

RENDEMEN ARANG SEKAM DAN KUALITAS ASAP CAIR SEKAM PADI

Charcoal Yiled and Liquid Smoke Quality of Paddy Husk

Noor Mirad Sari, M. Faisal Mahdie, & Randika Segah

Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

Jl. A. Yani km 36 Simpang Empat Banjarbaru

ABSTRACT. *The aim of this study was to determine the yield of paddy husk charcoal produced from dry paddy husk and wet paddy husk, and also to test the quality of liquid smoke paddy husks produced at different treatment based on the quality standard of Japanese quality liquid smoke. Results of this study are expected to provide new information for the public and to optimize the utilization of waste paddy husk and smoke melting. This study was carried out in the workshop of the Forestry Faculty of Lambung Mangkurat University Banjarbaru. When the study was planned for four (3) months, namely from April to July 2015, which includes the preparation of research activities, observation and measurement of parameters in the field, data processing, and writing research reports. In accordance with the results of the data analysis of the research that has been done can be concluded that the average yield of dry paddy husk in the amount of 46.25% and average yield of wet paddy husks in the amount of 49.67%. The quality of the resulting liquid smoke from Japan while the other parameters are still not meeting the quality standards of liquid smoke from Japan.*

Keywords: *Yield, husk paddy, Liquid Smoke*

ABSTRAK. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui rendemen arang sekam padi yang dihasilkan dari sekam padi kering dan sekam padi basah, selain itu juga untuk menguji kualitas asap cair sekam padi yang dihasilkan pada perlakuan yang berbeda berdasarkan pada standar mutu kualitas asap cair asal Jepang. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi baru bagi masyarakat dan mengoptimalkan pemanfaatan limbah sekam padi serta asap cairnya. Penelitian ini dilaksanakan di workshop Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru. Waktu penelitian direncanakan selama empat (4) bulan yakni dari bulan Maret sampai dengan bulan Juli 2015, yang meliputi persiapan kegiatan penelitian, pengamatan dan pengukuran parameter di lapangan, pengolahan data hingga penulisan laporan hasil penelitian. Sesuai dengan hasil analisis data dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa rendemen rata-rata sekam padi kering yaitu sebesar 46,25% dan rendemen rata-rata sekam padi basah yaitu sebesar 49,67%. Kualitas asap cair yang dihasilkan hanya pada kadar asam saja yang memenuhi standar kualitas asap cair asal Jepang sedangkan parameter lainnya masih belum memenuhi standar kualitas asap cair asal Jepang.

Kata Kunci: Rendemen, Arang Sekam, Asap Cair

Penulis untuk Korespondensi, surel: noormirad_sari@yahoo.co.id

PENDAHULUAN

Pemanfaatan sekam di Indonesia saat ini masih sangat terbatas antara lain untuk media tanaman hias, pembakaran bata merah, atau sebagai pelindung balok es. Selain itu, sekam juga dimanfaatkan sebagai media pupuk, serta inkubasi ayam. Tetapi upaya tersebut belum cukup signifikan untuk mereduksi timbunan sekam, yang seolah menjadi pemandangan biasa di sekitar penggilingan padi. Meskipun Sisman dan Gezer (2011) juga telah mengembangkan briket sekam sebagai produksi pengganti semen dalam rasio tertentu untuk membuat lebih *profitable* dan mengurangi efek pada lingkungan, tetapi alternative terbaik adalah dengan memanfaatkannya sebagai pemenuhan kebutuhan energy masyarakat. Sekam mempunyai kandungan selulosa yang cukup tinggi sehingga dapat memberikan pembakaran yang merata dan stabil, dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energy panas sebagai pengganti minyak tanah.

Pemilihan sekam padi sebagai bahan baku asap cair karena tidak mudah terbakar, dan mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap penetrasi cairan dan dekomposisi yang disebabkan oleh jamur (Wibowo *et al.*, 2008). Sekam padi merupakan lapisan keras yang membungkus *kariopsis* butir gabah, terdiri atas dua dua belahan yang disebut *lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Pada proses penggilingan gabah, sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah pertanian.

Asap cair merupakan komoditas yang relative baru berkembang, sehingga masyarakat belum banyak mengenalnya. Pemanfaatan asap cair umumnya pada sector pertanian antara lain dapat membuat tanaman menjadi sehat, mereduksi jumlah insektida dan parasit tanaman, sedangkan pencampurannya dengan nutrisi pupuk dapat membuat tanaman tumbuh lebih baik, sebagai *growth promotor* dan pupuk alam dapat menggantikan pupuk kimia, mereduksi bau dari kompos dan pupuk kandang serta menyempurnakan kualitasnya. Asap cair merupakan suatu komponen organik dengan kandungan beberapa senyawa penting yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan antara lain

perkebunan, pengawetan makanan dan pengobatan. Sebagai bahan pengawet pada makanan, asap cair dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur, sehingga memperpanjang umur simpan.

Menurut FAO (2002) *liquid smoke* banyak pemanfaatannya antara lain bila disemprotkan pada daun, pertumbuhannya akan lebih sehat, dapat mereduksi sejumlah insektisida dan parasit, dicampurkan pada tanaman jenis buah/makanan pertumbuhannya akan lebih baik. Hal ini menjadikan asap cair atau *liquid smoke* merupakan produk yang memiliki masa depan cerah untuk dikembangkan. Melihat pemanfaatan limbah sekam padi yang masih sedikit, khususnya di Kalimantan Selatan serta masih banyaknya masyarakat yang belum tahu tentang kegunaan asap cair yang merupakan hasil simpangan dari pembuatan arang sekam padi maka perlu dilakukan penelitian mengenai rendemen arang sekam dan kualitas asap cair yang dihasilkan oleh sekam padi.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui rendemen arang sekam padi dan kualitas asap cair yang dihasilkan, sedangkan manfaat dari penelitian ini yaitu memberikan informasi bagi masyarakat dan mengoptimalkan pemanfaatan limbah sekam padi dalam bentuk arang dan asap cair sekam padi.

METODE PENELITIAN

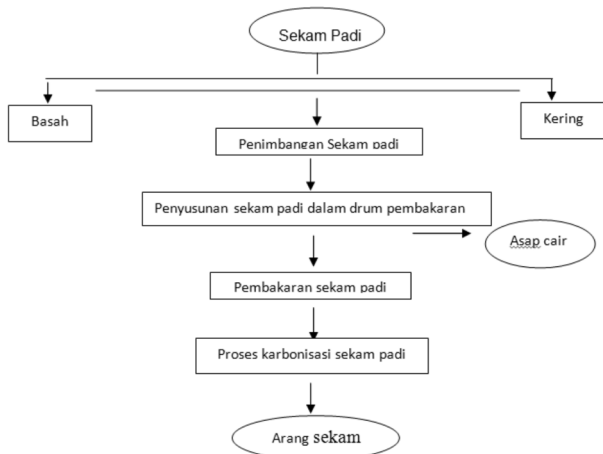
Proses pembuatan arang dan pengambilan asap cair yang telah dilaksanakan di Workshop Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru. Waktu kegiatan penelitian dilaksanakan selama ± 3 bulan yaitu mulai April 2015 sampai dengan Juli 2015. Tahapan kegiatan penelitian meliputi persiapan penelitian, pelaksanaan penelitian, analisis sampel penelitian dan penyusunan laporan hasil penelitian.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sekam padi yang diperoleh dari desa Tatah Pamangkih Tengah Kecamatan Tatah Makmur Kabupaten Banjar, air untuk proses destilasi asap, Minyak tanah, Bahan untuk pengujian kualitas asap cair seperti: contoh uji (asap cair), indikator PP, dan

larutan NaOH 0,1 M.

Sedangkan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: tungku pembakaran modifikasi, drum pendingin, korek api, botol plastic, gelas ukur, alat untuk pengujian asap cair seperti gelas ukur, kertas lakmus untuk mengukur pH, labu Erlenmeyer, tabung reaksi, pipet hisap, dan buret, kamera digital, tally sheet, serta peralatan tulis menulis.

Prosedur Penelitian dapat dilihat pada Diagram gambar dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Pengolahan Arang Sekam dan Asap Cair Sekam Padi

Figure 1. Flowchart Processing and Liquid Smoke of Charcoal Husk Paddy Husk

Arang sekam yang dihasilkan, dihitung rendemennya dengan menggunakan rumus :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100 \%$$

Input = Berat sekam padi sebelum dilakukan pengarangan (gr)

Output = Berat sekam arang yang dihasilkan

Untuk mengetahui rendemen dan kualitas asap cair yang dihasilkan dari keadaan bahan baku yang berbeda yaitu keadaan sekam padi basah (habis dari penggilingan) dan sekam padi yang telah dikeringkan selama 2 hari, melalui proses pengarangan dengan tungku modifikasi, maka dilakukan analisis data menggunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) dengan 2 perlakuan dan 3 kali ulangan.

Faktor keadaan bahan baku yang diteliti :

- A = Sekam padi kering yang telah didiamkan selama beberapa hari pada suhu ruangan
- B = Keadaan sekam padi yang dibasahi dengan air sebanyak 2 liter.

Model umum percobaan menurut Hanafiah (2004):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \sum_{ij}$$

Keterangan :

Y_{ij} = Nilai pengamatan pada perlakuan ke- i dan ulangan ke- j

μ = Rata-rata harapan

τ_i = Perlakuan ke- i

$\sum_{ij}$ = Kealahan percobaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Arang Sekam Padi

Data hasil rendemen arang sekam padi yang diperoleh dari proses pembakaran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Rendemen Arang Sekam Padi

Table 1. Data Results The yield of Paddy Husk Charcoal

Perlakuan	Ulangan	Input (gr)	Output (gr)	Rendemen (%)
A	1	8000	3800	47,5
	2	8000	3700	46,25
	3	8000	3600	45
Jumlah			111000	138,75
Rata-rata			3700	46,25
B	1	10000	5300	53
	2	10000	5000	50
	3	10000	4600	46
Jumlah			14900	149
Rata-rata			4966,67	49,67

Pengaruh perlakuan A (sekam padi kering dan perlakuan B (sekam padi basah) terhadap rendemen arang sekam padi dapat diketahui melalui analisis keragaman pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Keragaman Rendemen Arang Sekam Padi

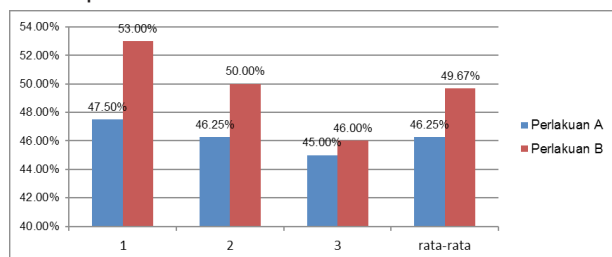
Table 2. Diversity Analysis Yield of Paddy Husk Charcoal

Sk	Db	JK	KT	Fhit	F	
					5%	1%
Perlakuan	1	17,51	17,51	2,52 ^{ns}	7,71	21,20
Galat	4	27,79	6,95			
Total	5					

Keterangan : ns = tidak berpengaruh

KK = 5,9%

Dari tabel analisis keragaman, rendemen aap cair tersebut tidak berpengaruh karena F hitung < dari F tabel 5% dan < dari 1% dengan koefisien keragaman sebesar 5,9%. Lebih jelasnya mengenai besarnya rendemen asap cair sekam padi pada faktor bahan baku sekam yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Batang Rendemen Arang Sekam Padi

Figure 2. Bar Chart yield Charcoal Paddy Husk

Keterangan : A = Sekam padi kering

B = Sekam padi basah

Data hasil perhitungan rendemen arang sekam padi menunjukkan hasil yang berbeda, sekam padi basah menghasilkan rendemen asap cair rata-rata yang lebih tinggi yaitu 49,67% dibandingkan dengan rendemen sekam padi yang kering sebesar 46,25%. Semakin berkurangnya kadar abu yang terjadi paa perlakuan B (sekam padi basah) dan waktu pembakaran yang sama antara perlakuan A (sekam padi kering) dan perlakuan B (sekam padi basah) juga mempengaruhi nilai rendemen yang diperoleh. Semakin rendah kadar abu, maka akan semakin tinggi nilai rendemennya. Menurut Kasmudjo (1992)

dikatakan bahwa tinggi rendahnya rendemen dalam produksi karbonisasi dipengaruhi beberapa factor antara lain iklim, musim, unsur tanaman, keadaan tanah, bahan baku, dan cara pembakaran.

Kecepatan proses pengarangan mempengaruhi jumlah rendemen asap yang dihasilkan. Pada proses pengarangan pada penelitian ini menggunakan drum modifikasi dan kondesator yang sederhana sehingga kecepatan proses pengarangan mengakibatkan penguapan air lebih cepat dan tidak dapat dikondensasikan secara maksimal. Nugraha (2008) mengatakan bahwa langkah pertama dalam pembakaran ialah penguapan air yang ada, kemudian komponen-komponen yang mudah menguap dikeluarkan pada suhu 100 hingga 600 °C. Reaksi pembakaran meliputi penggabungan zat arang dari sekam dengan oksigen akan membentuk air. Sekam padi mengandung kurang lebih 1,54 % hydrogen, 1,33 % zat arang (karbon) dan 33, 64 oksigen.

Aap dalam pembakaran berubah menjadi uap, turun dan menjadi dingin, kemudian mencair menjadi zat yang disebut asam pyrologneus atau asap cair. Shu li (1999) mengatakan bahwa asap cair murni sebagian mengandung air (80% - 90%) tetapi juga mengandung lebih dari 200 komponen lain, termasuk asam asetik, methilalkohol, aseton dan sejumlah kecil senyawa kimia yang lain.

Tungku pembakaran berperan penting dalam menghasilkan rendemen asap cair. Apabila tungku pembakaran kurang sempurna, adanya kebocoran asap atau nyala api yang kurang besar sehingga asap yang dikeluarkan sedikit, maka asap cair yang dihasilkan akan sedikit dan memiliki kualitas yang kurang baik. Selain itu, pipa kondensor yang digunakan juga memiliki peran yang sama, apabila terjadi kebocoran maka asap akan banyak terbuang dan tidak berjalan sempurna. Untuk mengurangi terjadinya kebocoran asap, perlu dilakukan penutupan lubang pada drum pembakaran. Penutupan lubang bias menggunakan tanah liat. Tanah liat digunakan karena selain cukup tahan dengan suhu tinggi, juga memiliki kerekatan yang cukup baik dengan kata lain mudah

menempel. Temperatur pembuatan asap juga akan mempengaruhi kualitas asap yang dihasilkan (Darmaji, 1999).

Kualitas Asap Cair Sekam Padi

Standar kualitas asap cair yang dipakai yaitu berdasarkan standar kualitas Jepang dikarenakan belum adanya standar kualitas asap cair dari Indonesia. Sehingga produksi asap cair yang akan dipasarkan ke Jepang harus memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Hasil pengujian kualitas asap cair sekam padi yang dilakukan di Laboratorium Mangkurat Banjarbaru menunjukkan bahwa kualitas asap cair sekam padi dari bahan baku yang berbeda (sekam padi kering dan sekam padi basah) yang dibandingkan dengan standar kualitas asap cair asal Jepang, memiliki perbedaan yang signifikan dan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kualitas Asap Cair Dibandingkan dengan Standar Kualitas Asap Cair Asal Jepang

Table 3. Quality Testing Results Compared with the Liquid Smoke Liquid Smoke Quality Standards Origin Japan

Parameter	A	B	Anova	Standar Kualitas Jepang
Warna	Coklat Kehitaman	Kuning Kecoklatan	-	Kuning-Coklat Kemerahan Pucat – Coklat Kemerahan
Berat Jenis	1,029	1,025	0,0005 ^{ns}	< 1,005
Keasaman (pH)	6	6	-	1,5 – 3,7
Bau	Asap	Asap	-	-
Kadar Asam (%)	2,890	3,086	0,01 ^{ns}	1 – 18%
Transparansi	Keruh, ada suspensi	Keruh, ada suspensi	-	Tidak keruh, tidak ada suspensi

* = Sumber Yatagai (2001)

^{ns} = Tidak berpengaruh nyata

A = Sekam padi kering

B = Sekam padi basah

Hasil pengujian kualitas asap cair yang dihasilkan dari sekam padi kering dan sekam padi basah dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kualitas Asap Cair Sekam Padi

Table 4. Liquid Smoke Testing Results Quality Paddy Husk

Parameter	A	B
Warna	Coklat Kehitaman	Kuning Kecoklatan
Berat Jenis (gr/cm ³)	1,029	1,025
Derajat Keasaman (pH)	6	6
Kadar Asam (%)	2,890	3,086
Bau	Asap	Asap
Transparansi	Keruh, ada suspensi	Keruh, ada suspensi

Keterangan :

A = Sekam padi kering

B = Sekam padi basah

Berat Jenis

Berat jenis asap cair diperoleh dengan perhitungan massa/volume, dimana masa adalah berat asap cair yang diperoleh dengan satuan gram dengan massa satuan Newton dan volumenya dalam satuan ml.

Tabel 5. Analisis Keragaman Berat Jenis Asap Cair Sekam Padi

Table 5. Diversity Analysis of Liquid Smoke Density Paddy Husk

Sk	Db	JK	KT	Fhit	F	
					5%	1%
Perlakuan	1	0	0	0 ^{ns}	7,71	21,2
Galat	4	0,002	0,0005			
Total	5	0,002				

Keterangan : ns = tidak berpengaruh

KK = 2,1%

Berat jenis asap cair sekam padi kering 1,029 gr/cm³, lebih besar dari berat jenis standar Jepang yaitu <1,005 gr/cm³. Sedangkan berat jenis asap cair sekam padi basah 1.025 gr/cm³, nilainya juga lebih besar dari nilai berat jenis standar Jepang. Berat jenis asap cair yang diperoleh dari hasil penelitian menunjukkan kandungan ter yang masih tinggi. Yatagai (2001) mengatakan jika nilai berat jenis yang diukur melebihi cakupan standar kualitas asap cair asap cair asal Jepang, menandakan adanya kandungan ter yang masih tinggi. Hal ini dapat merugikan dalam hal penggunaan sebagai pupuk

tanaman dan pengangkutan asap cair. Kandungan ter yang masih tinggi dapat terlihat pada warna asap cair yang relative gelap dan memiliki bau yang sangat menyengat. Hal ini menandakan perlunya proses penyulingan yang lebih baik. Setelah dilakukan analisis keragaman berat jenis dari kedua perlakuan tersebut menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh karena $F_{hitung} < F_{tabel 5\%}$ dan $< F_{tabel 1\%}$, serta dengan nilai koefisien keragaman sebesar 2,1%.

Kadar Asam

Kadar asam asap cair diketahui dengan menggunakan proses titrasi asam basa. Diketahui bahwa $\text{mol CH}_3\text{COOH} = \text{mol N}_a\text{OH}$ 1M sehingga kadar asam (%) dapat diperoleh.

Tabel 6. Analisis Keragaman Kadar Asam Asap Cair Sekam Padi

Table 6. Diversity Analysis of Liquid Smoke Acid Levels Paddy Husk

Sk	Db	JK	KT	Fhit	F	
					5%	1%
Perlakuan	1	0,018	0,018	0,01 ^{ns}	7,71	21,2
Galat	4	7,304	1,826			
Total	5	7,322				

Keterangan : ns = tidak berpengaruh

KK = 45%

Kadar asam asap cair yang dimiliki dari dua perlakuan yang berbeda, A dan B telah memenuhi standar kualitas Jepang, yaitu lebih dari 1% dan kurang dari 18%. Kadar asam rata-rata untuk perlakuan A (sekam padi kering) yaitu 2,890% sedangkan perlakuan B 3,086%. Kedua perlakuan tersebut setelah dilakukan analisis keragaman dan menunjukkan tidak berpengaruh nyata. Yatagai (2001) mengatakan bahwa kadar asam yang lebih tinggi menghasilkan bau yang lebih kuat.

Warna

Warna asap cair yang dihasilkan dari hasil kondensasi asap pengarangan dengan perlakuan bahan baku yang berbeda memiliki warna yang tidak jauh berbeda. Perlakuan A (sekam padi kering) memiliki warna coklat kehitaman sedangkan

perlakuan B (sekam padi basah) memiliki warna kuning kecoklatan. Menurut Yatagai (2001), hal ini karena polimerisasi yang berlebihan mengakibatkan warna gelap sedangkan warna asap cair yang memenuhi standar kualitas Jepang adalah kuning-coklat kemerahan pucat-coklat kemerahan.

Keasaman (pH)

Keasaman (PH) asap cair pada perlakuan A (sekam padi kering) dan pada perlakuan B (sekam padi basah) tidak menunjukkan hasil yang berbeda. Nilai pH yang didapat pada kedua asap cair tersebut yaitu 6-7. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada sekam padi tidak banyak zat-zat ekstraktif yang terkandung. Fengel dan Wegener (1995) mengatakan bahwa rendahnya nilai keasaman (pH) disebabkan karena memiliki kandungan zat ekstraktif yang tinggi. Zat ekstraktif menghasilkan senyawa-senyawa seperti resin, lemak, lilin, asam lemak, dan alkohol. Terutama adanya resin yang jumlah banyak menghasilkan asam-asam sehingga bias menaikkan keasaman (pH) pada asap cair. Berdasarkan nilai standar Jepang, pH yang sesuai yaitu berkisar antara 1,5 – 3,7.

Bau

Bau dan transparansi asap cair dari kedua perlakuan tidak menunjukkan perbedaan. Bau dominan yang dihasilkan adalah bau asap dari asap cair. Transparansi yang dimiliki kedua perlakuan tersebut adalah keruh dan terdapat suspensi atau endapan. Menurut Yatagai (2001), asap cair memiliki kualitas baik apabila mempunyai bau asap dan tidak mengandung suspensi.

Menurut Yatagai (2001), mutu asap cair bervariasi tergantung pada jenis tempat pengeringan arang, jenis perubahan oleh temperature karbonisasi dan jenis bahan baku yang digunakan. Komponen asap cair ditemukan dalam jumlah yang bervariasi tergantung jenis bahan baku, umur tanaman, sumber bahan baku dan kondisi pertumbuhan seperti iklim dan tanah (Astuti, 2000).

Kualitas asap cair dari faktor keadaan bahan baku (sekam padi kering dan sekam padi basah)

memiliki *grade* 3, hal ini dapat diketahui karena asap cair *grade* 3 ini sangat cocok digunakan untuk penggumpalan karet, pengawetan kayu dan bamboo, serta dapat juga digunakan sebagai koagulan lateks dengan sifat fungsional asap cair pengganti asam formiat, anti jamur, anti bakteri, dan pertahanan terhadap rayap.

Asap cair *grade* 3 (warna coklat pekat) yang diperoleh masih memungkinkan untuk ditingkatkan kualitasnya menjadi *grade* 2 dengan cara destilasi dan kemudian penyaringan dengan zeolit. Untuk memperoleh asap cair *grade* 1 dari asap cair *grade* 2 diperlukan proses destilasi dan penyaringan zeolit kembali yang kemudian dilanjutkan dengan destilasi fraksinasi dan penyaringan karbon aktif.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Rendemen rata-rata pada perlakuan A (sekam padi kering) 46.25% dan rendemen rata-rata pada perlakuan B (sekam padi basah) 49.67%. Kualitas asap cair yang dihasilkan dari sekam padi hanya pada kadar asam saja yang memenuhi standar kualitas asap cair asal Jepang sedangkan parameter lainnya masih belum memenuhi standar kualitas asap cair asal Jepang.

Saran

Perlu penerapan lebih lanjut tentang penelitian asap cair (*liquid smoke*) dari jenis bahan baku yang berbeda seperti tempurung kelapa dan lain-lain. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang perbaikan kualitas asap cair sekam padi. Perlu penelitian lebih lanjut tentang kandungan zat kimia yang terdapat pada asap cair sekam padi.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti. 2000. *Bioshell: Pengawet Alami*. Reform. <http://coconutcenter.blogspot.com>
- Darmaji. 1999. *Bioshell: Pengawet Alami*. Reform. <http://coconutcenter.blogspot.com>
- FAO, 2002. *Wood Vinegar*, Forest Energy Forum. No. 9 FAO of United Nations
- Fengel, D. dan Wegener, 1995. *Kayu Kimia Ultrastruktur Reaksi-Reaksi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hanafiah, K.A. 2004. *Rancangan Percobaan*, Teori dan Aplikasi. Penebar Rajawali. Jakarta.
- Kasmudjo. 1992. *Dasar-dasar Pengolahan Minyak Kayu Putih*. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Nugraha, S. 2008. *Pemanfaatan Sekam sebagai Bahan Bakar Murah*. Informasi Ringkas Balai Besar Penelitian dan Bank Pengetahuan Padi Indonesia. <http://febrynugroho.wordpress.com> (2009/04/03/manfaat-abu-sekam-padi)
- Shu Li, 1999. *Wood vinegar*. Reform. <http://www.sumiworld.com/vinegar.html>(accesed 10 Februari 2016)
- Sisman, C.B., and Gezer, E. 2011. *Effects of rice husk ash on characteristics of the briquette produced for masonry units*. Scientific Research and Essays. 6(4):984-992.
- Wibowo, H., Muhajir, K., Rusianto, T., dan Arbintarso, E. 2008. *Koduktivitas Termal Papan Partikel Sekam Padi*. Jurnal Teknologi Technoscintia Vol. 1 No. 1. 26-30.
- Yatagai, Mitsoyushi. 2001. *Utilization of Charcoal and Wood Vinegar in Japan*. RDCFPT in Cooperation with JCFA, Bogor.