ini, hasil pirolisis asap cair dari masing-masing bahan baku dilakukan proses distilasi pada suhu 175 °C karena senyawa-senyawa yang diharapkan yaitu fenol, asam dan karbonil berada pada rentang suhu tersebut. Jumlah distilat hasil pemurnian yang diperoleh dihitung berdasarkan perbandingan volume distilat yang diperoleh dengan volume asap cair yang didistilasi. Persentase distilat dari 1L asap cair pirolisis masing-masing bahan baku adalah kulit durian yaitu 75,05%; TKS 70% dan Pelepah sawit 44%.

Perbedaan jumlah distilat yang dihasilkan karena adanya perbedaan jumlah senyawa-senyawa volatil yang terkandung dalam masing-masing asap cair. Asap cair yang dihasilkan berubah warna menjadi kuning bening hal ini disebabkan hasil distilat telah terpisah dari tar yang berwarna hitam dan kental yang dinilai tidak aman bagi pangan dan bersifat karsinogenik.

Komponen Kimia Asap Cair

Kualitas asap cair sangat bergantung pada komposisi senyawa-senyawa kimia yang terdapat dalam asap cair. Senyawa-senyawa yang terdapat di dalam asap cair sangat dipengaruhi oleh kondisi pirolisis dan jenis bahan baku [Nakai, 2006 dalam

Gani, 2007]. Kelompok senyawa asam karboksilat merupakan senyawa yang paling banyak terdapat dalam asap cair dari. Hal ini disebabkan besarnya kadar selulosa dan hemiselulosa dari masing-masing bahan. Pirolisis selulosa berlangsung dalam dua tahap yaitu tahap pertama merupakan reaksi hidrolisis asam yang diikuti dengan dehidrasi untuk menghasilkan glukosa, sedangkan tahap kedua adalah pembentukan asam asetat dan homolognya bersama-sama dengan air serta sejumlah kecil furan dan fenol [Girard, 1992].

Kelompok senyawa asam karboksilat merupakan senyawa yang paling banyak terdapat dalam asap cair dari. Hal ini disebabkan besarnya kadar selulosa dan hemiselulosa dari masing-masing bahan. Pirolisis selulosa berlangsung dalam dua tahap yaitu tahap pertama merupakan reaksi hidrolisis asam yang diikuti dengan dehidrasi untuk menghasilkan glukosa, sedangkan tahap kedua adalah pembentukan asam asetat dan homolognya bersama-sama dengan air serta sejumlah kecil furan dan fenol [Girard, 1992].

Data hasil analisa menunjukkan terdapat 16 komponen yang teridentifikasi pada asap cair dari hasil pirolisis bahan baku yang ditunjukkan pada Tabel 2. Senyawa-senyawa tersebut secara keseluruhan berasal dari degradasi termal karbohidrat kayu seperti karbonil, asam, furan dan turunan pyran. Selain itu juga berasal dari degradasi termal lignin, seperti fenol, guaiakol dan syringol [Budijanto, 2008].

Persentase senyawa-senyawa asap cair hasil pirolisis mengalami perubahan ketika dilakukan pemurnian dengan proses distilasi. Hasil analisa GC-MS asap cair dari hasil pemurnian dengan proses distilasi, diperoleh 14 komponen senyawa yang berpotensi dalam fungsional asap cair yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Kandungan Senyawa Utama pada Hasil Pirolisis Asap Cair dari Kulit Durian, TKS dan Pelepah sawit

No.	Nama Senyawa	Rumus Molekul	(% Area)		
			Kulit Durian	TKS	Pelepah Sawit
<u>Senyawa Asam</u>					
1	<i>Acetic acid</i>	C ₂ H ₄ O ₂	54,17	48,83	52,19
<u>Senyawa Aldehid dan Keton</u>					
2	<i>2-propanone</i>	C ₃ H ₆ O	0,65	8,12	3,35
3	<i>1-hydroxy-2-propanone</i>	C ₃ H ₆ O ₂	7,59	17,36	2,68
4	<i>1-hydroxy-2-butanone</i>	C ₄ H ₈ O ₂	1,79	1,11	
5	<i>3-methylbutanal</i>	C ₅ H ₁₀ O			4,35
6	<i>Pentanal</i>	C ₅ H ₁₀ O	5,7	2,46	
7	<i>3-ethoxy-propanal</i>	C ₅ H ₁₀ O ₂	4,69	3,57	1,78
8	<i>2-hydroxy-3-methyl-2-cyclopenten-1-one (Cyclotene)</i>	C ₆ H ₈ O ₂	2,17		
<u>Senyawa Furan dan Pyran</u>					
9	<i>Butyrolactone</i>	C ₄ H ₆ O ₂	3,45	2,11	
10	<i>2-furancarboxaldehyde (Furfural)</i>	C ₅ H ₄ O ₂	2,2		5,98
11	<i>2-furanmethanol</i>	C ₅ H ₆ O ₂	2,72	1,73	
12	<i>5-(hydroxymethyl)-2-furancarboxaldehyde</i>	C ₈ H ₁₄ O			4,18
<u>Senyawa Fenol</u>					
13	<i>Phenol</i>	C ₆ H ₆ O	1,38	5,82	9,12
14	<i>2,6-dimethoxyphenol (syringol)</i>	C ₈ H ₁₀ O ₃	1,15	1,73	1,84
<u>Senyawa Ester</u>					
15	<i>Vinyl formate</i>	C ₃ H ₄ O ₂	6,71		7,8
16	<i>Isopropyl formate</i>	C ₄ H ₈ O ₂		1,22	

Tabel 3. Kandungan Senyawa Utama pada Hasil Distilasi Asap Cair dari Kulit Durian, TKS dan Pelepah sawit

No.	Nama Senyawa	Rumus Molekul	(% Area)		
			Kulit Durian	TKS	Pelepah Sawit
<u>Senyawa Asam</u>					
1	<i>Acetic acid</i>	C ₂ H ₄ O ₂	62,8	74,39	41,14
2	<i>Propanoic Acid</i>	C ₃ H ₆ O ₂	7,09	3,42	1,74
3	<i>Butanoic acid</i>	C ₄ H ₈ O ₂	1,44	0,75	
4	<i>2-methyl-butanoic acid</i>	C ₅ H ₁₀ O ₂	1,42		
<u>Senyawa Aldehid Ketone</u>					
5	<i>2-propanone</i>	C ₃ H ₆ O		4,82	11,81
6	<i>1-hydroxy-2-propanone</i>	C ₃ H ₆ O ₂	9,93		1,7
7	<i>1-hydroxy-2-butanone</i>	C ₄ H ₈ O ₂	1,76	1,26	

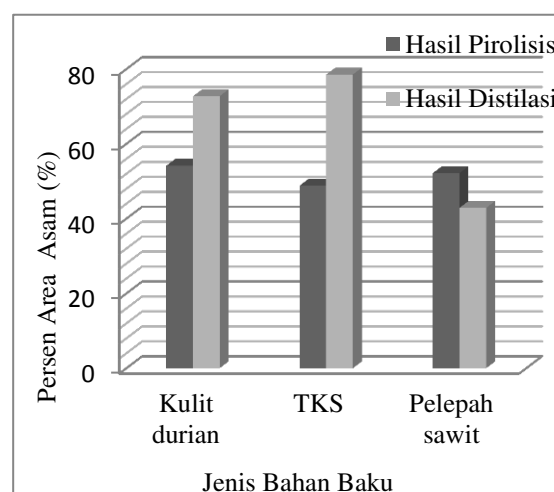
Tabel 3. (Lanjutan)

No.	Nama Senyawa	Rumus Molekul	(% Area)		
			Kulit Durian	TKS	Pelepah Sawit
8	<i>1-(acetoloxo)-2-propanone</i> <u>Senyawa Furan dan Pyran</u>	C ₅ H ₁₀ O ₂	3,26	2,36	
9	<i>Butyrolactone</i>	C ₄ H ₆ O ₂	1,19	0,4	
10	<i>2-furancarboxaldehyde (Furfural)</i>	C ₅ H ₄ O ₂			13,52
11	<i>1-(2-furanyl)-ethanone</i> <u>Senyawa Fenol</u>	C ₆ H ₆ O ₂	1,03	0,9	
12	<i>Phenol</i>	C ₆ H ₆ O	2,72	6,56	5,84
13	<i>2,6-dimethoxyphenol (syringol)</i> <u>Senyawa Ester</u>	C ₈ H ₁₀ O ₃	0,74	1,02	
14	<i>Vinyl formate</i>	C ₃ H ₄ O ₂			22,12

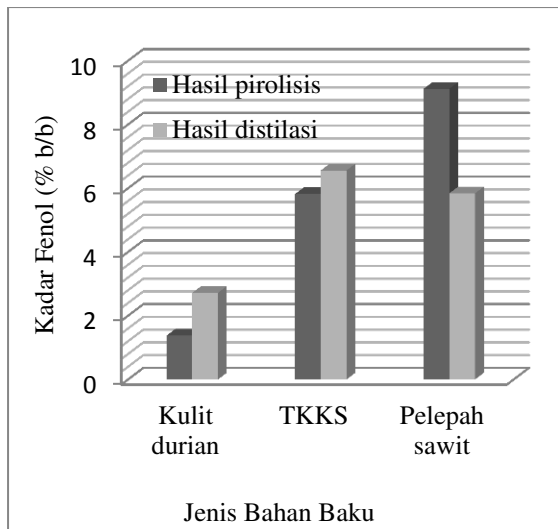
Kelompok senyawa asam karboksilat merupakan senyawa yang paling banyak terdapat dalam asap cair dari. Hal ini disebabkan besarnya kadar selulosa dan hemiselulosa dari masing-masing bahan. Pirolisis selulosa berlangsung dalam dua tahap yaitu tahap pertama merupakan reaksi hidrolisis asam yang diikuti dengan dehidrasi untuk menghasilkan glukosa, sedangkan tahap kedua adalah pembentukan asam asetat dan homolognya bersama-sama dengan air serta sejumlah kecil furan dan fenol [Girard, 1992].

Senyawa kimia dominan yang keberadaannya selalu ada pada ketiga asap cair hasil pirolisis dan hasil pemurnian dengan proses distilasi adalah *Acetic acid* dan *Phenol*. Senyawa *Phenol* dan *Acetic acid* ini sangat berperan dalam penghambatan mikroba. Hal ini sesuai dengan pendapat Pszczola [1995] bahwa dua senyawa utama dalam asap cair yang diketahui mempunyai efek bakterisida/bakteriostatik adalah fenol dan asam-asam organik, kombinasi keduanya dapat bekerja secara efektif untuk mengontrol pertumbuhan mikroba, disamping itu fenol juga memiliki aktivitas antioksidan yang cukup besar. Persen area *Acetic acid* dan *Phenol* hasil pirolisis mengalami perubahan setelah dilakukan

distilasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

**Gambar 4.** Persen Area *Acetic Acid* Hasil Pirolisis dan Distilasi

Senyawa *Acetic acid* mengalami peningkatan konsentrasi setelah dilakukan pemurnian dengan proses distilasi untuk asap cair berbahan baku kulit durian menjadi 62,8% dan TKS 74,39%. Begitu juga dengan kelompok senyawa fenol yaitu *phenol* asap cair dari kulit durian menjadi 2,72% dan TKS 6,56% yang juga mengalami peningkatan konsentrasi setelah dilakukan proses distilasi.



Gambar 5. Persen Area *Phenol* Hasil Pirolisis dan Distilasi

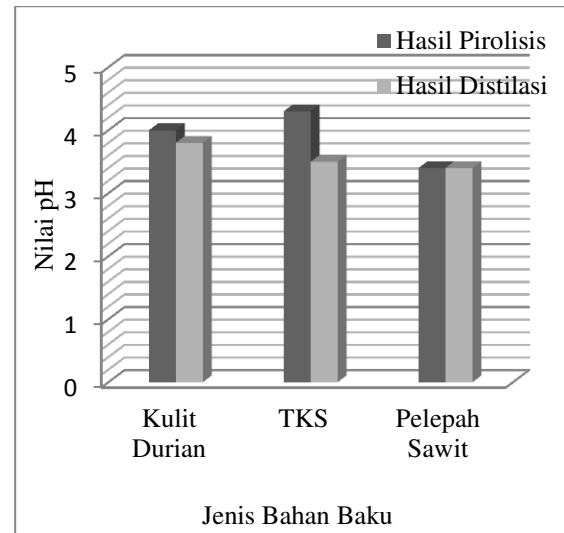
Namun pada asap cair dari bahan baku pelepah sawit konsentrasi *acetic acid* 41,14% dan *phenol* 5,84% yang mengalami penurunan. Hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya oksidasi yang terjadi selama proses distilasi yang berlangsung pada suhu distilasi yang cukup tinggi yaitu 175 °C. Selain itu adanya senyawa *Acetic acid* yang menguap namun tidak terkondensasi dengan sempurna.

Nilai pH

Senyawa *Acetic acid* tergolong senyawa asam yang mempengaruhi pH asap cair dan citarasa serta umur simpan produk asapan. Selain itu kadar fenol juga mempengaruhi pH dari asap cair karena fenol memiliki sifat asam yang merupakan pengaruh dari cincin aromatisnya. Nilai pH merupakan salah satu parameter kualitas dari asap cair yang dihasilkan. Pengukuran pH dilakukan terhadap asap cair hasil pirolisis dan hasil distilasi dari masing-masing bahan dengan hasil yang diperoleh seperti Gambar 5.

Asap cair dari kulit durian memiliki nilai pH 4 pada hasil pirolisis dan turun menjadi 3,8 setelah dilakukan pemurnian dengan distilasi. Asap cair dari TKS memiliki nilai pH 4,3 pada hasil pirolisis dan turun menjadi 3,5 pada hasil distilasi. Nilai pH asap cair dari bahan baku pelepah

sawit tetap yaitu 3,4 pada hasil pirolisis dan distilasi. Kecenderungan penurunan pH asap cair disebabkan karena kandungan senyawa *Acetic acid* dan *Phenol* yang meningkat setelah dilakukan distilasi. Semakin tinggi kadar total fenol dalam asap cair maka nilai pH nya semakin rendah atau lebih bersifat asam.



Gambar 4. Nilai pH Asap Cair Hasil Pirolisis dan Distilasi

Hasil analisa karakteristik asap cair secara fisis dan kimia dapat diperoleh bahwa asap cair dari bahan baku Kulit durian, TKS dan Pelepah sawit yang telah dilakukan pemurnian dengan distilasi lebih cocok untuk pengawetan pangan daripada asap cair hasil pirolisis tanpa pemurnian. Warna asap cair yang lebih bening, kandungan senyawa asam dan fenol yang tinggi, tidak terdeteksinya senyawa PAH yang berbahaya dan nilai pH yang rendah menjadi faktor penentu untuk karakteristik asap cair sebagai pengawet pangan.

Hasil karakteristik asap cair hasil distilasi dari tiap bahan baku dapat dilihat bahwa asap cair dari bahan baku TKS memiliki sifat anti bakteri yang lebih baik dari asap cair Kulit durian dan Pelepah sawit karena memiliki kandungan asam dan fenol yang lebih tinggi dan nilai pH paling rendah dibandingkan dari dua bahan baku lainnya. Menurut Yatagai [2004] dalam Pujilestari [2010], bahwa pH asap

cair yang baik berkisar antara 1,5-3,7 karena pada kondisi pH yang rendah mikroba yang berspora tidak dapat hidup dan berkembang biak sehingga dapat berperan menghambat pertumbuhan mikroba pembusuk.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Rendemen asap cair dari hasil pirolisis Kulit durian 42,474% ; TKS 49,647% dan Pelepah sawit 44,66%
2. Hasil analisa GC-MS terdapat 16 senyawa dominan pada asap cair hasil pirolisis dan 14 senyawa dominan pada hasil distilasi
3. Senyawa yang paling banyak terdapat dalam asap cair Kulit durian, TKS dan Pelepah sawit adalah *acetic acid*
4. Asap cair dari bahan baku Kulit durian, TKS dan Pelepah sawit yang telah dimurnikan dengan proses distilasi cocok untuk pengawet pangan

Saran

Untuk peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian lebih lanjut dengan sistem pemurnian secara ekstraksi atau menggunakan *membrane* agar senyawa-senyawa pada asap cair tidak banyak yang menguap ketika terjadi proses pemurnian.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Dr. Idral Amri dan ibu Dra. Zultiniar.,M.Si selaku pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing penulis selama penelitian ini. Terima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama ini. Terima kasih kepada rekan tim penelitian Riska, Rasyid, Dago, Kak Winni dan Gery, serta rekan-rekan Teknik Kimia Angkatan 2009 yang telah banyak membantu penulis dalam skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

Budijanto, S. 2008. Identifikasi dan Uji Keamanan Asap Cair Tempurung Kelapa Untuk Produk Pangan. IPB. *J.Pascapanen* 5(1) 2008: 32-40.

- Darmaji, P. 1996. Aktivitas Antibakteri Asap Cair yang Diproduksi dari Berbagai Macam Limbah Pertanian, Laporan Penelitian Mandiri, DPP-UGM, 16: 19-22.
- Darmadji, P. 2004. Benzopyrene of liquid smoke from coconut shell during production, purification and powdering. *Asean Food Conference*. Bali.
- Gani, A., dkk. 2007. Karakterisasi Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Organik Padat. IPB . *J.Tek Ind Per* .Vol. 16(3), 111-118.
- Girard, J.P. 1992. *Technology of Meat and Meat Products*. New York. Ellis Howard Ltd.
- Guillen, M.D., dkk. 2001. Carbohydrate and nitrogenated compounds in liquid smoke flavoring. *J agric Food Chem* 49: 2395-2403.
- Fatimah,F., dkk. 2009. Penurunan Kandungan Benzo(A)pirena Asap Cair Hasil Pembakaran. Universitas Samratulangi Manado. *Chem.Prog*. Vol.2, No.1.
- Luditama, C. 2006. Isolasi dan pemurnian asap cair berbahan dasar tempurung dan sabut kelapa secara pirolisis dan distilasi. Skripsi Sarjana, Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
- Maga., J.A. 1988. *Smoke in Food Processing*. CRC Press, Boca Raton. Florida. 1-3; 113-118.
- Padil., dkk. 2009, Produksi NitroSelulosa Sebagai Bahan Baku Propelan yang Berbasis Limbah Padat Sawit ,Laporan Penelitian Hibah Penelitian Stranas *Batch II*, UniversitasRiau.
- Pujilestari, T. 2010. Analisa Sifat Fisiko Kimia dan Anti Bakteri Asap Cair Cangkang Kelapa Sawit Untuk Pengawet Pangan. Samarinda. *JRTI* Vol 4 No.8
- Pszcola, D.E. 1995. Tour highlights production and uses of smoke house base flavors. *J Food Tech* 49: 70-74.
- Storelli., dkk. 2003. Polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated biphenyls, chlorinated pesticides (DDTs), Hexachlorocyclohexane and hexachlorobenzene residues in smoke seafood. *J Food Prot* 66(6) : 1095-1099.

Stolyhwo, A., dkk. 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoke fish- a critical review. *Food Chem* 91: 303-311.

Sutin. 2008. Pembuatan asap cair dari tempurung dan serabut kelapa secara pirolisis serta fraksinasinya dengan ekstraksi. Skripsi Sarjana, Departemen

Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

Wijaya., dkk. 2008. Perubahan Suhu Pirolisis Terhadap Struktur Kimia Asap Cair Dari Serbuk Gergaji Kayu Pinus. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 1(2): 73-77.