

**POTENSI BAMBU UNTUK PEMANFAATAN SEBAGAI BAHAN BAKAR ARANG
DENGAN METODE PENGARANGAN *RETORT* TUNGKU DRUM**

***POTENTIAL OF BAMBOO FOR CHARCOAL FUEL USING DRUM KILN
RETORT METHOD***

Rais Salim, Budi Tri Cahyana, I Dewa Gede Putra Prabawa, Saibatul Hamdi

Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru
Jl. Panglima Batur No. 2, Banjarbaru, Indonesia
E-mail : raisredz@gmail.com

Diterima : 01-06-2019

Direvisi : 01-07-2019

Disetujui : 05-09-2019

ABSTRAK

Bambu dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif menjadi arang karbon dengan cara pengarangan. Penelitian ini menggunakan sistem pengarangan tipe *retort* tetapi menggunakan tungku drum ganda sebagai tempat pemanas dan pembakarannya. Tulisan ini bertujuan untuk mengukur optimasi proses kinerja alat pengarangan dan mengetahui kualitas arang bambu sebagai bahan bakar yang dihasilkan dengan sistem pengarangan *retort* tungku drum. Jenis bambu yang digunakan pada penelitian ini yaitu bambu betung (*Dendrocalamus asper*) dan bambu ater (*Gigantochloa atter*). Hasil pengukuran kinerja alat kemudian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan berdasarkan literatur dan hasil penelitian sebelumnya sedangkan kualitas arang dibandingkan dengan standar arang sebagai bahan bakar yaitu SNI 01-1683-1989; SNI 01-1682-1996; SNI 01-1506-1989 dan SNI 01-6235-2000. Hasil pengukuran kinerja alat menunjukkan suhu maksimal yang diperoleh adalah 590°C dengan waktu pemanasan 127 menit menghasilkan arang dengan warna hitam merata. Kualitas arang bambu betung dan ater yang diperoleh secara berturut-turut yaitu kadar air bambu betung dan ater 2,87% dan 3,49% (maks. 6-8%); kadar zat mudah menguap 14,64% dan 14,47% (maks. 10-30%); kadar abu 6,65% dan 5,71% (maks. 3-8%); kadar karbon terikat 78,71% dan 79,82% (min. 80%); dan rendemen 31,95% dan 29,14%.

Kata Kunci : Bambu, arang karbon, *retort*, *Dendrocalamus asper*, *Gigantochloa atter*

ABSTRACT

Bamboo can be used as alternative energy in carbon charcoal by carbonization. This research used a retort-type drilling system with a double drum furnace as a place of heating and combustion. The aim of this paper were to measure the optimization process of the casting tool and to analyse the quality of bamboo charcoal that produced by the drum furnace retorting system. In this study betung bamboo (Dendrocalamus asper) and ater bamboo (Gigantochloa atter) were used. The performance of drum kiln retort was analyzed by comparing based on the literature and on the results of previous studies. The quality of charcoal were compared with the standard of charcoal that were SNI 01-1683-1989; SNI 01-1682-1996; SNI 01-1506-1989 and SNI 01-6235-2000. The results showed that the maximum temperature was 590° C and the heating time was 127 minutes resulting charcoal with black color. The quality of betung and ater bamboo charcoal were obtained respectively, water content of betung and ater bamboo was 2.87% and 3.49% (max. 6-8%); volatile matter substances was 14.64% and 14.47% (max. 10-30%); ash content was 6.65% and 5.71% (max. 3-8%); bound carbon content was 78.71% and 79.82% (min. 80%); and the yield was 31.95% and 29.14%.

Keywords : *Bamboo, carbon charcoal, retort, Dendrocalamus asper, Gigantochloa atter*

PENDAHULUAN

Bambu merupakan tanaman yang mudah didapati khususnya di Indonesia. Berdasarkan data statistik produksi kehutanan di Indonesia, produksi batang bambu terus mengalami peningkatan dari 8,647 juta batang pada tahun 2014 naik menjadi 12,060 juta batang pada tahun 2016 ($\geq 70\%$) dan termasuk salah satu penyumbang produksi hasil hutan non kayu terbesar di Indonesia dengan daerah persebaran terbesar meliputi Bali dan Nusa Tenggara, Jawa, Sumatera dan Sulawesi (Badan Pusat Statistik, 2014; 2015; 2016). Bambu pada umumnya memiliki kecepatan tumbuh hingga 10 cm per hari dengan beberapa jenis bambu mampu tumbuh hingga 5 cm per jam (Sridhara and Rajendran, 2009). Selain itu, bambu membutuhkan ruang tumbuh yang minim sehingga tergolong ke dalam tanaman biomassa yang mampu memproduksi 20-30 ton bambu per hektarnya (Handoko et al., 2015). Potensi biomassa bambu yang cukup melimpah ini belum banyak dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan padahal kedepan pengembangan energi terbarukan yang berasal dari biomassa sangat prospektif.

Ditinjau dari data komposisi kimianya, bambu mengandung beberapa unsur karbon penting antara lain Holoselulosa 73,32-83,8%, Lignin 30,01-36,88%, Abu 1,89-4,63% dan SiO_2 0,01-3,51% (Fatriasari dan Hermiati, 2008). Berdasarkan analisis proksimat dan ultimat, bambu yang telah mengalami proses pemanasan dan perlakuan suhu dapat menaikkan kualitas bambu sebagai bahan bakar. Menurut Azhar dan Rustamaji (2009), bambu yang dipanaskan pada suhu 200-300°C dapat menurunkan kadar zat mudah menguap dan meningkatkan persentase kandungan karbon dan hidrogen serta menurunkan kadar oksigen sehingga menghasilkan penurunan rasio O/C yang memiliki peranan penting pada peningkatan nilai bakar biomassa bambu. Unsur karbon (C) dan Hidrogen (H) dalam biomassa bambu adalah zat yang reaktif, mudah terbakar, dan dapat menghasilkan energi dalam bentuk panas ketika bereaksi dengan oksigen (Iskandar dan Poerwanto, 2015). Bambu sebagai biomassa dapat dijadikan energi alternatif sebagai bahan bakar padat. Menurut Azhar dan Rustamaji (2009), biomassa bambu diharapkan memiliki kerapatan potensi energi (banyaknya potensi energi per satu satuan volume biomassa) dan nilai bakar yang tinggi. Dengan demikian, untuk dapat memanfaatkan bambu sebagai energi alternatif maka diperlukan perlakuan perubahan bentuk bambu menjadi arang karbon atau bio-arang dengan cara pengarangan atau karbonisasi.

Pembuatan arang dapat dilakukan dengan menggunakan proses tradisional yaitu penimbunan dengan tanah atau di dalam ruangan yang terbuat dari dinding bata, beton, dan juga besi dengan *retort* ataupun *kiln* (tungku drum). *Kiln* (tungku drum) telah banyak digunakan masyarakat pada umumnya ditujukan untuk pengarangan serpihan kayu, kulit kayu, dan juga limbah industri perkayuan. Menurut Salim (2016), metode pengarangan campuran dengan menggunakan tungku drum apabila dibandingkan dengan metode pengarangan tradisional menghasilkan kualitas arang yang lebih baik. Secara umum ada dua tipe alat produksi arang yang dibedakan berdasarkan pada perbedaan pemberian energi panas yaitu tipe *kiln* (tungku drum) dan tipe *retort*. Pada tipe *kiln*, energi panas diperoleh dari pembakaran sebagian bahan baku sedangkan pada tipe *retort* energi panas diberikan dari luar sistem. Seiring dengan perkembangan teknologi, *kiln* kemudian banyak dirancang dengan menggunakan logam yang bisa dengan menggunakan *drum* bekas yang dilubangi dan juga plat logam yang dibentuk silinder (Komarayati et al., 2011). Penelitian ini menggunakan sistem pengarangan tipe *retort* tetapi menggunakan tungku drum ganda sebagai tempat pemanas dan pembakarannya.

Tulisan ini bertujuan untuk mengetahui kualitas dan karakteristik arang bambu sebagai bahan bakar yang dihasilkan dengan sistem pengarangan *retort* tungku drum serta mengukur optimasi proses kinerja alat pengarangan tersebut.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *calorimeter bomb* untuk penentuan nilai kalor, oven, neraca analitik, tanur, desikator, cawan porselen, kaca arloji dan bahan bakar gas (*LPG*) serta tungku drum dari bahan pelat *stainless steel* berbahan bakar gas (*LPG*) dengan ukuran diameter 70 cm dan tinggi 80 cm (gambar 1) dan *retort* drum bahan bambu dengan ukuran diameter 50 cm dan tinggi 60 cm (gambar 2). Drum pemanas dilengkapi sistem pemanas bahan bakar gas 12 titik api (*burner*). Bahan baku bambu yang digunakan dalam penelitian adalah bambu betung (*Dendrocalamus asper* Schult. Backer) dan bambu ater (*Gigantochloa atter* Hassk. Kurz).

Metode

Persiapan Sampel dan Proses Pengarangan

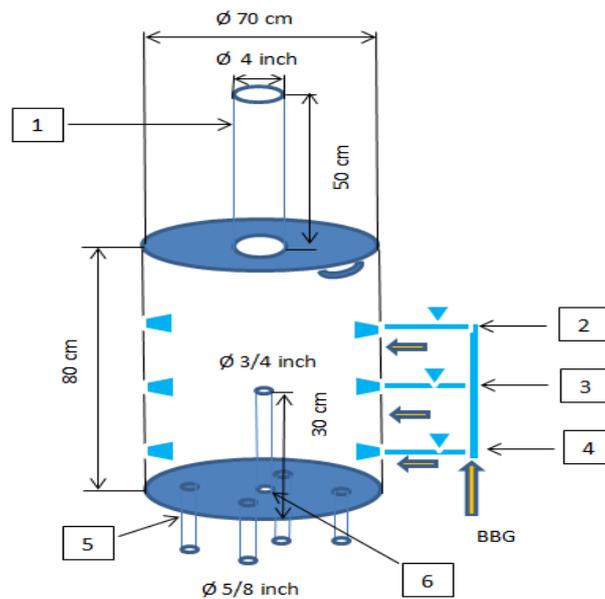
Sampel batang bambu dipotong kemudian dibelah dalam bentuk bilah dan dikeringkan sampai dengan kadar air 15%. Ukuran panjang bilah bambu disesuaikan dengan dimensi ruang *retort* drum yaitu dengan ukuran 50 cm. Bilah-bilah bambu tersebut kemudian dimasukkan kedalam *retort* drum sebanyak 24 kg. *Retort* drum yang telah penuh kemudian ditutup dan dimasukkan kedalam tungku drum pemanas untuk proses pengarangan pada suhu $\geq 500^{\circ}\text{C}$. Baut yang berada pada pinggir tutup tungku drum pemanas dikencangkan. Tungku drum kemudian dinyalakan dengan memutar *knob* secara perlahan sebanyak enam titik api yaitu dari baris bawah pertama dan kedua secara berurutan dari bawah keatas. Penutup tungku drum dilengkapi dengan cerobong asap agar asa phasil pembakaran yang keluar dari dalam *retort* berjalan lebih terarah. Selain itu, di bagian bawah *retort* dibuat lubang ukuran diameter 5-8 inci sebagai tempat keluarnya destilat cair bambu tersebut. Proses pengarangan dianggap selesai apabila asap yang keluar dari cerobong asap tungku drum pemanas sudah tipis dan berwarna jernih. Langkah selanjutnya adalah proses pendinginan arang yang umumnya dilakukan selama 5 jam.

Pengujian Kualitas Arang

Pengujian kualitas arang bambu meliputi perhitungan kadar air, kadar zat menguap, kadar karbon terikat dan kadar abu mengikuti SNI 01-1683-1989; SNI 01-1682-1996; SNI 01-1506-1989 dan SNI 01-6235-2000 dalam penggunaannya sebagai bahan bakar dan dilakukan secara triplo (3 kali ulangan).

Analisis Data

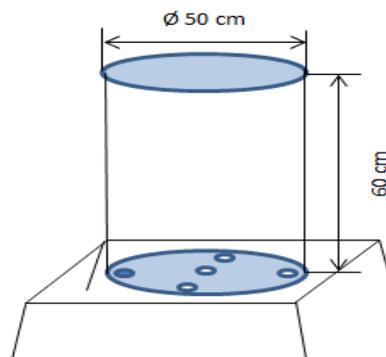
Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan kinerja alat pengarangan berdasarkan literatur dan hasil penelitian sebelumnya sedangkan pengujian karakter dan kualitas arang menggunakan tiga kali ulangan dan hasilnya kemudian akan dianalisis secara deskriptif dan dibandingkan dengan standar SNI jenis dan penggunaan arang sebagai bahan bakar. Standar penilaian kualitas arang kayu dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Tungku Drum Pemanas

Keterangan :

1. Cerobong panas gas
2. Kompur gas tingkat 3
3. Kompur gas tingkat 2
4. Kompur gas tingkat 1
5. Lubang uap panas bahan arang
6. Pengontrol suhu



Gambar 2. Retort Drum

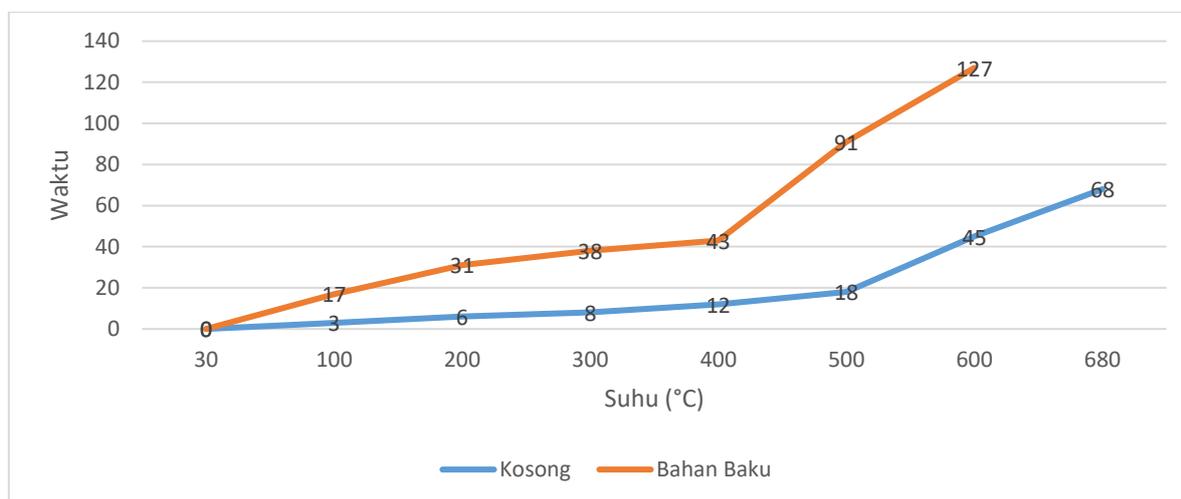
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Optimasi Proses

Variabel suhu dan waktu dilakukan untuk mengetahui optimasi proses kinerja alat. Hasil uji optimasi suhu maksimal yang diperoleh alat pengarang *retort* tungku drum tanpa bahan dan dengan bahan baku bambu ditunjukkan pada Gambar 3.

Pengujian prototipe alat pengarang dilakukan untuk mendapatkan suhu maksimal yang dapat dicapai dan waktu yang dibutuhkan. Pada pemanasan dalam kondisi kosong, diperoleh suhu maksimal 680°C dalam waktu 68 menit (≥ 1 jam). Pengujian kinerja prototipe dalam proses pirolisis diuji melalui proses pengarang bahan bambu dengan kapasitas maksimal 24 kg. Hasil pengamatan pengarang *retort* tungku drum bambu menunjukkan bahwa asap hasil pemanasan mulai keluar pada suhu 100°C pada menit ke 17 dan seterusnya

berlanjut hingga mencapai suhu maksimal sebesar 590°C dengan waktu pemanasan hingga mencapai 127 menit (≥ 2 jam). Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja alat pengarang hanya membutuhkan tambahan waktu 1 jam untuk mengubah bambu menjadi arang jika dibandingkan dengan tanpa bahan (pirolisis kosong) tetapi dengan suhu yang lebih rendah (Gambar 3). Pada kondisi suhu mencapai 590°C, asap hasil proses pengarang bambu mulai habis dan menandakan proses pengarang telah selesai. Kondisi fisik arang bambu yang dihasilkan secara keseluruhan memiliki warna hitam merata.



Gambar 3. Perbandingan capaian suhu dan waktu optimu malat pengarang retort tungku drum dalam kondisi kosong (tanpa bahan) dan dengan bahan bambu

Kualitas arang yang dihasilkan dapat ditentukan oleh pengaruh suhu dan waktu yang digunakan pada saat proses karbonisasi (Siahaan et al., 2013). Menurut Fauziah (2009), proses karbonisasi yang baik adalah lama (proses) pengarang harus berbanding lurus dengan suhu yang tinggi. Hal ini disebabkan karena untuk mengubah bentuk biomassa bambu menjadi arang dibutuhkan suhu tinggi untuk menguraikan komponen kimia bambu yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin sehingga yang tersisa dari biomassa tersebut hanya berupa karbon. Pada suhu 200-240°C senyawa yang terdegradasi adalah selulosa dan hemiselulosa sedangkan lignin terurai pada suhu di kisaran 400-500°C (Girard, 1992). Hal ini sudah sesuai dengan suhu optimum alat pengarang yang didapat pada penelitian ini adalah $>500^{\circ}\text{C}$ dengan rentang waktu pengarang 2 jam lebih.

Metode *retort* ini juga menunjukkan kinerja yang jauh lebih baik dibandingkan tungku pengarang tradisional (timbun tanah) dan tungku pengarang drum. Menurut Suheryanto (2016), pengarang dengan bahan baku bambu (kadar air 15%) menggunakan tungku pengarang tradisional (timbun tanah) rata-rata suhu yang dapat dicapai hanya 107,4 °C dalam waktu 5 jam dengan tingkat keberhasilan pengarang rata-rata 73% sedangkan tungku pengarang drum (timbun tanah), suhu rata-rata yang dapat dicapai 112,8 °C dalam waktu 3,5 jam dengan tingkat keberhasilan pengarang sebesar 81%. Selain itu, sistem pengarang campuran *kiln* drum dengan menggunakan bahan baku kayu menunjukkan durasi waktu pengarang yang lebih panjang lagi yaitu sekitar 1 hari (20-24 jam) dengan suhu optimum 450°C (Irundu, 2010; Salim, 2016).

Analisis kinerja alat dilakukan melalui uji coba proses pengarang bambu betung (*Dendrocalamus asper* Schult. Backer) dengan kadar air rata-rata 15%. Lama proses pengarang sangat dipengaruhi oleh kandungan air dari bahan baku. Hal ini berdampak pada besarnya energi yang diperlukan dalam mengubah bahan baku menjadi arang. Proses pengarang juga dipengaruhi oleh ruang pengarang dalam drum. Semakin rapat kondisi

bahan baku, semakin lama pula waktu yang dibutuhkan dalam proses pengarangan. Selain itu, bentuk dan ukuran bilah yang lebih kecil memberikan hasil yang lebih merata dikarenakan luas permukaan pengarangan menjadi semakin besar. Kapasitas maksimal bahan baku bambu dalam satu kali proses pengarangan adalah 24 kg.

Kualitas Arang

Parameter yang diamati meliputi kadar air, kadar zat menguap, kadar abu, kadar karbon terikat dan rendemen untuk menentukan kualitas arang sebagai bahan bakar. Hasil pengujian kualitas arang dari dua jenis bambu dalam penelitian ini kemudian dibandingkan dengan SNI arang sebagai bahan bakar merujuk pada perbandingan yang dilakukan oleh Hastuti et al. (2015). Hasil pengujian kualitas arang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kualitas arang dua jenis bambu dan perbandingannya dengan SNI arang untuk penggunaan sebagai bahan bakar

Parameter	Bambu Betung	Bambu Ater	SNI 01-1683-1989 (Arang Kayu)	SNI 01-1682-1996 (Arang Tempurung Kelapa)	SNI 01-1506-1989 (Arang Kayu Peleburan Logam)	SNI 01-6235-2000 (Briket Arang Kayu)
Kadar Air (%)	2,87±0,106	3,49±0,04	Maks. 6	Maks. 6	Maks. 6	Maks. 8
Kadar Zat Menguap (%)	14,64±0,390	14,47±0,422	Maks. 30	Maks. 15	Maks. 10	Maks. 15
Kadar Abu (%)	6,65±0,05	5,71±0,2	Maks. 4	Maks. 3	Maks. 4	Maks. 8
Kadar Karbon Terikat (%)	78,71	79,82	-	-	Min. 80	-
Rendemen (%)	31,95	29,14	-	-	-	-

Keterangan : (-) tidak tersedia informasi dalam standar

Kadar Air

Kadar air arang adalah jumlah air yang terdapat dalam arang sampai keseimbangan kadar air tercapai sesuai dengan keadaan udara disekitarnya. Berdasarkan tabel 1, dapat dilihat bahwa kadar air arang bambu ater (*G. atter*) sebesar 3,49% dan kadar air arang bambu betung (*D. asper*) yaitu 2,87%. Kadar air arang bambu ater lebih tinggi dibandingkan dengan arang bambu betung. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan berat jenis kedua bambu tersebut. Berat jenis bambu betung pada penelitian ini adalah 0,83 lebih tinggi dibandingkan bambu ater yaitu 0,62. Menurut Damanik (2009), semakin tinggi berat jenis bahan semakin rendah kemampuan air menyerap kedalam bahan arang tersebut. Hal ini berakibat pada kemampuan arang tersebut menyerap dan mengeluarkan air (sifat higroskopis dan porositas dari arang) terhadap lingkungan sekitar sehingga tercapai kadar air kesetimbangan (Maulana et al., 2017).

Kadar air arang yang didapat dari hasil penelitian ini lebih baik dari kadar air arang yang diperoleh dari pembuatan arang dengan menggunakan tipe *kiln*. Penelitian pembuatan arang dengan metode *kiln* menghasilkan kadar air arang kayu lamtoro (BJ 0,85) sebesar 5,44% (Damanik, 2009; Irundu, 2010) dan arang kayu jati (BJ 0,67) sebesar 3,93% (Martawijaya et

al., 2005; Salim, 2016). Rendahnya kadar air yang diperoleh pada penelitian ini kemungkinan disebabkan oleh suhu pengarangan yang lebih tinggi yaitu berkisar 400-590°C sedangkan pada metode *kiln*, suhu pengarangan hanya berkisar 400-450°C. Menurut Purwanto (2011), semakin tinggi suhu pengarangan semakin rendah kadar air arang yang dihasilkan karena kadar air didalam dinding dan rongga-rongga sel dalam bahan semakin banyak menguap.

Kadar air arang berpengaruh terhadap mudah tidaknya arang terbakar sehingga kadar air diharapkan serendah mungkin agar tidak menghambat dalam penyalaan dan tidak mengeluarkan asap (Putra et al., 2013). Selain itu, kadar air arang dapat mempengaruhi nilai kalor arang yang dimiliki oleh arang. Semakin rendah kadar air arang, semakin tinggi nilai kalor arang karena dengan rendahnya kadar air maka kalor yang dibutuhkan untuk menguapkan air juga sedikit sehingga energi kalor yang tersisa pada arang akan semakin besar (Harimurti dan Adiwibowo, 2015). Pada umumnya kadar air arang dua jenis bambu ini telah memenuhi semua standar SNI arang.

Kadar Zat Mudah Menguap

Kadar zat mudah menguap (*volatile matter*) adalah zat yang menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa-senyawa yang masih terdapat di dalam arang selain air. Tujuan penetapan kadar zat mudah menguap adalah untuk mengetahui kandungan senyawa yang belum menguap pada proses karbonisasi tetapi menguap pada suhu 950°C. Berdasarkan Tabel 1, nilai rata-rata kadar kadar zat mudah menguap bambu betung adalah 14,64% dan bambu ater adalah 14,47%. Menurut Ristianingsih et al.(2015), kadar zat mudah menguap berbeda-beda untuk setiap bahan karena dipengaruhi oleh zat-zat mudah menguap yang terkandung dari bahan tersebut. Kadar zat mudah menguap umumnya terdiri dari gas mudah terbakar seperti *methane*, *hydrocarbons*, *hydrogen* dan *carbon monoxide*, dan gas tidak mudah terbakar seperti *carbon dioxide* dan *nitrogen*. Hal ini berarti berarti zat mudah menguap dapat memudahkan proses pembakaran arang atau sebaliknya tergantung pada komposisi zat yang dikandungnya apakah bersifat mudah terbakar atau tidak (Yuliah et al., 2017).

Nilai kadar zat mudah menguap pada metode *kiln* dengan bahan kayu jati lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai kadar zat mudah menguap pada penelitian ini yaitu 16,57% (Salim, 2016). Hal ini disebabkan oleh suhu pengarangan pada metode *kiln* tersebut hanya berkisar 400-450°C jauh lebih rendah jika dibandingkan suhu tungku *retort* pada penelitian ini yang mencapai suhu 590°C. Menurut Maryono et al.(2013), semakin tinggi suhu karbonisasi menyebabkan proses karbonisasi dalam tungku berjalan sempurna sehingga banyak kadar zat mudah menguap yang terbuang dalam arang seperti CO, CO₂, H₂, CH₄ dan H₂O sehingga pada saat pengujian akan diperoleh kadar zat mudah menguap yang rendah.

Tinggi rendahnya kadar zat mudah menguap akan mempengaruhi karakteristik pembakaran. Kadar zat mudah menguap yang rendah menyebabkan bahan akan makin sulit terbakar sedangkan kadar zat mudah menguap yang tinggi akan menyebabkan bahan menjadi cepat terbakar dan banyak kehilangan berat akibat gas-gas yang terbentuk dari penguraian lignin (Lusyiani, 2011). Selain itu, banyaknya kadar zat mudah menguap yang terkandung didalam arang menyebabkan kandungan karbon akan semakin rendah sehingga nilai kalor yang dihasilkan juga akan semakin rendah rendah(Surono(Surono, 2010). Menurut Suyitno dan Istanto (2005), biomassa memiliki sifat volatil yang lebih tinggi dibandingkan dengan batubara sebagai bahan bakar yaitu >50%. Dengan demikian proses pengubahan biomassa bambu menjadi arang diharapkan dapat menyamai sifat volatil batubara sebagai bahan bakar (<50%).Hal ini karena sifat volatil seperti pada batubara dapat membantu dalam penyalaan serta berbanding lurus dengan peningkatan panjang nyala api (Rahman, 2010). Secara keseluruhan,kadar zat mudah menguap arang kedua jenis bambu pada penelitian ini telah memenuhi semua standar SNI kecuali pada penggunaan arang untuk peleburan logam (maks. 10%).

Kadar Abu

Kadar abu menunjukkan fraksi anorganik dari sisa hasil pembakaran suatu bahan organik dan berhubungan dengan kandungan mineral suatu bahan biomassa. Berdasarkan Tabel 1, nilai rata-rata kadar kadar abu arang bambu betung adalah 6,65% sedangkan arang bambu ater adalah 5,71%. Berdasarkan SNI, arang bambu belum memenuhi syarat sebagai bahan bakar karena syarat mutu arang harus maks. 4%. Perbedaan kadar abu arang dapat disebabkan oleh perbedaan kandungan mineral yang terdapat pada bambu yang tidak terdestruksi pada proses pengarangan (Sahara et al., 2017). Kandungan mineral seperti CH_3COOH , SiO_2 , aldehida, keton, silika, ester, nitrogen, sulfur dan logam yang terdapat didalam biomassa berligno selulosa yang tidak menguap pada proses pengabuan maka akan menyebabkan kadar abu yang semakin meningkat (Thamrin 2010; Febrero et al., 2015; Saleh et al., 2017).

Kadar abu yang tinggi mempengaruhi kadar karbon terikat pada arang bambu karena fraksi organik dalam arang tersebut semakin menurun sehingga akhirnya dapat menurunkan nilai kalor pada arang bambu (Hastuti et al., 2015). Semakin rendah kadar abu maka kualitas arang akan semakin baik karena kadar abu yang tinggi menyebabkan penumpukan abu dan penyumbatan pori-pori pada arang, sehingga luas permukaan arang menjadi berkurang yang kemudian dapat memperlambat proses pembakaran serta menurunkan nilai kalor arang (Purwanto, 2011; Poddar et al., 2014). Menurut Rahayu dan Purnavita (2008), abu yang terkandung dalam bahan bakar padat adalah mineral yang tidak dapat terbakar yang tertinggal setelah proses pirolisis dan reaksi-reaksi yang menyertainya sehingga semakin tinggi kadar abu pada arang maka akan semakin menurunkan efektivitas dan efisiensi arang sebagai bahan bakar karena terjadinya penurunan nilai kalor arang.

Nilai kadar abu pada metode *kiln* dengan bahan kayu lamtoro (BJ 0,85) lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai kadar abu arang bambu betung (BJ 0,83) pada penelitian ini yaitu 0,39% (Irundu, 2010). Hal ini kemungkinan disebabkan suhu pengarangan yang lebih rendah pada metode *kiln* (400°C-450°C) dibandingkan suhu tungku pada penelitian ini (>500°C). Menurut Utami et al. (2015), nilai kadar abu tertinggi terdapat setelah bahan dipanaskan pada suhu 500°C-600°C seperti kalsium, kalium, magnesium dan besi. Secara keseluruhan kadar abu kedua jenis arang bambu pada penelitian ini belum memenuhi semua standar SNI kecuali pada penggunaan arang untuk briket arang (maks. 8%). Menurut Saleh et al. (2017), salah satu unsur penyusun abu adalah silika yang memiliki pengaruh kurang baik terhadap nilai kalor arang yang dihasilkan. Bambu termasuk salah satu tanaman yang memiliki komponen kimia silika di dalam batangnya. Kadar silika bambu betung adalah 0,38% sedangkan bambu ater yaitu 0,64% (Sutardi et al., 2015: 36).

Kadar Karbon Terikat

Penentuan kadar karbon terikat dilakukan untuk mengetahui kandungan karbon setelah proses pirolisis. Berdasarkan tabel 1, kadar karbon terikat arang bambu ater sebesar 79,82% lebih tinggi jika dibandingkan kadar karbon terikat arang bambu betung sebesar 78,71%. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kadar abu kedua jenis bambu ini dimana kadar abu bambu betung sebesar 10,89% sedangkan bambu ater hanya sebesar 1,40% (Sutardi et al., 2015: 36), meskipun jika dilihat dari berat jenisnya, bambu betung memiliki berat jenis yang lebih tinggi daripada bambu ater. Menurut Braadbaart et al. (2012), kadar abu yang tinggi menyebabkan fraksi organik di dalam kayu semakin berkurang sehingga menurunkan nilai kadar karbon terikat arang. Selain itu, kadar karbon terikat dapat dipengaruhi oleh nilai kadar zat mudah menguap dan senyawa hidrokarbon yang masih menempel di permukaan arang, meskipun kadar karbon akan tetap bernilai tinggi jika kadar zat mudah menguapnya berkurang (Saleh et al., 2017).

Tinggi rendahnya kadar karbon terikat arang akan mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai kadar karbon terikat maka semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan dan begitupun juga sebaliknya (Putri dan Andasuryani, 2017). Besar kecilnya jumlah karbon terikat akan mempengaruhi kecepatan pembakaran. Arang dengan kadar karbon terikat yang tinggi akan lebih lama terbakar dan menghasilkan nilai kalor yang tinggi bila dibandingkan dengan arang yang memiliki karbon sisa yang rendah (Lusyiani, 2011). Pada umumnya, semakin tinggi kadar karbon terikat maka semakin baik pula kualitas arang yang dihasilkan karena kadar karbon terikat akan menghasilkan arang yang minim asap pada saat pembakaran (Saleh et al., 2017).

Nilai kadar karbon terikat pada metode *kiln* dengan bahan kayu jati (BJ 0,70) lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai kadar karbon terikat arang bambu betung (BJ 0,83) pada penelitian ini yaitu 80,18% (Salim, 2016). Hal ini kemungkinan disebabkan suhu tungku *retort* pada penelitian ini telah mencapai batas suhu dan waktu optimal untuk dapat menguraikan mineral-mineral bambu menjadi kadar abu yang lebih tinggi sehingga menurunkan nilai karbon pada kedua jenis bahan bambu tersebut. Secara pemanfaatan arang untuk bahan energi, kadar karbon terikat kedua jenis arang bambu pada penelitian ini belum memenuhi standar SNI untuk peleburan logam (min. 80%).

Rendemen

Penetapan rendemen bertujuan untuk mengetahui jumlah arang yang dihasilkan setelah melalui proses karbonisasi. Berdasarkan tabel 1, dapat dilihat bahwa nilai rendemen arang bambu betung adalah 31,95% dan bambu ater adalah 29,14% dengan waktu pengarangan 1 jam ± 30 menit. Perbedaan nilai rendemen arang dari kedua bambu tersebut disebabkan oleh perbedaan nilai berat jenis kedua bahan. Menurut Komarayati et al. (2011), bahan dengan berat jenis tinggi lebih kompak dan padat sehingga lebih tahan terdegradasi oleh panas pengarangan sehingga menyebabkan rendemen arang lebih tinggi. Berat jenis bambu betung adalah 0,83 lebih tinggi dari bambu ater yaitu 0,62.

Nilai rendemen arang yang didapatkan dari kedua bahan bambu tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai rendemen arang dengan metode tungku drum. Hasil penelitian arang kayu jati (BJ 0,67) dengan metode tungku drum menghasilkan rendemen 21,33% (Salim, 2016) sedangkan pengarangan kayu lamtoro (BJ 0,85) dengan metode yang sama menghasilkan rendemen yaitu 23,85% (Irundu, 2010). Hal ini kemungkinan disebabkan karena pada pengarangan tungku drum, energi panas diperoleh dari pembakaran sebagian bahan baku sehingga kemungkinan proses pembakaran didalam tungku drum masih dapat terjadi dan kadang menjadi tidak terkendali akibat masih adanya oksigen (udara) yang masuk sehingga bahan menjadi terbakar dan menjadi arang akan terus terbakar mengikuti bahan yang belum terbakar dan akhirnya sebagian bahan baku yang terbakar tersebut berubah menjadi abu dan menurunkan nilai rendemen arang. Menurut Hadi (2011), tahapan paling penting dan paling memengaruhi rendemen arang adalah proses pembakaran didalam tungku drum. Pada tipe *retort* energi panas yang dihasilkan berasal dari luar sistem dan pembakaran tidak bersentuhan langsung dengan bahan baku didalam drum tetapi hanya berupa pemanasan dari luar sehingga keadaan suhu dalam drum menjadi relatif lebih stabil dan merata sampai kemudian senyawa-senyawa organik bahan didalam tungku drum tersebut perlahan-lahan terdegradasi dan berubah menjadi karbon (arang). Menurut Nurhayati (2000), rendemen arang yang dihasilkan dari tungku dengan cara pembakaran langsung pada bahan lebih rendah dibandingkan dengan pembakaran bahan secara tidak langsung (destilasi kering).

KESIMPULAN DAN SARAN

Metode pengarangan *retort* apabila dibandingkan dengan metode pengarangan lainnya menunjukkan kinerja yang optimal serta efisiensi waktu yang jauh lebih baik daripada tungku

pengarangan tradisional (timbun tanah) dan tipe *kiln* (pembakaran langsung bahan baku dalam drum). Berdasarkan hasil pengukuran kinerja alat pengarangan *retort* tungku drum menghasilkan suhu optimal sebesar 590°C dengan lama waktu pemanasan 127 menit menghasilkan arang dengan kualitas warna hitam merata serta menghasilkan arang yang lebih baik pada sifat kadar air, kadar zat mudah menguap dan rendemen.

Berdasarkan pengukuran kualitas arang sebagai bahan bakar, bambu betung dan bambu ater memiliki potensi sebagai sumber energi alternatif untuk pemanfaatan menjadi bahan bakar arang. Kualitas arang bambu betung dan bambu ater jika dibandingkan dengan standar SNI arang sebagai bahan bakar maka kadar air masing-masing arang yaitu 2,87% dan 3,94% telah memenuhi semua standar SNI (maks. 6%), kadar zat mudah menguap sebesar 14,64% dan 14,47% telah memenuhi standar SNI (maks. 15-30%) kecuali pada penggunaan arang sebagai pelebur logam (maks. 10%), kadar abu sebesar 6,65% dan 5,71% belum memenuhi standar SNI (maks. 3-4%) kecuali pada briket arang kayu telah memenuhi syarat (maks. 8%), kadar karbon terikat sebesar 78,71% dan 79,82% belum memenuhi standar arang untuk peleburan logam (min. 80%) dan rendemen arang masing-masing bambu sebesar 31,95% dan 29,14%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Ir. Fatmir Edwar, M.P., Bapak Anhar Firdaus, S.T., dan Ibu Endang Sriningsih yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, dan bantuan dalam menyelesaikan penelitian ini serta kepada semua pihak yang dapat bekerjasama dan membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhar dan H. Rustamaji. 2009. Bahan Bakar Padat dari Biomassa Bambu dengan Proses Torefaksi dan Densifikasi. *Jurnal Rekayasa Proses* 3(2): 26–29.
- Badan Pusat Statistik. 2015. Statistik Produksi Kehutanan 2014. Oktober. BPS. Jakarta
- . 2016. Statistik Produksi Kehutanan 2015. Oktober. BPS. Jakarta
- . 2017. Statistik Produksi Kehutanan 2016. November. BPS. Jakarta
- Braadbaart, F., I. Poole, H. D. J. Huisman, dan B. Van Os. 2012. Fuel, Fire and Heat: An experimental approach to highlight the potential of studying ash and char remains from archaeological contexts. *Journal of Archaeological Science* 39(4): 836–847.
- Damanik, S. E. 2009. Studi Sifat Hasil Pembakaran Arang dari Enam Jenis Kayu. *Jurnal Habonaron do Bona* 2(2): 1-6.
- Fatriasari, W. dan E. Hermiati. 2008. Analisis Morfologi Serat dan Sifat Fisis-Kimia pada Enam Jenis Bambu sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 1(2): 67–72.
- Fauziah, N. 2009. Pembuatan Arang Aktif Secara Langsung dari Kulit *Acacia mangium* Wild dengan Aktivasi Fisika dan Aplikasinya sebagai *Adsorben*. *Skripsi*. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Febrero, L., E. Granada, A. Regueiro, dan J. L. Miguez. 2015. Influence of Combustion Parameters on Fouling Composition after Wood Pellet Burning in a Lab-Scale Low-Power Boiler. *Energies* 8: 9794–9816.
- Girard, J. P. 1992. *Technology Meat & Meat Products*. Ellis Horwood Ltd. New York.
- Hadi, R. 2011. Sosialisasi Teknik Pembuatan Arang Tempurung Kelapa dengan Pembakaran Sistem Suplai Udara Terkendali. *Buletin Teknik Pertanian* 16(2): 77–80.
- Handoko, E. B., A. Maurina, Budianastas, R. Gustin, B. Sudira, dan J. Priscila. 2015. Peningkatan Durabilitas Bambu Sebagai Komponen Konstruksi Melalui Desain Bangunan dan Preservasi Material. *Research Report*. LPPM Universitas Katolik Parahyangan. Bandung.

- Harimurti, G. dan P. H. Adiwibowo. 2015. Pembuatan Biobriket dari Campuran Batok Kelapa Muda dan Bonggol Bambu Menggunakan Perekat Tetes Tebu. *Jurnal Teknik Mesin* 03(3): 152–159.
- Hastuti, N., G. Pari, D. Setiawan, Mahpudin, dan Saepuloh. 2015. Kualitas Arang Enam Jenis Kayu Asal Jawa Barat Sebagai Produk Destilasi Kering. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 33(4): 337–346.
- Irundu, D. 2010. Kualitas Arang Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) pada Metode Pengarangan Campuran dengan Menggunakan Kiln Drum. *Skripsi*. Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Iskandar, T. dan H. Poerwanto. 2015. Identifikasi Nilai Kalor dan Waktu Nyala Hasil Kombinasi Ukuran Partikel dan Kuat Tekan pada Bio-Briket dari Bambu. *Jurnal Teknik Kimia* 9(2): 33–37.
- Komarayati, S., Gusmailina, dan G. Pari. 2011. Produksi Cuka Kayu Hasil Modifikasi Tungku Arang Terpadu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 29(3): 234–247.
- Lusyiani. 2011. Analisis Sifat Fisik dan Kimia Briket Arang dari Campuran Kayu Galam (*Melaleuca leucadendron* Linn) dan Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana* Wild). *Jurnal Hutan Tropis* 12(32): 186–194.
- Martawijaya, A., I. Kartasujana, K. Kadir, dan S. A. Prawira. 2005. *Atlas Kayu Indonesia*. Jilid I. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Maryono, Sudding, dan Rahmawati. 2013. Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji. *Jurnal Chemica* 14(1): 74–83.
- Maulana, G. G. R., L. Agustina, dan Susi. 2017. Proses Aktivasi Arang Aktif dari Cangkang Kemiri (*Aleurites moluccana*) dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi Aktivator Kimia. *Jurnal Zira'ah* 42(3): 247–256.
- Nurhayati, T. 2000. Sifat Destilat Hasil Destilasi Kering 4 Jenis Kayu dan Kemungkinan Pemanfaatannya Sebagai Pestisida. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 17(3): 160–168.
- Poddar, S., M. Kamruzzaman, S. M. A. Sujan, M. Hossain, M. S. Jamal, M. A. Gafur dan M. Khanam. 2014. Effect of Compression Pressure on Lignocellulosic Biomass Pellet to Improve Fuel Properties : Higher Heating Value. *Fuel* 131 (2014): 43–48.
- Purwanto, D. 2011. Arang dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 29(1): 57–66.
- Putra, H. P., M. Mokodompit, dan A. P. Kuntari. 2013. Studi Karakteristik Briket Berbahan Dasar Limbah Bambu dengan Menggunakan Perekat Nasi. *Jurnal Teknologi* 6(2): 116–123.
- Putri, R. E. dan Andasuryani. 2017. Studi Mutu Briket Arang dengan Bahan Baku Limbah Biomassa. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas* 21(2): 143–151.
- Rahayu, S. S. dan Purnavita, S. 2008. *Kimia Industri - Untuk SMK*. Jilid Kedua. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta.
- Rahman, A. 2018. Karakteristik Bahan Bakar Biomassa Jenis Tandan Kosong, Cangkang, dan Serat Kelapa Sawit serta Pengaruh Timbulnya Pengotoran Alat Penukar Kalor pada Ketel Uap. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Ristianingsih, Y., A. Ulfa, dan R. Syafitri. 2015. Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Perekat Terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Pirolisis. *Konversi* 4(2): 16–22.
- Sahara, E., W. D. Sulihingtyas, dan I.P.A.S. Mahardika. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) yang Diaktivasi dengan H₃PO₄. *Jurnal Kimia* 11(1): 1–9.
- Saleh, A., I. Novianty, S. Murni, dan A. Nurrahma. 2017. Analisis Kualitas Briket Serbuk Gergaji Kayu dengan Penambahan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Al-Kimia* 5(1): 21–30.
- Salim, R. 2016. Karakteristik dan Mutu Arang Kayu Jati (*Tectona grandis*) dengan Sistem

- Pengarangan Campuran pada Metode Tungku Drum. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* 8(2): 53–64.
- Siahaan, S., M. Hutapea, dan R. Hasibuan. 2013. Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi. *Jurnal Teknik Kimia* 2(1): 26–30.
- Sridhara, S. dan T. P. Rajendran. 2009. *Bamboo Flowering and Rodent Outbreaks*. Scientific Publishers. Jodhpur.
- Suheryanto, D. 2016. Penelitian Pembuatan Arang Bambu (Bamboo Charcoal) pada Suhu Rendah untuk Produk Kerajinan. *Dinamika Kerajinan dan Batik: Majalah Ilmiah* 32(2): 33–48.
- Surono, U. B. 2010. Peningkatan Kualitas Pembakaran Biomassa Limbah Tongkol Jagung sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Pembriketan. *Jurnal Rekayasa Proses* 4(1): 13–18.
- Sutardi, S. R., N. Nadjib, M. Muslich, Jasni, L. M. Sulastiningsih, S. Komaryati, Abdurrahman dan E. Basri. 2015. *Informasi Sifat Dasar dan Kemungkinan Penggunaan 10 Jenis Bambu*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Suyitno dan Istanto, T. 2005. Simulasi CFD Pembakaran *Non-Premixed* Serbuk Biomass Kayu Jati. *Jurnal Teknik Mesin* 7(2): 85–92.
- Thamrin, G. A. R. 2010. Kualitas Briket Arang dari Kombinasi Kayu Bakau (*Rhizophora mucronata* Lamck) dan Kayu Rambai (*Sonneratia acida* Linn) dengan Berbagai Tekanan. *Jurnal Hutan Tropis* 11(30): 77–89.
- Utami, U. BL., D. Umaningrum dan I. Shaumi. 2015. Kajian Adsorpsi Mn (II) oleh Arang Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) Termodifikasi Kitosan-Glutaraldehida. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. 3-4 Oktober. Universitas Negeri Surabaya: 66–80.
- Yuliah, Y., S. Suryaningsih dan K. Ulfi. 2017. Penentuan Kadar Air Hilang dan Volatile Matter pada Bio-Briket dari Campuran Arang Sekam Padi dan Batok Kelapa. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika* 01(01): 51–57.