

KARAKTERISTIK ARANG KAYU KARET (*HEVEA BRASILIENSIS*) YANG DIPRODUKSI MENGGUNAKAN DUA TIPE TUNGKU PIROLISIS

Characteristics of Rubberwood (Hevea brasiliensis) Charcoal Produced with Two Types of Pyrolysis Kiln

Siti Mutiara Ridjayanti, Rahmi Adi Bazenet, Irwan Sukri Banuwa, Melya Riniarti, Wahyu Hidayat*

Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Jln. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedung Meneng, Bandar Lampung

*Email: wahyu.hidayat@fp.unila.ac.id

Diterima : 02/02/2021, Direvisi :22/06/2021, Disetujui : 25/06/2021

ABSTRACT

As the largest natural rubber producing country after Thailand, Indonesia has an immense potential of rubberwood sources. Rubberwood waste is suitable for raw materials to produce charcoal through pyrolysis method, providing more value-added. Kilns used in the pyrolysis process are diverse. The different kiln used will affect the characteristics of the charcoal produced. This study aimed to determine the characteristics of rubberwood charcoal produced using box-type kiln and dome-type kiln. The characteristics analyzed were charcoal yield, moisture content, ash content, volatile matter, and fixed carbon. The results showed dome and box-type kilns produced charcoals with different characteristics. Char yield of charcoal produced using box and dome-type kilns was 15.82% and 14.21%. Charcoal produced using box-type kiln has a moisture content of 4.51%, ash content of 3.06%, volatile matter of 18.10%, and fixed carbon of 74.33%, while charcoal produced using dome-type kiln has a moisture content of 6.16%, ash content 2.52%, volatile matter of 6.26%, and fixed carbon of 85.06%. The charcoal characteristics met the SNI 01-1683-1989 standard, except for the moisture content of charcoal produced using dome-type kiln.

Keywords: *box-type kiln; charcoal; dome-type kiln; rubberwood; pyrolysis.*

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara penghasil karet terbesar setelah Thailand memiliki potensi kayu karet yang besar. Kayu karet dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan arang melalui proses pirolisis. Tungku yang digunakan pada proses pirolisis sangat beragam. Perbedaan tungku yang digunakan akan mempengaruhi karakteristik arang yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik arang kayu karet yang diproduksi menggunakan tungku jenis kotak dan kubah. Karakteristik arang yang dianalisis adalah rendemen, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, serta karbon terikat. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh perbedaan tungku yang digunakan. Rendemen arang tungku kotak dan kubah sebesar 15,82% dan 14,21%. Arang produksi tungku kotak memiliki kadar air 4,51%, kadar abu 3,06%, kadar zat terbang 18,10%, serta karbon terikat 74,33%. Sedangkan, arang produksi tungku kubah memiliki kadar air 6,16%, kadar abu 2,52%, kadar zat terbang 6,26%, serta karbon terikat 85,06%. Kualitas arang yang diproduksi telah memenuhi standar SNI 01-1683-1989, kecuali untuk parameter kadar air pada arang yang diproduksi dengan tungku kubah.

Kata kunci: arang; kayu karet; pirolisis; tungku kotak; tungku kubah.

PENDAHULUAN

Hutan rakyat saat ini dinilai menjadi pilihan potensial untuk memulihkan keadaan hutan di Indonesia yang mulai rusak baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Hutan rakyat adalah hutan yang diusahakan dan dibangun oleh masyarakat pada lahan milik sendiri, baik secara perorangan maupun badan usaha masyarakat (Aminah et al., 2013; Butar & Hilmanto, 2019; Fauzan et al., 2019). Hutan rakyat tidak hanya mampu menjalankan fungsi ekologis seperti menahan erosi, mengurangi bahaya banjir, memperbaiki tata air, dan menyerap karbon (Afriansyah et al., 2019; Ivando et al., 2019; Suhartati et al., 2020). Namun juga dapat memenuhi kebutuhan kayu, meningkatkan ekonomi masyarakat, serta mensejahterakan masyarakat melalui pemanfaatan hasil hutan kayu dan bukan kayu (Fauzan et al., 2019; Lubis et al., 2019; Safe'i & Sukmara, 2019). Jenis pohon yang umum ditanam pada hutan rakyat adalah jati, randu, jabon, jengkol, sengon, sonokeling, akasia, waru, cengkeh, melinjo, jambu, dan karet (Aminah et al., 2013; Kandari et al., 2020; Mando et al., 2020; Siadari, 2013; Sulistio et al., 2020). Masyarakat memilih menanam pohon karet karena dapat menghasilkan getah serta limbah hasil penebangan yang memberikan pendapatan bagi petani hutan rakyat (Hidayat et al., 2021; Rubiyanti et al., 2019).

Kayu karet (*Hevea brasiliensis*) merupakan komoditi kehutanan yang potensial di Indonesia. Indonesia menghasilkan karet alam terbesar setelah Thailand (Nancy et al. 2013) dengan kontribusi hampir 40% dari total perkebunan karet di dunia (Woelan et al. 2012). Total produksi kayu bulat tanaman karet tahun 2019 di Indonesia mencapai 50.548,02 m³, Sumatera mendominasi dengan memproduksi karet sebanyak 45.560,62 m³ dan 4.987,40 m³ berasal dari Pulau Jawa (Badan Pusat Statistik, 2020). Industri pengolahan kayu karet skala besar di Indonesia berkembang pada akhir tahun 1980-an di Sumatera (Jambi, Sumatera Selatan, Sumatera Utara, serta Lampung) dan Jawa (Agustina, 2012). Industri kayu seperti penggergajian, kayu lapis, serta pulp kertas secara dominan mengonsumsi kayu dalam jumlah besar. Bahan baku untuk kayu olahan tersebut didapat dari berbagai sumber yaitu perkebunan karet rakyat, perkebunan besar negara, dan perkebunan besar swasta (Agustina, 2012). Direktorat Jendral Perkebunan melaporkan berdasarkan tiga sumber tersebut pada tahun 2018 tercatat luas areal perkebunan karet di Indonesia mencapai 3.671.302 hektar (Kementerian Pertanian, 2018).

Luas areal perkebunan karet tersebut akan menghasilkan limbah yang besar akibat kegiatan peremajaan tanaman karet. Peremajaan adalah kegiatan menanam kembali tanaman karet dengan tujuan untuk menggantikan tanaman yang tidak lagi produktif menghasilkan getah, biasanya berumur 25-30 tahun (Vachlepi, 2019). Selain itu, limbah kayu karet juga berasal dari industri penggergajian, industri MDF (*Medium Density Fiberboard*), dan industri veneer. Menurut Peraturan Dirjen Bina Produksi Kehutanan Nomor 9 tahun 2009, rendemen kayu bulat tanaman karet pada industri kayu gergajian sebesar 32-53%, industri MDF 75-90%, sedangkan untuk veneer 56-59%. Limbah kayu karet yang dihasilkan perlu diolah agar tidak terjadi penumpukan serta lebih bernilai guna. Limbah kayu karet umumnya dimanfaatkan sebagai bahan baku perabotan rumah tangga, industri mebel, kayu bakar, dan bioenergi (Admojo & Setyawan 2018).

Serangkaian proses dan perlakuan perlu dilakukan dalam meningkatkan mutu limbah kayu karet. Upaya peningkatan mutu tersebut dapat berupa konversi limbah kayu menjadi arang melalui proses pirolisis (Ridjayanti et al., 2021). Arang adalah residu hasil penguraian biomassa akibat panas dengan menghilangkan kandungan air serta komponen zat terbang yang sebagian besar komponen kimianya adalah karbon (Salim, 2016; Shobar et al. 2020; Uriya, 2019). Arang dihasilkan melalui suatu proses yang disebut dengan pirolisis. Pirolisis merupakan proses dekomposisi kimia organik (biomassa) dengan pemanasan tanpa atau sedikit O₂ serta reagen lainnya (Qiram et al., 2015) dengan kisaran suhu pemanasan 200-600 °C (Saparudin et al., 2015). Januszewicz et. al (2020) juga menyebutkan bahwa kisaran temperatur pirolisis bisa mencapai 300-1200 °C. Selain arang (padatan), produk yang

dihasilkan dari proses pirolisis ini berupa cair (*bio-oil*) dan gas (CO, CO₂, H₂, H₂O dan CH₄) (Anan et al., 2019; Arhamsyah, 2010). Proses pirolisis membuat kuantitas limbah kayu akan berkurang akibat penyusutan yang terjadi selama pembakaran. Limbah kayu karet cukup potensial untuk dijadikan bahan baku pembuatan arang atau *biochar* karena jumlahnya yang melimpah (Saputra & Ardika, 2012). Produksi arang dapat mengurangi jumlah limbah kayu dan meningkatkan nilai ekonomis kayu (Salim, 2016).

Proses penguraian panas saat pirolisis dapat dilakukan dengan pemanasan langsung atau tidak langsung di dalam timbunan, kiln atau tanur (Wibowo et al., 2020; Salim, 2016). Terdapat berbagai macam tungku untuk memproduksi arang. Contohnya tungku berbentuk kubah, tungku berbentuk kotak, drum besi, bahkan berbentuk galian tanah. Arang yang diproduksi dari berbagai tungku juga akan menghasilkan karakteristik arang yang berbeda. Karakteristik arang yang dihasilkan perlu diperhatikan mengingat penggunaan arang yang beragam. Nurkholifah et al. (2020) mengemukakan bahwa arang yang diproduksi dengan menggunakan tungku kubah dan suhu 600 °C memiliki karakteristik kadar air sebesar 1,25% dengan kerapatan kering udara 0,36 g/cm³ dan kering tanur 0,42 g/cm³. Penelitian yang membandingkan karakteristik dua jenis tungku produksi arang kayu karet masih belum ditemukan. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik serta mutu arang kayu karet berdasarkan tungku jenis kubah dan kotak.

METODE

Proses pembuatan arang dilakukan di PT. Kendi Arindo. Bahan utama pembuatan tungku arang tradisional adalah loess, bata merah, serta batu (Kwon et al., 2018). Tungku terbuat dari susunan bata dengan perekat pasir dan tanah liat berkapasitas 8 m³ untuk tungku kotak dan 11,31 m³ untuk tungku kubah (Gambar 1). Pembuatan arang dilakukan dengan cara menyiapkan limbah kayu karet terlebih dahulu. Kayu karet sebagai bahan baku produksi arang memiliki ukuran yang beragam. Kayu kemudian dimasukkan dan disusun ke dalam tungku dengan posisi horizontal sampai tungku penuh. Penataan diusahakan serapat mungkin untuk meminimalisir adanya oksigen yang masuk. Selanjutnya, pintu tungku ditutup dengan menggunakan bata dan tanah liat. Celah kecil dibuat agar udara dapat masuk. Api dihidupkan melalui jendela tungku yang berada pada kanan dan kiri tungku. Saat proses pembakaran, seluruh lubang kecil pada tungku dibiarkan terbuka terlebih dahulu. Kemudian, api dibiarkan menyebar hingga membakar seluruh bagian secara merata. Proses pembakaran pada tungku ini berlangsung selama 5-7 hari. Celah udara ditutup satu persatu saat asap terlihat mulai menipis. Proses pendinginan akan terjadi selama 6-7 hari. Kemudian, pintu tungku dibuka dan arang dikeluarkan. Selanjutnya, arang limbah kayu diayak. Setelah pengayakan, arang kayu disimpan dalam karung terlebih dahulu untuk memastikan tidak ada api di dalamnya.



Gambar 1. Tungku kotak (kiri) dan tungku kubah (kanan)
Figure 1. Box-type kiln (left) and dome-type kiln (right)

Setelah arang diproduksi, selanjutnya dilakukan perhitungan rendemen dan analisis

proksimat. Rendemen arang kayu karet dihitung dengan menggunakan rumus

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat Arang}}{\text{Berat Bahan Baku}} \times 100\% \quad (1)$$

Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui karakteristik arang kayu karet. Bahan yang digunakan untuk melakukan analisis proksimat arang kayu karet produksi dua jenis tungku berbeda, yaitu tungku kotak dan tungku kubah. Sedangkan, alat yang digunakan adalah cawan proselen, *crucible*, *muffle furnace*, desikator, alat penjepit, oven, timbangan digital dengan ketelitian 0,0001, stopwatch, kalkulator dan alat tulis. Pengujian karakteristik dilakukan pada divisi laboratorium PT. Kendi Arindo meliputi, uji kadar air, kadar zat terbang, dan kadar zat abu berdasarkan SNI 01-1683-1989.

Pengujian kadar air dilakukan dengan menimbang cawan terlebih dahulu. Sampel seberat 1 g dimasukkan ke dalam cawan. Selanjutnya, cawan dimasukkan ke dalam oven, lalu dipanaskan pada suhu 105 °C selama 2 jam. Lalu, cawan didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan timbang kembali. Kadar air dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Air (KA)} = \frac{(A-B)}{A} \times 100\% \quad (2)$$

A adalah berat sebelum dipanaskan (g) dan B adalah berat setelah dipanaskan pada suhu 105 °C (g).

Pengujian kadar zat terbang dilakukan dengan menyiapkan sampel kadar air (telah dipanaskan dengan suhu 105 °C). Lalu, cawan dipanaskan dalam *muffle furnace* dengan suhu 950 °C selama 6 menit, dan cawan didinginkan dalam desikator selama 1 jam. Selanjutnya, kadar abu dihitung dengan cara menyiapkan sampel kadar zat terbang sebelumnya. Cawan dimasukkan ke dalam *Muffle Furnace* dan dipanaskan dalam pada suhu 750 °C selama 6 jam, lalu dinginkan dalam desikator selama 1 jam. Cawan ditimbang, lanjutkan pemanasan sampai bobot cawan turun kurang dari 0,0005 g.

Kadar zat terbang dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Zat Terbang} = \frac{(B-C)}{B} \times 100\% \quad (3)$$

Dengan C adalah berat setelah dipanaskan dengan suhu 950 °C (g).

$$\text{Kadar Abu} = \frac{D}{B} \times 100\% \quad (4)$$

Dengan D adalah bobot abu. Karbon terikat dapat dihitung dengan cara mengurangi nilai 100% dengan nilai kadar abu, kadar zat terbang, serta kadar air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rendemen Arang

Rendemen adalah jumlah arang yang dihasilkan. Tujuan penetapan rendemen adalah untuk mengetahui jumlah arang yang dihasilkan setelah proses pirolisis (Salim, 2016). Rendemen arang dipengaruhi oleh proses pirolisis dan komponen kimia penyusun biomassa. Persentase rendemen sangat bergantung pada suhu pirolisis (Haji, 2013). Suhu yang tinggi akan menyebabkan terjadinya penurunan volume dan berat biomassa (Park et al., 2018). Artinya, saat suhu meningkat rendemen arang akan menurun (Qi et al., 2016). Rendemen arang kayu karet yang diproduksi pada dua jenis tungku berbeda dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Arang Kayu Karet Produksi Tungku Kotak dan Tungku Kubah di PT. Kendi Arindo

Table 1. Rubberwood Charcoal Produced by Box Klin and Dome Klin in PT. Kendi Arindo

Nama Tungku	Volume (m ³)	Bahan Baku (kg)	Waktu Pengerjaan (Hari)	Hasil		Rendemen (%)
				Jumlah Karung	kg	
Tungku Kotak	8	± 6.000	15 – 16	± 35	875	14,58
Tungku Kubah	11,31	± 9.000	15 – 16	± 48	1.200	13,33

Sumber : Data primer

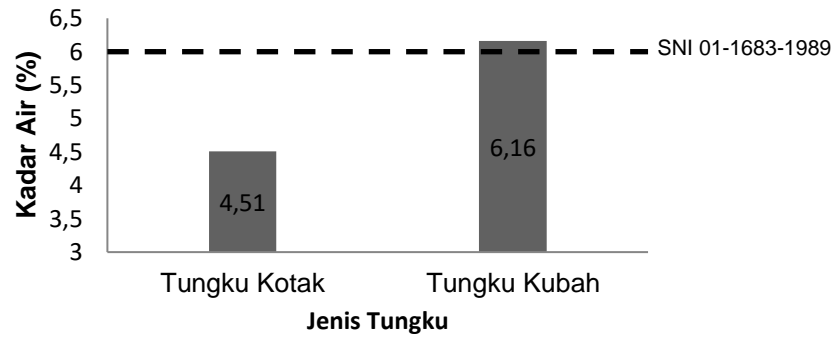
Semakin tinggi berat jenisnya maka rendemen akan semakin besar. Rendemen produk arang sebesar 15,82% pada tungku kotak dan 14,21% pada tungku kubah. Rendemen arang kayu karet lebih rendah dibandingkan dengan rendemen arang dari kayu jati (21.3%) (Salim, 2016), walaupun memiliki berat jenis yang relatif sama. Kayu karet memiliki berat jenis sebesar 0,57-0,73 (Sipahutar *et. al*, 2015) dan berat jenis kayu jati adalah 0,62-0,75 (Khairil, 2017). Hal ini diduga terdapat perbedaan kadar air bahan baku serta proses pengarangannya. Selain itu, Hidayat *et al.*, (2017) mengemukakan bahwa perbedaan sifat fisik dan komposisi kimia juga akan mempengaruhi tinggi rendahnya rendemen. Tinggi rendahnya rendemen hasil pengarangan dipengaruhi oleh proses pengarangan, berat jenis dan kerapatan bahan baku, serta komposisi kimia bahan (Salim, 2016).

B. Kadar Air

Kadar air arang adalah jumlah air dalam arang yang dinyatakan secara kuantitatif dalam persen (Salim, 2016). Kadar air erat kaitannya dengan sifat higroskopis arang (Hastuti *et. al*, 2015). Semakin tinggi kadar air, maka sifat higroskopisnya akan semakin besar. Oleh karena itu, kadar air harus dipertimbangkan jika tujuan penggunaan arang adalah untuk bahan baku energi (Iskandar & Rofiatin, 2017). Kadar air hasil analisis menunjukkan variasi nilai bekisar antara 4,51% sampai 6,16%.

Kadar air suatu bahan yang akan dipirolisis sangat dipengaruhi oleh suhu pengeringan dan waktu. Semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pengeringan, maka kadar air bahan akan semakin kecil (Hayati, 2018). Salim (2016) juga mengemukakan bahwa tinggi rendahnya kadar air arang kayu dipengaruhi oleh lama pengarangan serta faktor lingkungan (suhu dan kelembaban) disekitarnya setelah pendinginan dilakukan. Selain itu, kadar air arang juga dipengaruhi oleh berat jenis kayu. Semakin tinggi berat jenis kayu, maka semakin rendah kemampuan kayu untuk menyerap air.

Hasil analisis kadar air dapat dilihat pada Gambar 2. Arang produksi tungku kotak (4,51%) telah memenuhi standar SNI 01-1683-1989. Arang dengan kadar air dibawah enam persen umumnya memiliki nilai kalor yang tinggi. Hal ini sejalan dengan pendapat Zia (2017) yang menyebutkan bahwa, arang berkadar air rendah akan menghasilkan nilai kalor bersih yang tinggi. Semakin rendah kadar air, maka nilai kalor dan daya pembakaran akan semakin tinggi. Sedangkan, untuk arang produksi tungku kubah yang memiliki kadar air lebih tinggi 0,16 % dari standar, biasanya diberi perlakuan tambahan. Perlakuan tambahan untuk mengurangi kadar air yang biasa dilakukan di PT. Kendi Arindo adalah penyangraian arang. Namun, cara tersebut akan meningkatkan biaya produksi, sehingga jarang dilakukan.

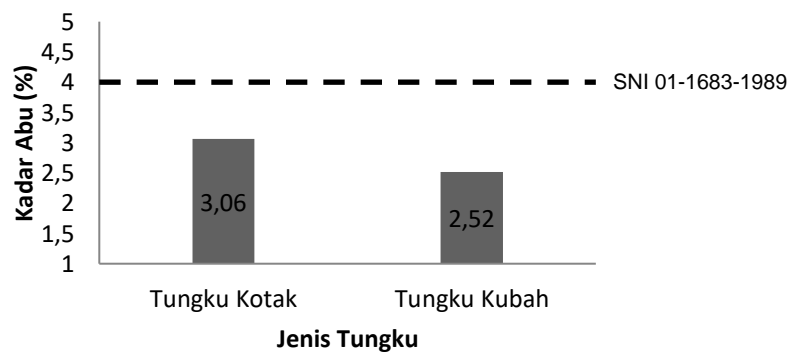


Gambar 2. Kadar air arang limbah kayu karet.
 Figure 2. Moisture content of rubberwood charcoal.

C. Kadar Abu

Selain kadar air, terdapat kadar abu yang juga akan mempengaruhi nilai kalor arang yang dihasilkan. Tingginya kadar air dan kadar abu akan menyebabkan fraksi organik di dalam kayu semakin berkurang (Hastuti et al., 2015). Hal ini dapat mempengaruhi nilai kalor arang kayu yang semakin menurun. Hal ini seperti yang disampaikan oleh Iskandar & Rofiatin (2017) yang menyebutkan bahwa abu arang berpengaruh terhadap nilai karbon terikat, nilai kalor, dan sifat fungsional arang. Kadar abu juga menunjukkan fraksi anorganik di dalam bahan (Hastuti et al., 2015) yang tidak terbakar pada proses pirolisis dan tidak mengandung unsur karbon (Iskandar & Rofiatin, 2017). Kandungan abu ini biasanya didominasi senyawa yang memiliki titik bakar tinggi.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, kadar abu arang produksi tungku kotak (3,06%) dan tungku kubah (2,52%) (Gambar 3). Hasil penelitian ini menunjukkan tingginya nilai kadar abu dibandingkan dengan arang kayu pelangas (*Aporoso aurita*) produksi pada tungku konvensional yang memiliki kadar abu sebesar 1,870% (Elsaprike et al., 2018). Namun begitu, hasil analisis telah memenuhi syarat SNI 01 – 1683-1989, yaitu sebesar 4%.



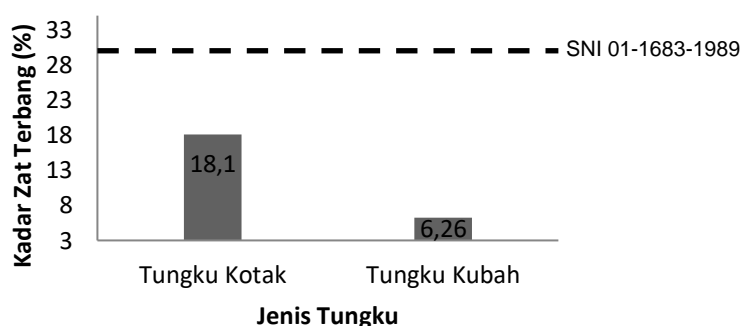
Gambar 3. Kadar abu arang limbah kayu karet.
 Figure 3. Ash content of rubberwood charcoal.

D. Kadar Zat Terbang

Indikator selanjutnya adalah kadar zat terbang (VM). VM merupakan hasil dekomposisi senyawa-senyawa yang masih terdapat di dalam arang selain air (Kahariayadi et al., 2015). VM adalah bahan yang mudah menguap. Bahan yang mudah menguap pada biomassa adalah metan, hidrokarbon, hidrogen, karbon monoksida dan gas-gas yang tidak mudah

terbakar seperti karbon dioksida dan nitrogen (Iskandar & Rofiatin, 2017). VM berperan penting pada penggunaan arang sebagai bahan baku energi. Hal ini disebabkan VM berhubungan dengan kemampuan menyala (*ignitability*) dan kemampuan terbakar (*combustibility*) (Iskandar & Rofiatin, 2017). Tinggi rendahnya nilai VM disebabkan oleh adanya komponen kimia zat ekstraktif. Selain itu, kadar zat menguap juga dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, waktu, suhu, dan kesempurnaan proses pirolisis (Hayati, 2018; Yuliah et al., 2017). Semakin tinggi suhu dan lama waktu pirolisis, maka semakin banyak zat menguap yang hilang. Sehingga, saat analisis dilakukan akan menghasilkan kadar zat menguap yang rendah.

Gambar 4 menunjukkan nilai VM dari setiap sampel arang telah memenuhi standar nasional (maksimal 30%), yaitu berkisar pada nilai 18,10% (tungku kotak) dan 6,26% (tungku kubah). Hal ini sejalan dengan pendapat Pari et al. (2012) menyebutkan bahwa kadar zat terbang pada arang produksi tungku bak berbentuk kotak (22,25%) lebih tinggi dibandingkan dengan kadar zat terbang arang produksi tungku kubah (8,64%). Hal ini diduga akibat adanya perbedaan konstruksi dan bentuk tungku yang digunakan.

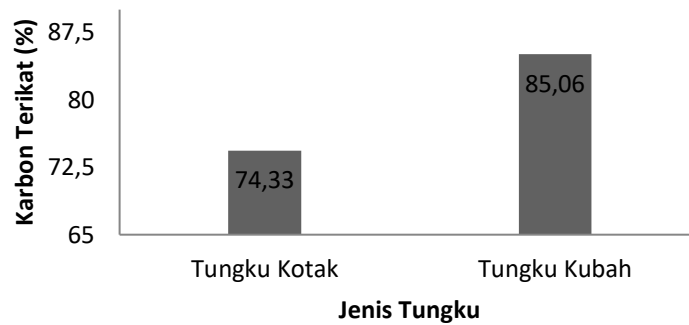


Gambar 4. Kadar zat terbang arang limbah kayu karet.
 Figure 4. Volatile matters of rubberwood charcoal.

E. Karbon Terikat

Nilai karbon terikat (FC) dipengaruhi oleh nilai kadar air, kadar abu, dan VM. FC adalah persentase jumlah karbon yang terdapat dalam produk arang. FC dapat didefinisikan juga sebagai bahan bakar padat yang tertinggal dalam reaktor setelah proses pirolisis. Kandungan utama dari FC adalah karbon dan bahan lainnya yang mengandung hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen yang tidak terbawa gas (Iskandar & Rofiatin, 2017). Data hasil analisis menunjukkan bahwa nilai FC tungku arang produksi kotak lebih kecil dibandingkan arang produksi tungku kubah. Namun begitu, nilai FC dari kedua arang termasuk tinggi. Nilai FC yang tinggi menunjukkan kualitas arang. Semakin tinggi FC maka arang semakin baik, begitupun sebaliknya (Rumiyanti et al. 2018).

Arang produksi tungku kotak memiliki karbon terikat sebesar 74,33%, sedangkan arang produksi tungku kubah sebesar 85,06% (Gambar 5). Hasil ini menunjukkan bahwa arang yang diproduksi pada dua jenis tungku ini memiliki nilai karbon terikat lebih tinggi dibandingkan dengan karbon terikat Arang kayu pelangas yang diproduksi pada tungku konvensional, yaitu sebesar 64,19 % (Elsaprike et al., 2018).



Gambar 5. Karbon terikat arang limbah kayu karet
Figure 5. Fixed carbon of rubberwood charcoal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa, arang kayu karet produksi tungku kotak dan tungku kubah memiliki karakteristik yang berbeda. Arang produksi tungku kotak dan tungku kubah memiliki karakteristik yang telah memenuhi standar SNI 01 – 1683-1989, kecuali nilai kadar air pada tungku kubah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada PT. Kendi Arindo yang telah memberikan kesempatan pada peneliti untuk menganalisis karakteristik arang.

DAFTAR PUSTAKA

- Admojo, L., & Setyawan, B. (2018). Potensi Pemanfaatan Lignoselulosa dari Biomasa Kayu Karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.). *Warta Perkaretan*, 37(1), 39-50.
- Afriansyah, D., Duryat., & Kaskoyo. 2019. Kontribusi Komposisi Vegetasi dalam Penyimpanan dan Serapan Karbon di Hutan Rakyat Desa Negara Ratu II Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Belantara*. 2(2) : 112-118.
- Agustina, D. S. (2012). Pemanfaatan kayu karet di beberapa negara produsen Karet alam dunia. *Warta Perkaretan*, 31(2), 85-94.
- Anan, A. C., Widodo, A., & Widyawati, Y. (2019). Karakterisasi Biobriket Berbasis Serbuk Gergaji Kayu Meranti (*Shorea pinanga*) Dengan Proses Pirolisis. *Prosiding Applicable Innovation of Engineering and Science Research*, 2019, 437-443.
- Aminah, L. N., Qurniati, R., & Hidayat, W. (2014). Kontribusi hutan rakyat terhadap pendapatan petani di desa buana sakti kecamatan batanghari kabupaten lampung timur. *Jurnal Sylva Lestari*, 1(1), 47-54.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Statistik Indonesia 2019*. Diunduh dari <https://www.bps.go.id/publication/download.html?nrbvfeve=ZGFhYzFiYTE4Y2FIMWU5MDcwNmVINThh&xzmn=aHR0cHM6Ly93d3cuYnBzLmdvLmlkL3B1YmxpY2F0aW9uLzlwMTkvMDcvMDQvZGFhYzFiYTE4Y2FIMWU5MDcwNmVINThhL3N0YXRpc3Rpay1pbmRvbmVzaWEtMjAxOS5odG1s&twoadfnarfeauf=MjAyMS0wMi0wMSAyMT0xMjowNg%3D%3D>.

Badan Standarisasi Nasional. 1989. Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-1683-1989 Arang

Kayu. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

- Butar, V.B., & Hilmanto, R. 2019. Strategi Pengembangan Hutan Rakyat di Desa Bandar dalam Kecamatan Sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Sylva Lestari* 7(1), 110-117.
- Direktur Jenderal Bina Usaha Kehutanan. 2009. *Rendemen Kayu Olahan Industri Primer Hasil Hutan Kayu (IPHHK)*. Diunduh dari http://rpbbi.dephut.go.id/help/p_13_bp-phh_2009.pdf.
- Elsaprike, J., Yahya, R., & Yuwana, Y. (2018). Pembuatan Arang Dengan Metode Tungku Piloris Double Burner Menggunakan Limbah Kayu Dengan Metode Manduk Di Kecamatan Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang. *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 7(2), 33-40.
- Fauzan, H., Sulistyawati, E., & Lastini, T. L. (2019). Strategi Pengelolaan untuk Pengembangan Hutan Rakyat di Kecamatan Rancakalong, Kabupaten Sumedang. *Jurnal Sylva Lestari*, 7(2), 164-173.
- Haji, A. G. (2013). Komponen kimia asap cair hasil pirolisis limbah padat kelapa sawit. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 9(3), 110-117.
- Hastuti, N., Pari, G., Setiawan, D., Mahpudin, M., & Saepuloh, S. (2015). Kualitas Arang 6 Jenis Kayu Asal Jawa Barat Sebagai Produk Destilasi Kering. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(4), 337-346.
- Hayati, N. (2018). Optimasi Kondisi Pirolisis Dan Pengerinan Pada Proksimat Arang Tempurung Kelapa Dengan Metode Taguchi. *SIMETRIS*, 12(1), 6-12.
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H, Febrianto, F., Lee, S. H., Chae, H. M., Kondo, T., & Kim, N. H. (2017). Carbonization characteristics of juvenile woods from some tropical trees planted in Indonesia. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 62(1), 145-152.
- Hidayat, W., Rubiyanti, T., Sulistio, Y., Iryani, D. A., Haryanto, A., Amrul, Yoo, J. H., Kim, S. D., Lee, S. H., & Hasanudin, U. (2021). Effects of Torrefaction Using COMB Dryer/Pyrolizer on the Properties of Rubberwood (*Hevea brasiliensis*) and Jabon (*Anthocephalus cadamba*) Pellets. *Advances in Engineering Research*, 202, 209-213.
- Hidayat, W., Riniarti, M., Prasetya, H., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I. S., Yoo, J. H., Kim, S. D., & Lee, S. H. (2021). Characteristics of biochar produced from the harvesting wastes of meranti (*Shorea* sp.) and oil palm (*Elaeis guineensis*) empty fruit bunches. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 749, 012040.
- Ivando, D., Banuwa, I.S., & Bintoro, A. 2019. Karbon Tersimpan Pada Berbagai Tipe Kerapatan Tegakan di Hutan Rakyat Desa Sukohargo I Kecamatan Sukoharjo Kabupaten Pringsewu. *Jurnal Belantara*. 2(1), 53-61.
- Iskandar, T., & Rofiatin, U. (2017). Karakteristik biochar berdasarkan jenis biomassa dan parameter proses pirolisis. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(1), 28-35.
- Januszewicz, K., Kazimierski, P., Klein, M., Kardaś, D., & Łuczak, J. (2020). Activated carbon produced by pyrolysis of waste wood and straw for potential wastewater adsorption. *Materials*, 13(9), 2047.
- Kahariyadi, A., Setyawati, D., Diba, F., & Roslinda, E. (2015). Kualitas Arang Briket Berdasarkan Persentase Arang Batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan Arang

Kayu Laban (*Vitex pubescens* Vahl). *Jurnal Hutan Lestari*, 3(4).

- Kandari, A.M., Kasim, S., Mando, L.O.A.S., Midi, L.O., & Palebangan, S.T., 2020. Kondisi Iklim dan Potensi Tegakan Sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.)). *Jurnal Belantara*. 3(2) : 116-127.
- Kementerian Pertanian. 2018. *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Karet 2017 – 2019*. Publikasi. Jakarta. Direktorat Jendral Perkebunan Kementrian Pertanian. 50 hlm.
- Khairil, K. (2017). Klasifikasi Kode Mutu Kayu Provinsi Sulawesi Selatan. *Informasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Slpil Dan Arsitektur*, 13(1), 41-53.
- Kwon, G.J., Kim, A.R., Soo, L.H., Lee, S.H., Hidayat, W., Febrianto, F., & Kim, N.H. (2018). Characteristics of White Charcoal Produced from the Charcoal Kiln for Thermotherapy. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 46(5), 527-540.
- Lubis, R. S., Kaskoyo, H., Febryano, I. G., & Bakri, S. (2019). Kontribusi Wanita Tani Hutan terhadap Pendapatan Keluarga diHutan Rakyat Desa Air Kubang Kecamatan Air Nanningan Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Sylva Lestari*, 7(2), 186-194.
- Mando, L.O.A.S., Kandari, A.M., Kahirun, Rosmarlinasiah, Kasimm Midi, L.O., Inda, W.O., & Mardhatillah, S. 2020. Tingkat Partisipasi Pengelolaan dan Analisis Finansial Hutan Rakyat dengan Sistem Tunda Tebang di Kabupaten Kowane Selatan. *Jurnal Belantara*. 3(2) : 128-138.
- Nancy, C., Agustina, D. S., & Syarif, L. F. (2013). Potensi Kayu Hasil Peremajaan Karet Rakyat Untuk Memasok Industri Kayu Karet (Studi Kasus Di Provinsi Sumatera Selatan). *Indonesian Journal of Natural Rubber Research*, 31(1), 68-78.
- Nurkholifah, V., Riniarti, M., Prasetya, H., Hasanudin, U., Niswati, A., & Hidayat, W. (2020). Karakteristik Arang dari Limbah Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*). *Seminar Nasional Konservasi “Konservasi Sumber Daya Alam untuk Pembangunan Berkelanjutan”*. 235-240
- Pari G, Mahfudin, dan Jajuli. (2012). Teknologi Pembuatan Arang, Briket Arang dan Arang Aktif Serta Pemanfaatannya. *Gelar Teknologi Tepat Guna*. 1 – 9.
- Park, S., Jang, J., Wistara, I., Hidayat, W., Lee, M., & Febrianto, F. (2018). Anatomical and physical properties of Indonesian bamboos carbonized at different temperatures. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 46(6), 656-669.
- Qi, Y., Jang, J. H., Hidayat, W., Lee, A. H., Lee, S. H., Chae, H. M., & Kim, N. H. (2016). Carbonization of reaction wood from *Paulownia tomentosa* and *Pinus densiflora* branch woods. *Wood Science and Technology*, 50(5), 973-987.
- Qiram, I., Widhiyanuriyawan, D., & Wijayanti, W. (2015). Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Massa Dan Energi Yang Dihasilkan Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni (*Switenia macrophylla*) Pada Rotary Kiln. *Rotor*, 8(2015), 1-7.
- Rubiyanti, T., Hidayat, W., Febryano, I. G., & Bakri, S. (2019). Karakterisasi Pelet Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) Hasil Torefaksi dengan Menggunakan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB). *Jurnal Sylva Lestari*, 7(3), 321-331.
- Rumiyanti, L., Irnanda, A., & Hendronursito, Y. (2018). Analisis Proksimat Pada Briket Arang

- Limbah Pertanian. *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 3(1), 15-22.
- Safe'i, R. & Sukmara, M.D.P. 2019. Analisis Spasial Potensi Hutan Rakyat di Kabupaten Bogor. *Jurnal Belantara*. 2(1) : 1-9.
- 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.
- Saparudin, S., Syahrul, S., & Nurchayati, N. (2015). Pengaruh Variasi Temperatur Pirolisis Terhadap Kadar Hasil Dan Nilai Kalor Briket Campuran Sekam Padi-kotoran Ayam. *Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin*, 5(1).
- Saputra, J. (2012). Potensi biochar dari limbah biomassa perkebunan karet sebagai amelioran dan mengurangi emisi gas rumah kaca. *Warta Perkaretan*, 31(1), 43-49.
- Shobar, S., Sribudiani, E., & Somadona, S. (2020). Karakteristik Briket Arang dari Limbah Kulit Buah Pinang dengan Berbagai Komposisi Jenis Perekat. *Jurnal Sylva Lestari* 8(2), 189-196.
- Siadari, T. P., Hilmanto, R., & Hidayat, W. (2014). Potensi Kayu Rakyat dan Strategi Pengembangannya (Studi Kasus) di Hutan Rakyat Desa Buana Sakti Kecamatan Batanghari Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*, 1(1), 75-84.
- Sipahutar, R. H., Sucipto, T., & Iswanto, A. H. (2015). Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Karet (*Hevea brasiliensis* MUELL Arg) Bekas Sadapan dan Kayu Karet tanpa Sadapan. *Peronema Forestry Science Journal*, 4(1), 95-101.
- Suhartati, T., Purwanto, R.H., Setyarso, A., & Sumardi, S. (2020). Kekuatan Kopling Sistem dalam Pengembangan Hutan Rakyat. *Jurnal Sylva Lestari* 8, (2), 155-172.
- Sulistio, Y., Febryano, I. G., Yoo, J., Kim, S., Lee, S., Hasanudin, U., & Hidayat, W. (2020). Pengaruh Torefaksi dengan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB) dan Electric Furnace terhadap Pelet Kayu Jabon (*Anthocephalus cadamba*). *Jurnal Sylva Lestari*, 8(1), 65-76.
- Vachlepi, A. (2019). Prospek pemanfaatan kayu karet sebagai bahan baku pembuatan pulp. *Warta Perkaretan*, 1(1), 47-60.
- Wibowo, T.I.R., Rinarti, M., Prasetya, H., Hasanudin, U., Niwati, A., & Hidayat, W. (2020). Karakterisasi Arang Hayati dari Limbah Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*) dan Meranti (*Shorea* sp.). Seminar Nasional Konservasi "Konservasi Sumbledaya Alam untuk Pembangunan Berkelanjutan". 560-563.
- Woelan, S., Sayurandi, S., & Pasaribu, S. A. (2012). Potensi kayu karet hasil peremajaan di tingkat perusahaan perkebunan. *Warta Perkaretan*, 31(2), 75-85.
- Yuliah, Y., Suryaningsih, S., & Ulfi, K. (2017). Penentuan kadar air hilang dan *volatile matter* pada bio-briket dari campuran arang sekam padi dan batok kelapa. *JlIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, 1(1), 51-57.