

KONVERSI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) MENJADI ARANG HAYATI DAN ASAP CAIR

Irma Kresnawaty, Soekarno Mismana Putra, Asmini Budiani & TW Darmono

*Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia
Jl. Taman Kencana No. 1 Bogor 16151*

(Diterima 14-07-2017, Disetujui 17-11-2017)

ABSTRAK

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah perkebunan yang jumlahnya sangat melimpah. Telah banyak penelitian dilakukan yang bertujuan untuk memanfaatkan limbah ini menjadi produk yang bernilai ekonomi tinggi dan salah satu adalah mengomposkan TKKS tersebut. Teknik pengomposan TKKS yang selama ini memerlukan waktu 2-4 bulan dan pengangkutan produk kompos yang dihasilkan memerlukan biaya yang mahal. Waktu pengomposan yang lama tidak dapat mengatasi permasalahan banyaknya limbah TKKS ini dihasilkan di pabrik (21-23% dari Tandan Buah Segar). Sehingga diperlukan teknik pengolahan limbah yang lebih cepat. Pada penelitian sebelumnya TKKS terbukti dapat dikonversi melalui proses pirolisis yang relatif lebih cepat menjadi arang hayati dan asap cair. Arang hayati memiliki banyak manfaat khususnya untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Selain itu juga dapat memacu aktivitas mikroba tanah, terutama yang berasosiasi dengan akar tanaman dan mampu meningkatkan konservasi unsur hara mudah larut sehingga pencucian hara menjadi minimal. Asap cair selama ini banyak digunakan sebagai bahan pengawet makanan dan penghilang bau pada industri karet. Pada penelitian ini akan dilakukan karakterisasi arang hayati dan asap cair dari TKKS. Dari 6 kg TKKS dapat dihasilkan 1,9 kg arang hayati dan 3,6 L asap cair. Arang hayati TKKS memiliki kadar makronutrien : C 60%; N 1,07%; P 1,29%; K 13,37%; Mg 1,02%; Ca 1,71% dan mikronutrien Fe 0,95%; B 31 ppm dan Zn 248 ppm, dengan pH 9. Asap cair yang dihasilkan memiliki pH 3,5 dan dapat dihilangkan kandungan tar-nya dengan pengendapan semalam. Kandungan asap cair ini mengandung karbonil 2,984 %; turunan fenol 13,169 %; dan asam organik 74,268 %.

Kata kunci : arang hayati, asap cair, TKKS, pirolisis

ABSTRACT

Conversion of Empty Fruit Bunches of Oil Palm (EFBOP) into Biochar and Liquid Smoke. 2017. Irma Kresnawaty, Soekarno Mismana Putra, Asmini Budiani & TW Darmono

Empty Fruit Bunches of Oil Palm (EFBOP) is one of very abundant waste in oil palm mill. There have been many studies in utilizing this waste into economical product, one of them is composting. EFBOP composting techniques take about 2-4 months and resulting high cost process for transportation. The long time period of composting do not solve the overwhelming amount of this waste in the oil palm mill (21-23% of Fresh Fruit Bunch). So more efficient waste treatment techniques is needed. In a previous study EFBOP could be converted through pyrolysis process in relatively faster process into biochar and liquid smoke. Biochar has many benefits especially to increase crop productivity. It also could spur soil microbes activities and increase conservation soluble nutrient. Liquid smoke also has high economic value and has been widely used as a food preservative and odor remover on the rubber industry. In addition, liquid smoke is also potential for organic pesticides and herbicides. This research was conducted to convert EFBOP into biochar and liquid smoke and characterise the products. As much as 1.9 kg of biochar and 3.6 l of liquid smoke were produced from 6 kg EFBOP. Macro nutrient composition of biochar EFBOP were C 60%, N 1.07%, P 1.29%, 13.37% K; Mg 1.02%, and Ca 1.71% , whereas the micronutrient composition were 0.95% Fe; B 31 ppm and 248 ppm Zn, with pH 9. Liquid smoke produced had pH 3.5 and could be removed tar with precipitation for overnight. The content of this liquid smoke contained carbonyl compounds 2.984%; derivative of phenol 13.169% and 74.268% of organic acids.

Key words : biochar, liquid smoke, EFBOP, pyrolysis

PENDAHULUAN

Salah satu hasil samping proses produksi minyak sawit mentah di pabrik kelapa sawit (PKS) adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang jumlahnya mencapai 21–23% dari berat total tandan buah segar (TBS). Berbagai alternatif pemanfaatannya telah ditawarkan di antaranya adalah sebagai mulsa, sebagai bahan baku kompos, dan bahan baku pakan ternak. Penggunaannya sebagai mulsa memerlukan kehati-hatian yang tinggi dan perlakuan yang tepat, karena jika tidak malah akan menjadi sumber hama dan penyakit yang merugikan. Sementara itu, pengomposan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) memerlukan lahan yang luas, peralatan berat (pengemisi karbon tinggi), waktu yang lama, dan tenaga kerja yang jumlahnya banyak. Di samping itu, kandungan hara kompos yang dihasilkan relatif rendah. Untuk itu perlu dikembangkan proses konversi TKKS menjadi produk yang bernilai ekonomi tinggi dan ramah lingkungan, serta bermanfaat bagi pemecahan permasalahan utama pengolahan limbah PKS.

Teknologi yang dapat dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah proses pirolisis. Proses ini menghasilkan arang hayati atau lebih dikenal dengan biochar. Arang hayati terbukti efektif meningkatkan kesuburan tanah karena biochar mampu menahan air, mengurangi keasaman tanah, menjaga ketersediaan nutrisi yang penting bagi tanaman sehingga meningkatkan produktivitas tanaman, serta mengurangi resiko erosi tanah^{1,2,3,4}. Produk pirolisis lainnya berupa asap cair dapat dimanfaatkan untuk banyak hal. Asap diperoleh melalui pembakaran bahan yang banyak mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Pembakaran hemiselulosa, selulosa, dan lignin akan menghasilkan senyawa asam dan turunannya dan fenol⁵. Asap cair memiliki kemampuan untuk mengawetkan bahan makanan karena bersifat antimikroba dan antioksidan⁶. Asap cair banyak digunakan pada industri makanan sebagai preservatif, industri farmasi, bioinsektisida, pestisida, disinfektan, herbisida dan lain sebagainya. Di samping itu asap cair juga potensial untuk digunakan sebagai pestisida dan herbisida organik. Pemanfaatan asap cair sebagai pestisida nabati akan menghasilkan produk perkebunan organik, yang mendukung kebijakan dan *trend* masyarakat saat ini. Apalagi dalam menghadapi pasar global, produk organik merupakan suatu persyaratan yang harus dipenuhi. Diperkirakan harga teh organik mencapai 2- 3 kali lipat atau lebih daripada harga teh biasa sehingga budi daya teh organik dapat menjadi usaha yang menguntungkan. Komposisi asap cair yang dihasilkan tergantung pada

jenis bahan yang digunakan. Pada penelitian ini akan dilakukan karakterisasi arang hayati dan asap cair dari TKKS dan dibandingkan dengan proses pirolisis dengan bahan bakar dan kadar air TKKS yang berbeda.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: TKKS dari pabrik kelapa sawit Kertajaya-Banten milik PTPN VIII, dan alat teknis lain untuk pembuatan arang hayati dan asap cair TKKS di PPBBI dan di PMT Dolok Ilir, Medan. Penelitian dilakukan pada bulan Juni-November 2011 dilaksanakan di Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia (PPBBI), Bogor dan PMT Dolok Ilir, PT Perkebunan Nusantara IV, Medan .

Pembuatan arang hayati dan asap cair TKKS dengan metode drum kiln

Proses pembuatan arang hayati dilakukan dengan metode *drum kiln*. TKKS dicacah kemudian dikeringkan dengan sinar matahari sampai kadar air $\pm 15\%$. Potongan TKKS dimasukkan ke dalam drum ukuran diameter 0,5 m dan tinggi 1,2 m hingga penuh dan ditata agar tidak ada ruang kosong.

TKKS dipanaskan secara tidak langsung selama 2 jam dengan bahan bakar kayu. Pengukuran suhu dilakukan setiap 15 menit sekali dengan termometer infra merah model ST 652. Asap yang keluar dari reaktor akan mengalir ke kolom pendingin melalui tabung penyalur asap. Kemudian ke dalam kolom pendingin ini dialirkan air dengan suhu kamar sehingga asap akan terkondensasi dan mencair. Produksi asap cair diamati pada interval waktu, 30, 60, 90, dan 120 menit. Untuk setiap fraksi diamati jumlah asap cair yang dihasilkan. Proses pembakaran dihentikan setelah 2,5 jam dengan mengalirkan air ke dalam lubang kompresor dan mematikan api. Drum dibiarkan mendingin selama 24 jam, kemudian penutup dibuka untuk mengambil arang hayati. Pengujian dilakukan 3 (tiga) kali ulangan.

Pemurnian asap cair dengan pengendapan semalam dan penambahan pelarut organik

Asap cair yang dihasilkan dihilangkan komponen berbahaya seperti tar dan senyawa polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) dengan pengendapan semalam dan penambahan pelarut organik. Pelarut organik diharapkan melarutkan poli aromatic hidrokarbon (PAH).



Gambar 1. Reaktor pirolisis TKKS menjadi arang hayati dan asap cair.
Figure 1. Pyrolysis reactor to convert EFBOP to biochar and liquid smoke

Analisa kandungan arang hayati dan asap cair TKKS

Arang hayati TKKS dianalisis makro dan mikronutriennya dan asap cair dianalisa kandungan senyawa kimianya dengan GC-MS dan dibandingkan dengan kandungan kimia asap cair yang dihasilkan dari proses yang berbeda dari segi bahan bakar dan kadar air TKKS yang dilakukan di PMT Dolok Ilir, Medan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan arang hayati dan asap cair TKKS dengan metode *drum kiln*

TKKS yang digunakan terlebih dahulu dicacah dan dikeringkan untuk meminimalkan kadar air. Selain untuk mengefisienkan pembakaran, kadar air yang rendah juga berpengaruh pada asap cair yang dihasilkan. Kandungan air yang tinggi akan mengurangi kadar fenol, asam-asam dan formaldehid, dan meningkatkan senyawa karbonil yang akan menurunkan kualitas asap cair yang dihasilkan. Pada awal proses konversi ini diamati fluktuasi suhu api dan suhu reaktor pirolisis. Suhu harus dijaga berkisar 300-700°C. Suhu lebih rendah tidak akan menghasilkan asap cair berkualitas karena senyawa fenol yang diuraikan dari lignin baru akan mengalami dekomposisi pada suhu 100-900°C⁷. Luditama⁸ menyimpulkan bahwa asap cair dari tempurung kelapa yang terbaik dihasilkan dengan suhu 300 dan 500°C. Proses ini harus dijaga tetap di bawah suhu 700°C agar tidak terjadi *fast pyrolysis* yang nantinya menghasilkan abu.

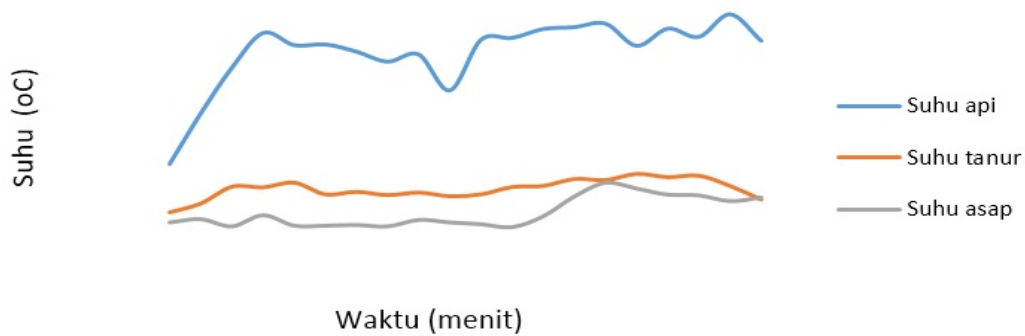
Gambar 2 menunjukkan fluktuasi suhu selama berlangsungnya proses pirolisis TKKS menjadi arang hayati. Suhu dari api untuk proses pembakaran belum

mencapai 700°C sehingga proses tersebut dapat dikategorikan sebagai *slow pyrolysis* yang merupakan proses yang tepat untuk menghasilkan arang hayati. Pada akhir proses pirolisis dilakukan upaya untuk meningkatkan efisiensi berupa pembuatan alat pendingin yang memungkinkan penghentian proses pemanasan secara langsung dan pencegahan pemanasan berlanjut menjadi abu.

Konversi limbah padat PKS menjadi biochar akan mengurangi permasalahan perlunya lahan yang luas untuk penempatan limbah TKKS, karena terjadi penyusutan volume dari TKKS menjadi arang hayati yang mencapai lebih dari 60% (sebanyak 6 kg TKKS kering diubah menjadi 1,9 kg biochar). Analisis pH menunjukkan bahwa arang hayati hasil konversi TKKS memiliki pH yang tinggi yaitu 9. Hal ini akan berarti arang hayati TKKS ini sangat potensial untuk menetralkan pH tanah pada lahan-lahan marjinal ber-pH rendah.

Alat pirolisis PPBBI terdiri beberapa kondensor dan 2 penampung (Gambar 1). Alat ini dirancang dengan harapan mendapatkan kualitas asap cair yang rendah tar, karena melalui beberapa tahap pendinginan. Tar diharapkan akan tertampung pada kondensor pertama, dan pada penampung terakhir akan didapatkan asap cair dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Pada proses awal, asap yang terbentuk akan masuk pada kondensor 1 dan sebagian asap masuk jalur cerobong 2, dan kembali mengalami kondensasi.

Asap mulai keluar dari cerobong 2 dan 3 pada menit ke-32 dan pada menit ke-50 keluar dari kondensor yang terakhir. Asap cair terbentuk hanya pada 1 penampung, hal ini diduga karena proses kondensasi memerlukan



Gambar 2. Fluktuasi suhu selama berlangsungnya proses pirolisis TKKS untuk menghasilkan arang hayati TKKS dan asap cair.

Figure 2. Temperature fluctuations during the pyrolysis process to produce EFBOP biochar and liquid smoke.



Gambar 3. Arang hayati dan asap cair TKKS.

Figure 3. Biochar and liquid smoke EFBOP

perbedaan suhu yang sangat ekstrim. Pada proses awal asap yang bersuhu tinggi langsung terkondensasi, sehingga langsung jadi asap cair. Sedangkan pada proses kedua, suhu asap sudah rendah sehingga proses kondensasi tidak berlangsung maksimal. Selain itu pada proses pertama, kandungan senyawa-senyawa fraksi berat (fenol, aldehyd, karbonil, dll) penyusun asap cair masih tinggi, sehingga mudah terkondensasi, sedangkan pada proses kedua, diduga senyawa-senyawa tersebut tidak lagi terkandung dalam asap, sehingga tidak terbentuk asap cair. Pada proses kedua ini kandungan asap didominasi oleh gas, seperti CO_2 , NO_2 , SO_2 , dll.

Asap cair yang dihasilkan bervariasi 200-588 ml terkandung jumlah asap yang terbentuk. Pada awal pembentukan asap cair warnanya agak kecoklatan, dan makin coklat pada penampungan kedua (Gambar 4).

Pada penampungan ketiga warna asap cair makin terang yang menunjukkan kandungan tar yang lebih rendah. Setelah 2,5 jam asap cair yang terbentuk bercampur dengan serpihan biochar, sehingga proses pemanasan dihentikan. Selanjutnya dilakukan proses pemurnian untuk memisahkan senyawa tar dan memisahkan fraksi-fraksi yang diharapkan yaitu fenol dan asam. Dari hasil yang diperoleh produksi asap cair pada cerobong 1 (Tabel 1), disimpulkan bahwa produksi asap cair semakin meningkat dengan bertambahnya waktu. Pengendapan semalam memungkinkan tar terpisah dan menyebabkan asap cair lebih jernih (Gambar 4). Asap cair yang dihasilkan pada menit ke-30 dan 60 diduga memiliki kualitas yang lebih baik, terlihat dari warna yang lebih jernih dan senyawa tar yang lebih banyak mengendap.

Tabel 1. Volume asap cair yang dihasilkan pada interval waktu 30, 60, 90 dan 120 menit.

Table 1. The volume of liquid smoke was produced at 30, 60, 90 and 120 minutes

Interval waktu (menit)/ <i>Time interval (minutes)</i>	Jumlah asap cair yang dihasilkan (ml)/ <i>Volume of liquid smoke produced (ml)</i>	Keterangan/ <i>Notes</i>
30	400	tar tidak mengendap
60	760	tar mengendap
90	1080	tar mengendap
120	1390	tar mengendap
Jumlah total asap cair yang dihasilkan		3630 ml

Persamaan regresi antara X (interval) dan Y(jumlah asap cair) adalah $Y=329x+89$

Pada cerobong 2 juga dihasilkan asap cair dengan volume 855 mL dengan tar yang tidak mengendap. Cerobong 2 pada awalnya diharapkan dapat menghasilkan asap cair dengan jumlah tar yang lebih sedikit, tetapi ternyata tetap dihasilkan asap cair dengan tar, hal ini diduga karena asap di cerobong 1 langsung masuk ke cerobong 2 tanpa mengalami pengendapan tar terlebih dahulu.

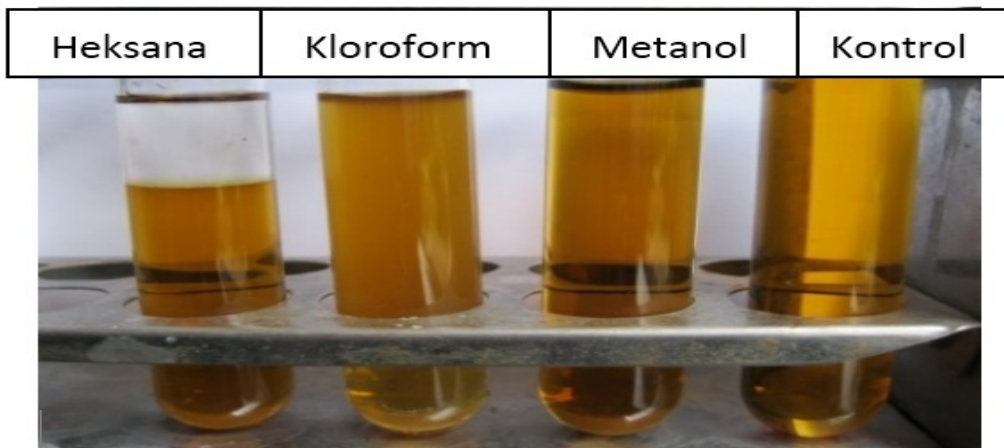
Pemurnian asap cair dengan pengendapan semalam dan penambahan pelarut organik

Cara yang paling mudah untuk memisahkan asap cair dengan tar yang dihasilkan adalah dengan pengendapan semalam (Gambar 4). Pemurnian menggunakan pelarut organik (Gambar 5) dilakukan untuk memisahkan komponen pengotor dan diharapkan menghasilkan asap cair yang lebih jernih, namun ternyata proses ini tidak cukup efektif. Penggunaan heksana menghasilkan 2 fasa, sedangkan kloroform menghasilkan emulsi dan metanol melarutkan seluruh komponen.



Gambar 4. Asap cair yang dihasilkan oleh kondensor pirolisis pada interval waktu 30,60,90 dan 120 menit. A) sebelum pengendapan dan B) setelah pengendapan semalam.

Figure 4. Liquid smoke produced by pyrolysis at 30,60,90 and 120 minutes. A) before the deposition and B) after overnight deposition.



Gambar 5. Pemurnian asap cair menggunakan pelarut organik heksana, kloroform dan metanol (dari kiri ke kanan).
 Figure 5. Purification of liquid smoke using an organic solvent hexane, chloroform and methanol (from left to right).

Analisa kandungan arang hayati dan asap cair TKKS

Hasil analisis kandungan makro dan mikro nutrisi biochar disajikan pada Tabel 2. Arang hayati TKKS memiliki kadar kalium sangat tinggi (13,37%), sehingga sangat berpotensi untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk kalium an-organik. Kalium pada tanaman sangat penting karena berperan dalam proses fisiologi tanaman, berperan sebagai aktivator enzim esensial yang terlibat dalam sintesis pati dan protein, berperan dalam mengatur tekanan turgor sel dalam proses membuka dan menutup stomata⁹.

Hasil uji GC-MS asap cair (Tabel 3) menunjukkan bahwa asap cair yang dihasilkan tidak mengandung benzopiren. Hal ini menjadikan asap cair yang dihasilkan dalam proses ini dapat dikelompokkan sebagai asap cair grade 2. Benzopiren bersifat toksik dan karsinogenik serta menyebabkan kerusakan asam amino esensial dari protein dan vitamin¹⁰. Girard¹¹ menyatakan bahwa pembentukan senyawa PAH (termasuk di dalamnya benzopiren) selama pembuatan asap tergantung dari beberapa hal, seperti temperatur pirolisis, waktu dan

kelembaban udara pada proses pembuatan asap, serta kandungan udara dalam kayu. Kadar benzopiren juga dapat dikurangi dengan pengendapan semalam, karena semua proses yang menyebabkan terpisahnya partikel-partikel besar dari asap akan menurunkan kadar benzopiren.

Asap cair yang dihasilkan memiliki pH 3,5. Nilai pH merupakan salah satu parameter kualitas dari asap cair yang dihasilkan. Pengukuran nilai pH dalam asap yang dihasilkan bertujuan untuk mengetahui tingkat penguraian bahan secara pirolisis. Nilai pH ini menunjukkan bahwa asap cair yang dihasilkan berkualitas tinggi terutama dalam hal penggunaannya sebagai bahan pengawet makanan. Nilai pH yang rendah secara keseluruhan berpengaruh terhadap nilai awet dan daya simpan produk asap ataupun sifat organoleptiknya¹². Jika nilai pH ini dikaitkan dengan kandungan total fenol dalam asap cair pada masing-masing perlakuan diperoleh hubungan yaitu semakin tinggi kadar total fenol dalam asap cair maka nilai pHnya semakin rendah

Tabel 2. Kandungan makro dan mikro nutrisi dari arang hayati TKKS.
 Table 2. The composition of macro- and micronutrients of EFBOP biochar

Unsur/Elements	Konsentrasi/Concentration
Karbon /Carbon	60%
Nitrogen	1,07%
Fosfor /Phosphorous	1,29%
Kalium/Potassium	13,37%
Magnesium	1,02%
Besi/Iron	0,95%
Boron	31 ppm
Zink	248 ppm
Kalsium/Calcium	1,71%

Tabel 3. Senyawa yang terkandung dalam asap cair produksi PPBBI.

Table 3. Compounds composition in liquid smoke of IRIBB production.

No.	Waktu retensi/ <i>Retention time</i>	Kemungkinan senyawa/ <i>Compounds probability</i>	Senyawa yang mudah menguap (%)/ <i>Volatile compounds (%)</i>
1	10,290	2-siklopentanon	1,085
2	10,590	Turunan fenol	1,389
3	11,703	1,4- Benzendiol	1,376
4	12,426	2-metoksi fenil etanol	2,453
5	13,507	Turunan fenol (dimetil piragol)	6,673
6	14,684	1,2,3-trimetoksibenzen	1,278
7	15,659	Asam 3-furankarbosiklat	1,899
8	19,964	Metil ester asam palmitat	10,012
9	20,541	Asam heksadekanoat	20,261
10	21,573	Metil ester asam linoleat	1,392
11	21,646	Metil ester asam elaidat	6,743
12	22,280	Asam oktadekanoat	33,409
13	22,361	Asam stearat	2,451

Jika diakumulasikan asap cair PPBBI mengandung karbonil 2,984%; turunan fenol 13,169%; dan asam organik 74,268% (Tabel 3). Kandungan karbonil dan asam organik berhubungan dengan sifat antimikroba yang dimiliki asap cair¹³. Asap cair ini mengandung senyawa organik rantai panjang yang kemungkinan berasal dari sisa minyak yang masih terdapat di TKKS dan biasanya asam lemak diperoleh dari hidrogenasi minyak nabati. Minyak sawit mengandung sekitar 50% palmitat. Kandungan asam lemak yang tinggi makin mendukung keamanan penggunaan asap cair yang dihasilkan sebagai pengawet makanan. Selain itu, dapat pula dilakukan penelitian untuk meneliti alternatif penggunaan asap cair ini selain sebagai pengawet makanan, mengingat luasnya pemanfaatan asam lemak di industri.

Jika dibandingkan dengan proses pembuatan arang hayati dan asap cair yang dilakukan di PTPN IV yang menggunakan TKKS tanpa pengeringan dan pencacahan, serta menggunakan bahan bakar cangkang, produk pirolisis yang dihasilkan memiliki perbedaan. Cangkang yang digunakan sebagai bahan bakar memiliki nilai kalor 18.034,56-21.274,56 kJ/kg¹⁴ yang melebihi nilai kalor kayu bakar kering (19.000–20.000 kJ/kg), sehingga

suhu yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan kayu bakar. Tetapi suhu yang terlalu tinggi ini menyebabkan pembakaran sempurna TKKS yang menghasilkan lebih banyak abu dibandingkan dengan arang hayati. Selain itu kadar air yang terlalu tinggi berpengaruh pada kualitas asap cair yang dihasilkan.

Hasil kromatogram asap cair, menunjukkan adanya perbedaan dengan asap cair yang diproduksi di PPBBI, yaitu adanya senyawa Cedran-8-ol (Octahydro-3,6,8-tetrame) dengan waktu retensi 16,675 (Gambar 7) yang termasuk dalam senyawa toksik¹⁵. Perbedaan ini dikarenakan proses pembakaran yang lebih lama dan kandungan air yang lebih tinggi. Selain itu perbedaan komposisi asap cair temperatur pirolisis. Temperatur pirolisis sangat memberi arti penting untuk kualitas asap cair yang dihasilkan karena kandungan maksimum fenol, asam dan karbonil akan dicapai pada temperatur pirolisis 600°C¹⁶. Tetapi asap cair yang dihasilkan pada temperatur 400°C akan memiliki sifat organoleptik terbaik.

Tabel 4. Senyawa yang terkandung dalam asap cair produksi PMT Dolok Ilir.

Table 4. Compounds composition in liquid smoke of PMT Dolok Ilir production.

No.	Waktu retensi/ <i>Retention time</i>	Kemungkinan senyawa/ <i>Compounds probability</i>	Senyawa yang mudah menguap (%)/ <i>Volatile compounds (%)</i>
1	10,461	3,5-dimetil-3,5-xylan	4,735
2	10,753	2-etil-3-etilfenol	3,623
3	11,127	2-metoksikresol	2,020
4	12,378	2-metoksi-fenol	2,572
4	13,401	2,6—dimetoksi pirogall	11,852
5	14,636	1,2,3-trimetoksi benzen	1,376
6	15,675	Codran-8-ol	18,732
7	20,908	Asam heksadekanoat	16,081
8	21,281	Asam palmitat	3,144
9	22,597	Metil-9-oktadekanoat	20,576
10	22,800	Asam oktadekanoat	1,873
11	22,979	Cis asam vaksenat	2,560
12	23,190	Metil ester 8-oktadekanoat	1,504

KESIMPULAN

Proses pirolisis TKKS sebanyak 6 kg menghasilkan 1,9 kg arang hayati dan 3,6 l asap cair. Arang hayati TKKS memiliki kadar makronutrien : C 60%; N 1,07%; P 1,29%; K 13,37%; Mg 1,02%; Ca 1,71% dan mikronutrien Fe 0,95%; B 31 ppm dan Zn 248 ppm, dengan pH 9. Asap cair yang dihasilkan memiliki pH 3,5 dan dapat dihilangkan kandungan tar-nya dengan pengendapan semalam. Kandungan asap cair ini hasil analisis GC-MS adalah karbonil 2,984 %; turunan fenol 13,169 %; dan asam organik 74,268 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Steiner C, Teixeira WG, Lehmann J, Nehls T, Vasconcelos deMaced JL, Blum WEH, Zech W. Long term effect of manure, caharcoal and mineral fertilization on crop produscron and fertility on highly weathared Central Amazonian upland soil. *Plant Soil*. 2007; 291 :275-290.
- Gani A. Potensi Arang hayati biochar sebagai komponen teknologi perbaikan produktivitas lahan pertanian. *Iptek Tanaman Pangan*, 2009; 4(1):33-48.
- De Wild P. Biomass Pyrolysis for Chemical [Thesis]. Netherland. Rijksuniversiteit Groningen, 2011.
- Lehmann JJ, Gaunt M, Rondon. Biochar soil management on higly wheathered soils in humid tropics P: 571—530 in *Biological approaches to Sustainable Soil Systems* (Norman Uphoff et al Eds.). Taylor & Francis Group, 2006, Atlanta, GA 30384- 9267.
- Yunus M. Teknologi pembuatan asap cair dari tempurung kelapa sebagai pengawet makanan. *J Sains dan Inovasi*. 2011; 7(1): 53-61.
- Pszezola DE. Tour highlights produc-tion and uses of smoke-based flavors. Liquid smoke a natural aqueous condensate of wood smoke provides various advantages in addition to flavors and aroma. *J Food Tech*. 1995; 1:70-74.
- Yang YX, Yong JS, Choi JY, Jayant L, Chae BJ. Wood Vinegar Exerts Hypoglycemic Effect in Normal and Diabetic Rats. *Annals of Animal Resource Sciences*, 2007; 18:133-140.
- Jayanudin, Suhendi E. Identifikasi komponen kimia asap cair tempurung kelapa dari wilayah Anyer Banten. *J. Agrotek*. 2012; 4(1): 39-46.
- Raven JA. Speedy small stomata. *J. Experimental Botany*. 2014; April 28:1415-1424.
- Ba Q, Li J, Huang C, Qiu H, Li J, Chu R, Zhang W, Xie D, Wu Y and Wang H. Effects of benzo[a]pyrene exposure on human hepatocellular carcinoma cell angiogenesis, metastasis, and NF-κB signaling. *Environmental Health Perspective*. 2015; 123(3): 246-254.
- Sharma RK, and Hajaligol HR. Effect of pyrolysis conditions on the formation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from polyphenolic compounds. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*. 2003; 66: 123-144.
- Wijaya M, Nur E, Irawadi TT, Pari G. Karakterisasi komponen kimia asap cair dan pemanfaatannya sebagai biopestisida. *Bionature*. 2008, Vol 9(1), 34-40
- Vitt SM, Himelbloom BH, Crapo CA. Inhibition of *Listeria innocua* and *L. monocytogenes* in a laboratory medium and cold-smoked salmon containing liquid smoke. *J Food Saf*. 2001; 21: 111-125.

14. Napitupulu FH. Analisis nilai kalor bahan bakar serabut dan cangkang sebagai bahan bakar katel uap di pabrik kelapa sawit. *J. Sistem Teknik Industri*. 2006; 23(1):44-48.
15. Toxic Substances Control act (TSCA). Candidate list of chemical substances. 2013. Volume 3.
16. Demirbas A. Pyrolysis of ground beech wood in irregular heating rate conditions. *J. Analytical Applied and Pyrolysis*. 2005; 73:39-43.