

KUALITAS ARANG KAYU AKASIA DAUN KECIL (*Acacia auriculiformis*) Quality of Charcoal Made from Small Leaf of Acacia Wood (*Acacia auriculiformis*)

Dewi Alimah¹, Wiwin Tyas Istikowati², dan Yusanto Nugroho²

1) Balai Penerapan Standardisasi Instrumentasi Lingkungan Hidup dan Kehutanan
Banjarbaru, Jl. A.Yani Km 28,7, Guntung Manggis, Landasan Ulin, Banjarbaru 70721

2) Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat,
Jl. A. Yani Km 36, Banjarbaru 70234

ABSTRACT. The wood of small leaf acacia (*Acacia auriculiformis*) is a type of wood used as raw material for charcoal production in South Kalimantan. This species has a very promising potential for heat and charcoal because it includes biomass from fast-growing wood, is easy to obtain, and the price is relatively cheap. On the other hand, the production of charcoal in South Kalimantan is generally done conventionally using the stockpiling method. This method tends to take a longer carbonization time (1.5-2 months), the process is not controlled, and the charcoal quality is relatively low. The carbonization method by taking into account the temperature and duration of carbonization can improve the quality of charcoal. This study aims to determine the appropriate temperature and duration of carbonization to produce good quality charcoal. The pieces of wood were charred at temperatures of 400, 500, and 600°C for 2, 3, and 4 hours. Charcoal quality was analyzed following the procedure of SNI 01-1683-1989 covering moisture content, ash content, volatile matter content, fixed carbon content, and yield and calorific value according to ASTM (1998). The results showed that the highest quality charcoal was produced from wood-burning at 600°C for 2 hours. In this setting, the yield of charcoal is 17.29%; water content 1.73%; volatile matter content 30.09%; ash content 0.87%; fixed carbon content of 67.32%; and calorific value of 7,944.24%.

Keywords: Carbonization, Temperature, Duration, South Kalimantan

ABSTRAK. Akasia daun kecil (*Acacia auriculiformis*) merupakan jenis kayu yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang di Kalimantan Selatan. Kayu ini memiliki potensi kalor dan arang yang sangat menjanjikan karena termasuk biomass dari kayu cepat tumbuh, mudah didapat, dan harganya relatif murah. Di sisi lain pembuatan arang di Kalsel umumnya dilakukan secara konvensional dengan metode timbun. Metode ini cenderung memakan waktu pengarangan lebih lama (1,5-2 bulan), proses tidak terkontrol, dan kualitas arang relatif rendah. Metode karbonisasi dengan memperhitungkan suhu dan durasi pengarangan dapat memperbaiki kualitas arang. Penelitian ini bertujuan menentukan suhu dan durasi pengarangan yang tepat sehingga menghasilkan kualitas arang yang baik. Potongan kayu diarang dengan suhu 400, 500, dan 600°C selama 2, 3, dan 4 jam. Kualitas arang dianalisis mengikuti prosedur SNI 01-1683-1989 meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, dan rendemen serta nilai kalor mengikuti ASTM (1998). Senyawa kimia arang kualitas tertinggi dan terendah diidentifikasi menggunakan Py-GCMS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arang dengan kualitas terbaik dihasilkan dari pengarangan kayu pada suhu 600°C selama 2 jam. Pada setelan ini diperoleh rendemen arang 17,29%; kadar air 1,73%; kadar zat terbang 30,09%; kadar abu 0,87%; kadar karbon terikat 67,32%; dan nilai kalor sebesar 7.944,24%.

Kata kunci: Karbonisasi, Suhu, Durasi, Kalimantan Selatan

Penulis untuk korespondensi, surel: dewi_alimah@yahoo.com

PENDAHULUAN

Indonesia tercatat memiliki kawasan hutan sekitar 120 juta ha dan luas total hutan rakyat di Indonesia mencapai 3.589.343 ha (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2019). Sebagian besar hutan rakyat dikelola dalam bentuk

kebun campuran yang menghasilkan beragam produk seperti pangan, buah-buahan, dan kayu. Dalam perkembangannya, semakin banyak hutan rakyat yang dikelola secara monokultur untuk kayu (Puspitojati *et al.*, 2014). Kayu merupakan hasil hutan yang banyak dimanfaatkan untuk berbagai tujuan penggunaan dan diantaranya sebagai

sumber energi. Pemanfaatan kayu sebagai sumber energi dapat dilakukan dalam bentuk kayu bakar dan arang (Hastuti *et al.*, 2015). Pemakaian arang di Indonesia masih terbatas untuk bahan bakar. Kebutuhan energi dari arang untuk daerah perkotaan adalah 191.000 ton dan di pedesaan 251.000 ton (Dwiprabowo, 2010).

Indonesia selama ini merupakan negara pengekspor arang terbesar di dunia dengan total ekspor senilai US\$157 juta dari total ekspor dunia sebanyak US\$990 juta. Negara tujuan ekspor terbanyak adalah Korea Selatan, Jepang, Arab Saudi, dan China. Tingginya ekspor arang ini membuktikan bahwa Indonesia memiliki potensi yang besar dalam produksi dan pemasaran arang, didukung dengan sumber daya yang bisa menjadi bahan baku arang, terutama dari sektor kehutanan (Efiyanti *et al.*, 2020). Kalimantan Selatan disebut sebagai salah satu provinsi penghasil sekaligus pengekspor arang kayu. Sentra industri penghasil arang tersebar di beberapa daerah seperti di Kab. Tanah Laut pada tiga kecamatan, yaitu Kec. Takisung, Kec. Jorong, dan Kec. Bati-bati (Abidin *et al.*, 2018), Banjarbaru (Mahdie, 2010), dan Kec. Limpasu, Hulu Sungai Tengah (Nizar & Nugraha, 2020). Kapasitas volume ekspor arang dari Kalimantan Selatan ini mencapai 2.538,25 ton/tahun (Naparini, 2010).

Salah satu jenis kayu yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang di Kalimantan Selatan adalah akasia daun kecil (*Acacia auriculiformis*) (Abidin *et al.*, 2018). Kayu yang juga banyak dijumpai di hutan rakyat Kalimantan Selatan ini dikenal sebagai sumber energi biomassa dengan nilai kalor mencapai >4.500 kal/gr setelah umur 3,5 tahun (Tsoumis, 1968; Jam *et al.*, 2016) atau sekitar 18,86 kJ/g berat kering (Shanavas & Kumar, 2003). Kayunya memiliki potensi kalor dan arang yang sangat menjanjikan. Kayu akasia daun kecil juga termasuk biomassa dari kayu cepat tumbuh yang diprediksi akan digunakan secara ekstensif, mengingat kemudahan dalam mendapatkannya dan harganya yang lebih murah daripada alternatif sumber bahan bakar lain (Hendrarti *et al.*, 2014). Berbagai penelitian dalam rangka mendapatkan informasi tentang akasia daun kecil telah banyak dilakukan mulai dari teknik budidaya (Hendrarti *et al.*, 2014), pola pembungaan (Jam *et al.*, 2016) hingga fenomena serangan hama penyakitnya (Suhaendah & Siarudin, 2019). Sementara

itu, berdasarkan hasil studi literatur yang dilakukan diketahui bahwa informasi tentang sifat dasar kayu daun kecil khususnya kualitas arang masih sangat terbatas sehingga perlu dilakukan penelitian terkait hal tersebut. Penelitian kualitas arang akasia daun kecil bertujuan untuk menentukan suhu dan durasi pengarang yang tepat sehingga menghasilkan kualitas arang yang baik. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pembuatan arang berbahan dasar kayu akasia daun kecil berdasarkan suhu dan durasi pengarang tertentu hingga menghasilkan arang dengan kualitas tinggi.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di beberapa lokasi yang berbeda dengan waktu yang diperlukan selama 5 (lima) bulan dari September s.d Desember 2021. Proses pengarang, pengujian kadar air dan berat jenis kayu dilaksanakan di Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Pengujian kualitas arang yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan nilai kalor dilaksanakan di Lab. Teknik Kayu, Fakultas Kehutanan, ULM.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu akasia daun kecil (*A. auriculiformis*) yang diperoleh dari Kecamatan Cempaka, Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Peralatan yang digunakan untuk membuat arang adalah instalasi tungku yang sudah dimodifikasi wadah berupa plastik untuk tempat arang, penggiling untuk meremukkan bongkahan arang menjadi serbuk, dan ayakan (40, 60, dan 100 mesh) untuk menyeragamkan ukuran butiran arang. Pengujian kualitas arang dilakukan menggunakan *calorimeter bomb* untuk pengujian nilai kalor, oven tanur (*furnace*) untuk kadar abu dan kadar zat terbang, oven pengering dan desikator untuk kadar air dan berat jenis kayu contoh uji, dan timbangan analitik untuk menimbang berat contoh uji.

Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Arang

Kayu akasia daun kecil sebelum diarangkan terlebih dahulu dipotong-potong dengan ukuran 3x4x5 cm untuk memperluas permukaannya. Potongan kayu dikeringudarkan hingga mencapai kadar air maksimum 20% agar bahan baku mudah terbakar dan tidak banyak menghasilkan asap. Beberapa potongan kayu tersebut diambil untuk dijadikan contoh uji penetapan kadar air dan berat jenis kayu.

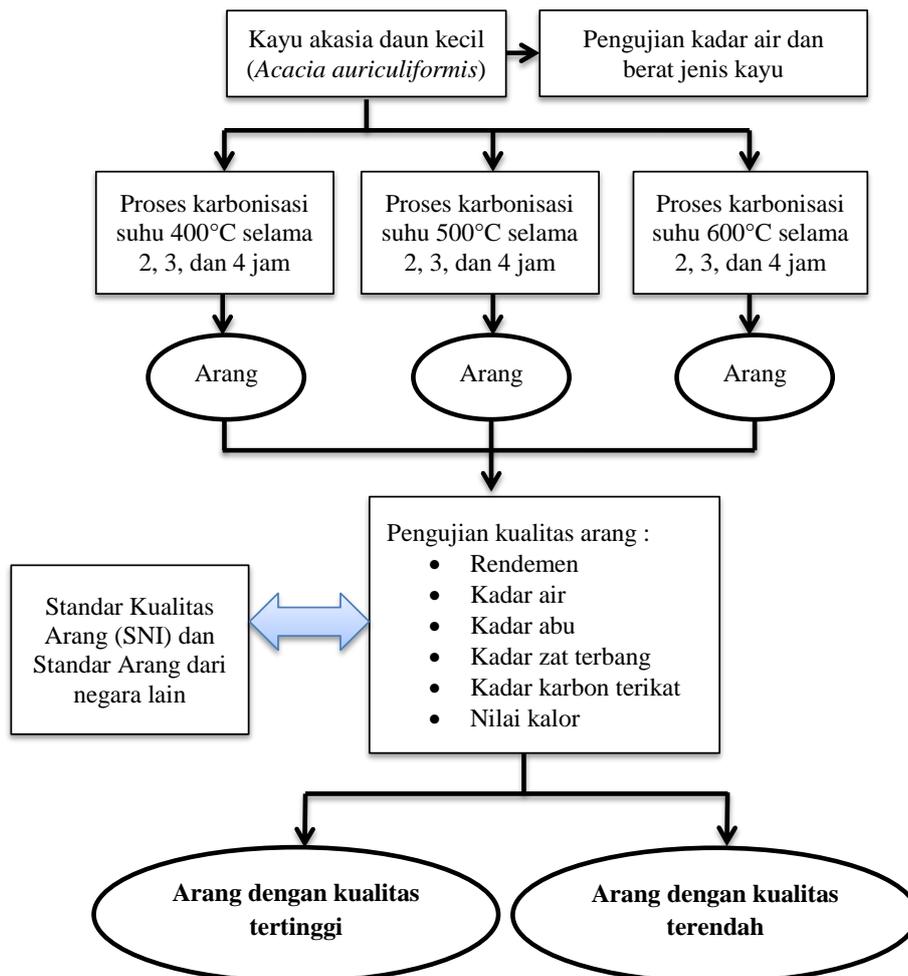
Potongan kayu yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam tungku pembakaran yang dilengkapi dengan instalasi destilasi. Proses pengarangan dilakukan pada suhu 400, 500, dan 600°C masing-masing selama 2, 3, dan 4 jam (Gambar 1). Arang yang

dihasilkan dalam proses pengarangan ini tetap didiamkan di dalam tungku yang telah dipadamkan apinya hingga menjadi dingin. Arang yang sudah dingin dikemas dalam kantong plastik dan asap cair yang dihasilkan ditampung dalam jerigen plastik. Selanjutnya masing-masing arang ditimbang untuk mendapatkan rendemen berat bersih.

2. Pengujian Kualitas Arang

Pada penelitian ini kualitas arang yang diperoleh dari masing-masing kombinasi perlakuan dianalisis mengikuti prosedur SNI 01-1683-1989 meliputi perhitungan kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan kadar karbon terikat serta rendemen. Perhitungan nilai kalor juga dilakukan mengikuti mengikuti ASTM (1998) untuk parameter nilai kalor ASTM D-2015.

Bagan Alir Kerangka Pemikiran Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Pembuatan dan Pengujian Kualitas Arang

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial (*Completely Randomized Design*) secara faktorial dengan 2 faktor perlakuan. Faktor pertama adalah suhu pengarangan yang terdiri atas 3 taraf, yaitu 400, 500, dan 600°C sedangkan faktor kedua adalah durasi pengarangan yang terdiri atas 3 taraf, yaitu 2, 3, dan 4 jam. Dari kedua faktor tersebut diperoleh 9 perlakuan dengan 3 kali ulangan sehingga diperoleh jumlah contoh uji sebanyak $(3 \times 3 \times 3)$ atau sejumlah 27 contoh uji dan kontrol, yaitu arang kayu akasia daun kecil dari pasaran.

Data yang terkumpul dilakukan analisis varian (ANOVA) untuk menentukan pengaruh perlakuan terhadap variabel yang diukur. Sebelum dilakukan analisis, terlebih dahulu dilihat sebaran normalitas datanya menggunakan uji Shapiro Wilk. Apabila terjadi sebaran tidak normal dilakukan transformasi menggunakan nilai log Y atau log Y+1 atau melihat *residual error* dari data. Jika hasil analisis sidik ragam menunjukkan perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan uji lanjutan Tukey HSD (*Honestly Significant Difference*).

ini memenuhi standar kualitas arang berdasarkan persyaratan SNI 01-1683-1989 (arang kayu), SNI 01-1506 -1989 (Arang kayu peleburan logam), SNI 01-6235 -2000 (briket arang kayu), dan standar arang dari Amerika dan Eropa.

Hasil analisis varians menunjukkan bahwa interaksi antara kedua faktor, yaitu suhu pengarangan dan durasi pengarangan masing-masing memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kadar air arang pada taraf uji 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas arang yang diamati pada penelitian ini meliputi kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, kadar karbon terikat, dan nilai kalor arang. Hasil pengujian kualitas arang kayu akasia daun kecil juga dibandingkan dengan SNI terkait dan standar arang dari berbagai negara merujuk pada perbandingan yang dilakukan oleh (Hastuti *et al.*, 2015). Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian kualitas arang kayu akasia daun kecil sekaligus perbandingannya dengan SNI terkait dan standar arang dari berbagai negara serta kontrol.

Kadar Air Arang

Penentuan kadar air arang bertujuan untuk mengetahui banyaknya air yang terdapat di dalam arang yang dinyatakan secara kuantitatif dalam persen. Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar air arang kayu akasia daun kecil yang diperoleh dari penelitian ini berkisar antara 0,14-1,73%. Nilai kadar air yang diperoleh dari penelitian

Tabel 1. Perbandingan antara Arang Kualitas Kayu Akasia Daun Kecil (*Acacia auriculiformis*) dengan Kualitas SNI dan Standar Arang dari Negara Lain serta Kontrol

Kode Sampel	Parameter					Nilai Kalor (Kal/g)
	Rendemen (%)	Kadar Air (%)	Kadar Zat Terbang (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Karbon Terikat (%)	
A1B1	24,64	1,09	44,09	1,18	53,65	7.572,15
A1B2	21,95	0,68	46,69	1,27	51,37	6.876,60
A1B3	24,24	0,53	49,55	0,87	49,06	6.892,87
A2B1	18,95	0,14	41,52	1,43	56,91	7.652,99
A2B2	22,66	0,83	37,70	0,85	60,62	7.684,90
A2B3	20,28	1,02	34,42	1,31	63,26	7.409,89
A3B1	17,29	1,73	30,09	0,87	67,32	7.944,24
A3B2	21,46	0,75	38,12	1,04	60,10	7.346,59
A3B3	15,38	1,15	30,98	1,35	66,53	7.378,27
Kontrol	-	2,36	41,32	4,12	52,20	6.115,22
SNI 01-1683 -1989 (Arang kayu)	-	Maks. 6	Maks. 30	Maks. 4	-	-
SNI 01-1506 -1989 (Arang kayu peleburan logam)	-	Maks. 6	Maks. 10	Maks. 4	Min. 80	Min. 8.000
SNI 01-6235 -2000 (Briket arang kayu)	-	Maks. 8	Maks. 15	Maks. 8	-	Min. 5.000
Amerika	-	Maks. 6	10-30	Maks. 3	60-80	-
Eropa	-	Maks. 6	20-30	Maks. 3	60-70	-
Jepang	-	6-10	5-20	Maks. 3	70-85	-
Inggris	-	-	12-15	1-3	Min. 80	-
Malaysia	-	-	10	4	Min. 70	Min 7.000

Keterangan: A1 = Suhu pengarangan 400°C

A2 = Suhu pengarangan 500°C

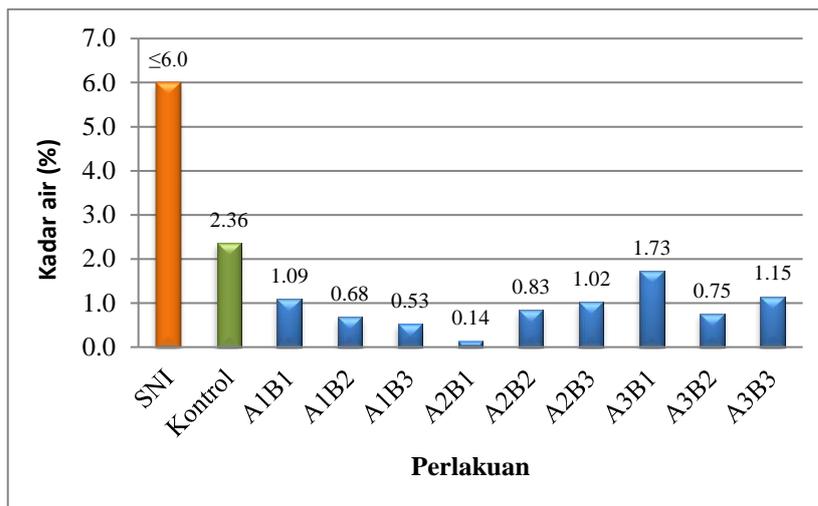
A3 = Suhu pengarangan 600°C

B1 = Durasi pengarangan selama 2 jam

B2 = Durasi pengarangan selama 3 jam

B3 = Durasi pengarangan selama 4 jam

Cetak tebal : Memenuhi SNI dan Standar dari Negara Lain



Gambar 2. Grafik Interaksi antara Suhu Pengarangan dan Durasi Pengarangan terhadap Kadar Air Arang Kayu Akasia Daun Kecil

Keterangan:

A1 = Suhu pengarangan 400°C

A2 = Suhu pengarangan 500°C

A3 = Suhu pengarangan 600°C

B1 = Durasi pengarangan selama 2 jam

B2 = Durasi pengarangan selama 3 jam

B3 = Durasi pengarangan selama 4 jam

Kontrol = Arang kayu akasia daun kecil di pasaran

SNI = Standar Nasional Indonesia 01-1683-1989 (arang kayu)

Pada Gambar 1 menunjukkan adanya kecenderungan makin tinggi suhu pengarangan dan semakin lama durasi yang digunakan secara bersama-sama, semakin rendah kadar air yang dihasilkan. Hal ini berarti bahwa kadar air yang ada di dalam dinding-dinding dan rongga-rongga sel kayu telah banyak mengalami penguapan seiring dengan peningkatan suhu pengarangan.

Pada dasarnya peningkatan suhu karbonisasi menyebabkan kerapatan semu arang akan semakin berkurang. Pada suatu kasus arang dari kayu *Eucalyptus* mengalami penurunan kerapatan semu dari 0,346 g/cm³ pada 400°C menjadi 0,268 g/cm³ pada suhu 750°C (Júnior *et al.*, 2016). Karbonisasi yang dilakukan pada suhu tinggi mampu membuka sumbatan pori-pori kayu melalui terjadinya penguapan tar sehingga meningkatkan porositas arang (Trugilho & Silva, 2001; Brown *et al.*, 2006; Somerville & Jahanshahi, 2015). Porositas arang yang meningkat dan dimilikinya sifat higroskopis menyebabkan arang lebih mudah menyerap dan mengeluarkan air dari lingkungan sekitar sehingga tercapai kadar air kesetimbangan (Salim, 2016).

Kadar Zat Terbang

Penetapan kadar zat terbang adalah untuk mengetahui kandungan senyawa yang belum menguap pada proses karbonisasi tetapi menguap pada suhu 950°C (Salim, 2016). Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar zat terbang arang kayu akasia daun kecil yang diperoleh dari penelitian ini berkisar antara 30,09-49,55%. Nilai kadar zat terbang yang diperoleh dari penelitian ini tidak memenuhi standar kualitas arang berdasarkan persyaratan SNI 01-1683-1989 (arang kayu), yaitu maksimum 30%. Hanya arang dengan perlakuan suhu 600°C selama 2 dan 4 jam yang nilainya masih dekat dengan angka 30. Nilai tersebut juga tidak memenuhi standar SNI lainnya dan standar arang dari negara lain. Nilai kadar zat terbang yang dihasilkan dari penelitian ini kurang lebih sama dengan nilai kadar zat terbang arang kayu akasia daun kecil dari pasaran (kontrol).

Hasil analisis varians didapatkan bahwa suhu pengarangan memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kadar zat

terbang arang pada taraf uji 5%. Sementara, durasi pengarangan dan interaksi antara kedua faktor tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap kadar zat terbang. Dari hasil uji lanjut Tukey HSD diketahui bahwa arang yang diperoleh melalui perlakuan suhu pengarangan 400°C berbeda nyata dengan arang yang diperoleh dengan perlakuan suhu pengarangan 500 dan 600°C.

Menurut Alpian *et al.* (2010), semakin tinggi kadar air dan berat jenis kayu, maka semakin tinggi pula nilai zat terbangnya. Kayu akasia daun kecil yang diarangkan pada penelitian ini juga memiliki kadar air yang cenderung tinggi, yaitu sekitar 21% sehingga kadar zat terbang yang dihasilkan pun juga tinggi. Hudaya & Hartoyo (1988) juga menyatakan perbedaan kadar zat terbang disebabkan oleh perbedaan kadar air, dimana makin tinggi kadar air makin tinggi pula kadar zat terbang yang dihasilkan. Selanjutnya Pari *et al.* (1996) melaporkan bahwa besarnya kadar zat terbang arang disebabkan adanya ketidaksempurnaan penguraian senyawa nonkarbon seperti CO₂, CO, CH₄, dan H₂. Tingginya kadar zat terbang dari penelitian ini menandakan bahwa ada turunan senyawa kimia dari ter yang masih banyak menempel pada permukaan arang.

Kadar Abu

Penetapan kadar abu bertujuan mengetahui banyaknya bahan bukan karbon yang tidak dapat terbakar dan menunjukkan jumlah mineral yang terdapat pada suatu bahan. Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar abu arang kayu akasia daun kecil yang diperoleh dari penelitian ini berkisar antara 0,85-1,43%. Nilai kadar abu yang diperoleh dari penelitian ini memenuhi standar kualitas arang berdasarkan persyaratan SNI dan standar arang dari negara lainnya. Hasil analisis varians pada Lampiran 1 menunjukkan bahwa suhu pengarangan, durasi pengarangan, dan interaksi antara kedua faktor tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap kadar abu.

Menurut Purwanto (2011), kadar abu dengan nilai kisaran 1-3% secara umum cocok untuk tujuan komersil. Schröder *et al.* (2007) menyebutkan bahwa keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori pada arang sehingga luas permukaan arang menjadi berkurang yang dapat memperlambat proses pembakaran dan

kalor yang dihasilkan juga rendah. Nilai kadar abu yang dihasilkan pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Ahmed *et al.* (2021) yang menggunakan kayu dengan jenis yang sama pada suhu awal 50°C hingga 900°C, yaitu sekitar 2,13–3,72%. Namun, nilai kadar abu dari penelitian ini lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Marsoem & Irawati (2016) yang menggunakan kayu dengan jenis yang sama pada suhu awal 100°C hingga 900°C, yaitu sekitar 0,25-0,42%.

Kadar Karbon Terikat

Penetapan kadar karbon terikat bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon setelah proses karbonisasi (Salim, 2016). Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar karbon terikat arang kayu akasia daun kecil yang diperoleh dari penelitian ini berkisar antara 49,06-67,32%. Nilai kadar karbon terikat yang diperoleh dari penelitian ini sebagian besar memenuhi standar kualitas arang berdasarkan persyaratan Standar Amerika dan Standar Eropa, yaitu minimum 60%. Nilai kadar karbon terikat pada penelitian ini cenderung lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai kadar karbon terikat arang kayu akasia daun kecil pasaran.

Hasil analisis varians diketahui bahwa hanya suhu pengarangan memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kadar zat terbang arang pada taraf uji 5%. Dari hasil uji lanjut Tukey HSD diketahui bahwa arang yang diperoleh melalui perlakuan suhu pengarangan 400°C berbeda nyata dengan arang yang diperoleh dengan perlakuan suhu pengarangan 500 dan 600°C.

Struktur kayu mulai berubah setelah dikarbonisasi pada suhu 200°C dan tampak jelas pada suhu 300°C. Kandungan karbon terikat arang meningkat dengan naiknya suhu karbonisasi sedangkan bahan mudah menguap (zat terbang) turun (Darmawan *et al.*, 2015). Kadar karbon terikat arang mengalami peningkatan secara progresif dan kemudian berangsur turun secara perlahan seiring dengan peningkatan suhu karbonisasi dari 300 ke 500°C (Yang *et al.*, 2020). Ketika suhu meningkat dari 400 ke 500°C, kadar kadar karbon terikat meningkat secara cepat dari 51,36% ke 60,26% atau meningkat sebanyak 8,9% sebagai akibat adanya penghilangan zat terbang yang

masih tertinggal sehingga karbon yang dihasilkan menjadi lebih stabil. Peningkatan yang signifikan ini diduga terjadi karena karbonisasi biomassa pada suhu 400°C didominasi oleh reaksi depolimerasi (Imam & Capareda, 2012). Namun, dalam penelitian ini penurunan kadar karbon terikat tidak terlihat secara nyata. Pada peningkatan suhu karbonisasi dari 500 ke 600°C, yaitu sebanyak 4,39% penambahan persentase kadar karbon terikat mengalami pelambatan hingga 50% bila dibandingkan dengan peningkatan suhu karbonisasi dari 400 ke 500°C. Ketika peningkatan suhu berlangsung, reaksi kondensasi mendominasi proses karbonisasi dan kadar karbon terikat terus meningkat. Ketika suhu naik lebih lanjut, reaksi kondensasi secara bertahap melambat dan laju pembentukan karbon terikat menurun mengakibatkan kadar karbon terikat berkurang (Al-Wabel *et al.*, 2013).

Kadar karbon terikat yang diperoleh dari penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Ahmed *et al.* (2021) yang menggunakan kayu dengan jenis yang sama pada suhu awal 50°C hingga 900°C, yaitu sekitar 16,50–27,92%. Namun, nilai kadar abu dari penelitian ini lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Marsoem & Irawati (2016) yang menggunakan kayu dengan jenis yang sama pada suhu awal 100°C hingga 900°C, yaitu sekitar 21,2–22,7%. Akan tetapi nilai kadar karbon terikat dari penelitian ini lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai kadar karbon terikat pada arang kayu jati (*Tectona grandis*), yaitu 80,18% (Salim, 2016).

Nilai Kalor

Nilai kalor arang menunjukkan kemampuan arang sebagai bahan bakar atau sumber energi. Semakin tinggi nilai kalor semakin besar kemampuannya sebagai bahan bakar (Lestari *et al.*, 2018). Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai kalor arang kayu akasia daun kecil yang diperoleh dari penelitian ini berkisar antara 6.876,60 - 7.944,24 kal/g. Nilai kalor yang diperoleh dari penelitian ini memenuhi standar kualitas arang berdasarkan persyaratan SNI 01-6235-2000 (briket arang kayu), yaitu minimum 5.000 kal/g. Jika dibandingkan dengan Standar Arang dari Malaysia, sebagian besar nilai kalor yang

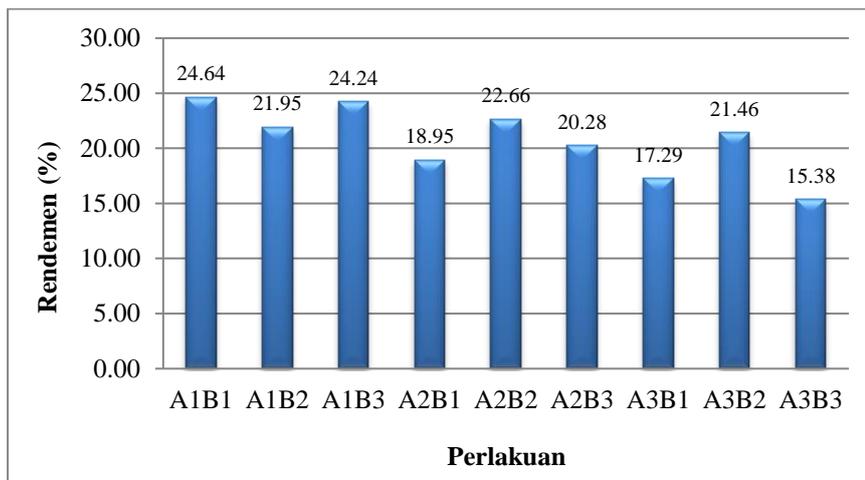
dihasilkan dari penelitian ini juga memenuhi persyaratan, yaitu minimum 7.000 kal/g. Namun, nilai ini tidak memenuhi standar kualitas arang kayu peleburan logam berdasarkan SNI 01-1506-1989 (min 8.000 kal/g) sehingga arang kayu akasia daun kecil yang diteliti tidak bisa digunakan untuk peleburan logam.

Hasil analisis varians pada Lampiran 1 menunjukkan bahwa suhu pengarangan, durasi pengarangan, dan interaksi antara kedua faktor tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kalor. Nilai kalor arang yang diperoleh dari penelitian ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan kontrol atau nilai kalor arang kayu akasia daun kecil dari pasar.

Pari *et al.* (1996) menyatakan bahwa besar kecilnya nilai kalor dipengaruhi kadar karbon terikat, makin besar kadar karbon terikat makin besar nilai kalor. Menurut Braadbaart *et al.* (2012), kadar air dan kadar abu berpengaruh terhadap nilai kalor arang karena tingginya kadar air dan kadar abu dapat menurunkan fraksi organik di dalam arang. Dalam hal ini kadar abu dan kadar ekstraktif adalah dua parameter kunci yang secara langsung berpengaruh terhadap nilai kalor. Sebagai bahan bakar biomassa, tingginya kadar abu dari suatu jenis kayu merupakan sesuatu yang kurang dikehendaki. Nilai kalor arang yang dihasilkan dari penelitian ini lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai kalor arang pada kayu gelam, yaitu 6.937,43-7.524,24 kal/g (Alpian *et al.*, 2011) dan nilai kalor arang pada kayu jati, yaitu 7.141 kal/g (Salim, 2016).

Rendemen

Penetapan rendemen bertujuan untuk mengetahui jumlah arang yang dihasilkan setelah melalui proses karbonisasi (Salim, 2016). Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa rendemen arang kayu akasia daun kecil yang diperoleh dari penelitian ini berkisar antara 15,38-24,64%. Hasil analisis varians diketahui bahwa interaksi antara kedua faktor, yaitu suhu pengarangan dan durasi pengarangan masing-masing memberikan pengaruh yang sangat berbeda nyata terhadap rendemen arang pada taraf uji 5%.



Gambar 3. Grafik Interaksi antara Suhu Pengarangan dan Durasi Pengarangan terhadap Rendemen Arang Kayu Akasia Daun Kecil

Keterangan:

- A1 = Suhu pengarangan 400°C
- A2 = Suhu pengarangan 500°C
- A3 = Suhu pengarangan 600°C
- B1 = Durasi pengarangan selama 2 jam
- B2 = Durasi pengarangan selama 3 jam
- B3 = Durasi pengarangan selama 4 jam

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai rendemen arang akasia daun kecil cenderung menurun seiring dengan peningkatan suhu pengarangan dan durasi pengarangan. Rendemen cenderung mencapai nilai maksimum ketika karbonisasi dilakukan pada suhu 400°C dengan durasi pengarangan selama 2 jam dan cenderung berkurang ketika karbonisasi dilakukan pada suhu 600°C dengan durasi pengarangan selama 4 jam. Peningkatan suhu dan durasi pengarangan menguntungkan untuk dekomposisi primer biomassa atau dekomposisi sekunder residu arang sehingga memungkinkan terjadinya tingkat karbonisasi lebih tinggi dan selanjutnya menurunkan rendemen arang (Yang *et al.*, 2020).

Besarnya rendemen arang yang dihasilkan dari proses karbonisasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yang menentukan kualitas kayu. Faktor tersebut terkait dengan sifat fisik, sifat mekanik, sifat kimia, karakter anatomi yang saling mempengaruhi (Pereira *et al.*, 2012). Rendemen arang sangat dipengaruhi oleh kecepatan proses disamping umur tanaman, berat jenis, dan komposisi kimia (Hudaya & Hartoyo, 1988). Dalam teori kinetika, semakin tinggi suhu yang digunakan, maka

laju reaksi akan semakin cepat. Peningkatan suhu mempercepat laju reaksi antara karbon dengan uap air sehingga semakin banyak karbon yang terkonversi menjadi H₂O dan CO₂, sebaliknya jumlah karbon yang dihasilkan semakin sedikit. Rendemen karbon menurun seiring dengan peningkatan suhu karbonisasi (Sudradjat *et al.*, 2005; Zhang *et al.*, 2012). Hal ini berkaitan dengan kadar air yang terdapat dalam kayu akasia daun kecil sebelum diarangkan, yaitu sekitar 21,63%. Nilai kadar air kayu tersebut tergolong tinggi karena melebihi persyaratan kadar air untuk bahan baku produk, yaitu maksimum 20% (Basri & Rulliaty, 2008). Komarayati dan Hendra (1994) juga menyebutkan bahwa perbedaan rendemen disebabkan oleh perbedaan kadar air, dimana semakin tinggi kadar air, maka semakin rendah rendemen yang dihasilkan.

Berat jenis kayu juga berpengaruh terhadap besarnya rendemen arang yang dihasilkan. Perbedaan berat jenis bahan berlignoselulosa ini dipengaruhi oleh tebal dinding serat dan komposisi kimia yang meliputi kadar selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Pari *et al.*, 2013). Pada penelitian ini kayu akasia daun kecil yang diarangkan memiliki berat jenis sekitar 0,48. Kayu

dengan berat jenis yang berkisar antara 0,36-0,56 termasuk dalam klasifikasi berat sedang (Pandit & Ramdan, 2002). Lebih lanjut Pari *et al.* (2013) menyebutkan rendemen dipengaruhi oleh berat jenis bahan, dimana semakin tinggi berat jenis, rendemen arang cenderung meningkat. Besarnya nilai berat jenis kayu yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan besarnya rendemen arang yang relatif kecil. Sebaliknya, kayu dengan berat jenis tinggi cenderung lebih kompak dan padat akan lebih tahan terdegradasi oleh panas pengarangannya sehingga menyebabkan rendemen arang lebih tinggi (Komarayati *et al.*, 2011).

Nilai rendemen rata-rata arang yang diperoleh dari penelitian ini lebih rendah bila dibandingkan dengan rendemen arang kayu gelam (*Malaleuca cajuputi*) dari hasil penelitian Alpian *et al.* (2011), yaitu berkisar antara 28,09-28,53%. Namun, nilai rendemen arang hasil penelitian ini hampir sama dengan nilai rendemen arang kayu jati (*Tectona grandis*) hasil penelitian Salim (2016), yaitu sebesar 21,33%.

SIMPULAN

Pengarangan kayu akasia daun kecil (*Acacia Auriculiformis*) pada suhu pengarangannya 600°C selama 2 jam menghasilkan arang dengan kualitas terbaik. Pada setelan ini diperoleh rendemen arang 17,29%; kadar air 1,73%; kadar zat terbang 30,09%; kadar abu 0,87%; kadar karbon terikat 67,32%; dan nilai kalor sebesar 7.944,24%. Setelan ini dipilih berdasarkan banyaknya parameter yang memenuhi atau mendekati persyaratan standar SNI, khususnya kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, dan nilai kalor sedangkan kadar karbon terikat memenuhi Standar Amerika.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai dan segenap keluarga besar BPSILHK Banjarbaru, rekan-rekan di Baristand Banjarbaru (Pak Dwi, Pak Saibatul, dkk), rekan-rekan di Lab. Kayu (Fakultas Kehutanan, ULM), dan keluarga tercinta atas segala dukungan, kerjasama, dan masukkan dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Jauhari, A., & Afriza, M. H. (2018). Kajian potensial dan pengembangan pengusaha arang kayu di Desa Ranggung Luar, Kecamatan Takisung, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Hutan Tropis*, 6(2), 108–115.
- Ahmed, A., Hidayat, S., Abu Bakar, M. S., Azad, A. K., Sukri, R. S., & Phusunti, N. (2021). Thermochemical characterisation of *Acacia auriculiformis* tree parts via proximate, ultimate, TGA, DTG, calorific value and FTIR spectroscopy analyses to evaluate their potential as a biofuel resource. *Biofuels*, 12(1), 9–20. <https://doi.org/10.1080/17597269.2018.1442663>
- Al-Wabel, M. I., Al-Omran, A., El-Naggar, A. H., Nadeem, M., & Usman, A. R. A. (2013). Pyrolysis temperature induced changes in characteristics and chemical composition of biochar produced from *Conocarpus* wastes. *Bioresource Technology*, 131, 374–379. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.12.165>
- Alpian, Prayitno, T. A., Sutapa, G. J. P., & Budiadi. (2011). Kualitas arang kayu Gelam (*Melaleuca cajuputi*). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis*, 9(2), 141–152.
- Alpian, Prayitno, T. A., Sutapa, J. P. G., & Budiadi. (2010). Kualitas Arang Aktif Kayu Gelam dan Aplikasinya untuk Meningkatkan Kualitas Air. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis*, 8(2), 155–168.
- Basri, E., & Rulliaty, S. R. (2008). Pengaruh Sifat Fisik Dan Anatomi Terhadap Sifat Pengeringan Enam Jenis Kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 26(3), 253–262. <https://doi.org/10.20886/jphh.2008.26.3.253-262>
- Braadbaart, F., Poole, I., Huisman, H. D. J., & van Os, B. (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. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.10.009>

- Darmawan, S., Syafii, W., Wistara, N. J., Maddu, A., & Pari, G. (2015). Kajian struktur arang-pirolisis, arang-hidro dan karbon aktif dari kayu Acacia mangium Willd. menggunakan difraksi sinar-x. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(2), 81–92.
- Dwiprabowo, H. (2010). Kajian Kebijakan Kayu Bakar Sebagai Sumber Energi di Pedesaan Pulau Jawa. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 7(1), 1–11. Retrieved from <http://ejournal.fordamof.org/ejournal-litbang/index.php/JAKK/article/view/266>
- Efiyanti, L., Wati, S. A., Setiawan, D., Saepuloh, S., & Pari, G. (2020). Sifat Kimia dan Kualitas Arang Lima Jenis Kayu Asal Kalimantan Barat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 38(1), 45–56. <https://doi.org/10.20886/jphh.2020.38.1.45-56>
- Hastuti, N., Pari, G., Setiawan, D., Mahpudin, & Saepuloh. (2015). Kualitas arang enam jenis kayu asal Jawa Barat sebagai produk destilasi kering. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(4), 337–346. <https://doi.org/10.20886/jphh.v33i4.934.337-346>
- Hendrarti, R. L., Nurrohmah, S. H., Susilawati, S., & Budi, S. (2014). *Budidaya Acacia auriculiformis untuk Kayu Energi*. Bogor: IPB Press. Retrieved from http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Acacia_auriculiformis.PDF
- Hudaya, N., & Hartoyo. (1988). Hasil Destilasi Kering Kayu dan Nilai Kalor dari Beberapa Jenis Kayu Hutan Tanaman Industri. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 5(6), 348–352.
- Imam, T., & Capareda, S. (2012). Ultrasonic and high-temperature pretreatment, enzymatic hydrolysis and fermentation of lignocellulosic sweet sorghum to bio-ethanol. *International Journal of Ambient Energy*, 33(3), 152–160. <https://doi.org/10.1080/01430750.2012.686195>
- Jam, D. F., Syamsuwida, D., & Aminah, A. (2016). Pola Pembungaan dan Pembuahan Akor (Acacia auriculiformis) di Parungpanjang - Bogor. *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 4(1), 43–52. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20886/jpth.2016.4.1>
- Júnior, A. F. D., Pirola, L. P., Takeshita, S., Lana, A. Q., Brito, J. O., & de Andrade, A. M. (2016). Higroscopicity of charcoal produced in different temperatures. *Cerne*, 22(4), 423–430. <https://doi.org/10.1590/01047760201622032175>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2019). *Statistik Kementria Lingkungan Hiudp dan kehutanan*. (Pusat Data dan Informasi, Ed.). Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Komarayati, S., Gusmailina, & Pari, G. (2011). Produksi Cuka Kayu Hasil Modifikasi Tungku Arang Terpadu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(3), 234–247.
- Komarayati, S., & Hendra, D. (1994). Hasil Destilasi Kering dan Nilai Kalor Kayu Nangka (Artocarpus heterophyllus Lemk). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 12(2), 39–41. <https://doi.org/DOI:10.20886/jphh.1994.12.2.84-88>
- Lestari, R. Y., Harsono, D., & Rahmi, N. (2018). Karakteristik arang bambu haur (Bambusa vulgaris Schrad) dan Cina (Arundinaria gigantea (Walter) Muhl) dari tempat tumbuh yang berbeda. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 10(1), 1–10.
- Mahdie, M. F. (2010). Briket Arang dari Limbah Arang PT. Citra Prima Utama Banjarbaru. *Jurnal Hutan Tropis*, 11(29), 1–8.
- Marsoem, S. N., & Irawati, D. (2016). Basic properties of Acacia mangium and Acacia auriculiformis as a heating fuel. *AIP Conference Proceedings*, 1755(July). <https://doi.org/10.1063/1.4958551>
- Naparin, M. (2010). *Analisis Alternatif Saluran Distribusi Komoditas Ekspor Arang Kayu di Kalimantan Selatan. Tidak diterbitkan*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Nizar, M., & Nugraha, A. (2020). Analisa Pemanfaatan Briket Limbah Arang Kayu Alaban Di Desa Tapuk Kecamatan Limpasu Kabupaten Hulu Sungai Tengah. *Info Teknik*, 21(1), 75–84.
- Pandit, I. K. N., & Ramdan, H. (2002). *Anatomi kayu: pengantar sifat kayu sebagai bahan baku*. Bogor: Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

- Pari, G., Buchari, & Sulaeman, A. (1996). Pembuatan dan Kualitas Arang Aktif dari Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*) Sebagai Bahan Adsorben. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 14(7), 274–289.
- Pari, G., Santoso, A., Hendra, D., Buchari, Maddu, A., Rachmat, M., ... Darmawan, S. (2013). Karakterisasi Struktur Nano Karbon dari Lignosellulosa. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 31(1), 75–91.
- Pereira, E. G., Da Silva, J. N., De Oliveira, J. L., & MacHado, C. S. (2012). Sustainable energy: A review of gasification technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 4753–4762.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.04.023>
- Purwanto, D. (2011). Arang dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(1), 57–66.
- Puspitojati, T., Mile, M. Y., Fauziah, E., & Darusman, D. (2014). *Hutan Rakyat: Sumbangsih Masyarakat Pedesaan Untuk Hutan Tanaman*. (Bahruni, Ed.). Yogyakarta: PT Kanisius.
- 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.
<https://doi.org/10.24111/jrihh.v8i2.2113>
- Schröder, E., Thomauske, K., Weber, C., Hornung, A., & Tumiatti, V. (2007). Experiments on the generation of activated carbon from biomass. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 79, 106–111.
<https://doi.org/10.1016/j.jaap.2006.10.015>
- Shanavas, A., & Kumar, B. M. (2003). Fuelwood Characteristics of Tree Species in Homegardens of Kerala, India. *Agroforestry Systems*, 58, 11–24.
- Sudradjat, R., Anggorowati, A., & Setiawan, D. (2005). Pembuatan Arang Aktif dari Kayu Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 23(4), 299–315.
<https://doi.org/10.20886/jpjh.2005.23.4.299-315>
- Suhaendah, E., & Siarudin, M. (2019). Intensitas Serangan Hama Kumbang Moncong Pada Agroforestri Akor (*Acacia auriculiformis*). *Jurnal Agroforestri Indonesia*, 2(1), 19–25.
<https://doi.org/10.20886/jai.2019.2.1.19-25>
- Trugilho, P. F., & Silva, D. A. da. (2001). Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão vegetal de jatobá (*Himenea courbaril* L.). *Scientia Agrária*, 2(2), 45–53.
<https://doi.org/10.5380/rsa.v2i1.976>
- Tsoumis, G. (1968). Wood As Raw Material - Source, Structure, Chemical Composition, Growth, Degradation and Identificatio. *Wood As Raw Material*.
- Yang, X., Kang, K., Qiu, L., Zhao, L., & Sun, R. (2020). Effects of carbonization conditions on the yield and fixed carbon content of biochar from pruned apple tree branches. *Renewable Energy*, 146, 1691–1699.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.148>
- Zhang, W. B., Li, W. Z., & Zheng, B. S. (2012). Comparative analysis on chemical composition and charcoal characterization of two *Miscanthus* species. In *Advanced Materials Research*.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.415-417.1265>