

Kualitas Arang Kayu Gelam (*Melaleuca cajuputi*) (Quality of Charcoal Made from Gelam Wood (*Melaleuca cajuputi*))

Alpian¹, Tibertius A Prayitno², Gentur JP Sutapa², Budiadi²

¹ Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya, Kampus UNPAR Tunjung Nyaho, Palangka Raya 73111

² Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur, Yogyakarta 55281

Corresponding author: alpianmeran@yahoo.com (Alpian)

Abstract

Gelam (*Melaleuca cajuputi*) dominantly found on tidal swamp areas of Central Kalimantan. The study was conducted to investigate the quality of charcoal from stem section based on the grow place, the location of A (flooded of the big tidal, peat thickness is 51-100 cm), location B (unflooded of the big tidal, peat thickness is 101-200 cm), and the stages of tree growth (saplings, poles, and trees). The parameters observed were yield, moisture content, volatile matter content, ash content, carbon content in bound, and calorific value. Charcoal from gelam generally meets the requirement of SNI 01-1683-1989, SNI 06-4369-1996, and Malaysia standards. The average value of the charcoal yield is 28.090-28.545%, the charcoal water content is 4.605-5.413%, the volatile matter content of charcoal is 30.286-34.635%, the ash content of charcoal is 1.840-2.386%, the bonded carbon content of charcoal is 58.37-62.46%, and the charcoal calorific value is 6937.43-7530.09 cal g⁻¹.

Key words: biomass energy, calorific value, charcoal, *Melaleuca cajuputi*

Pendahuluan

Potensi tegakan gelam berdasarkan survey yang dilakukan di areal bekas PLG pada blok D di Provinsi Kalimantan Tengah dan data hasil inventarisasi vegetasi penyusun hutan (BPDAS Kahayan 2007) pada kedua lokasi tersebut didominasi jenis pohon gelam. Berat jenis kayu gelam 0,85, kelas awet III dan kelas kuat II (Rachmanady *et al.* 2003). Berat jenis kayu berhubungan dengan kualitas arang kayu yang dihasilkan (Seng 1990).

Arang sebagai salah satu sumber energi biomassa yang dapat diperbaharui merupakan energi biomassa yang berperan dalam kehidupan rumah tangga, usaha kecil dan industri. Arang merupakan residu yang berbentuk padat hasil proses pembakaran dalam timbunan, tanur dan retort tanpa atau dengan udara terbatas.

Arang kayu dipergunakan untuk memasak bahan-bahan tertentu seperti masak nasi, rebus air, memanggang ikan dan daging (sate). Membakar daging sate atau ikan masih menggunakan arang agar cita rasanya bisa terjaga. Beberapa pedagang makanan tidak mau menggunakan kompor minyak atau gas untuk memasak makanannya seperti nasi goreng atau yang lainnya dengan alasan yang sama.

Nurhayati dan Herdinie (2007) menyatakan bahwa sekitar 2,4 milyar penduduk masih tergantung pada bahan bakar tradisional biomassa untuk memasak dan pemanas. Sampai dengan tahun 2030, lebih dari 2,6 milyar penduduk masih bergantung pada bahan bakar biomassa. Di Indonesia, minyak adalah jenis energi yang dominan dalam pasokan energi pada kurun waktu 1990-2005, disusul oleh

biomassa dan gas. Tahun 2005 pasokan minyak tercatat sebesar 524.045 ribu SBM (Setara Barel Minyak; 1 barel = 159 liter), gas sebesar 212.790 ribu SBM dan biomassa sebesar 270.122 ribu SBM.

Kementerian Kehutanan (2010) menjelaskan bahwa ekspor arang Indonesia tahun 2007 sebesar 210.343,121 ton dengan nilai (USD) 46.104.15; tahun 2008 sebesar 201.250,934 ton dengan nilai (USD) 54.793.339; tahun 2009 sebesar 199.058,850 ton dengan nilai (USD) 64.854.238. Jumlah total ekspor arang tahun 2007-2009 sebesar 610.652,905 ton dengan nilai (USD) 165.751,730. Negara tujuan ekspor arang adalah Korea, Jepang, Cina, Norwegia, Taiwan, Saudi Arabia, Malaysia, Singapura, Bahrain, Belgia, Jerman, Perancis, Australia, Hong Kong, dan negara lainnya.

Pari (2010) menyatakan Indonesia kedepannya masih tetap mempunyai peluang sebagai negara pengekspor arang, arang aktif dan arang nano terbesar karena mempunyai keunggulan dalam hal ketersediaan bahan baku yang bersifat terbarukan (*renewable*) melalui percepatan penanaman HTI, ketersediaan teknologi dan sumber daya manusia. Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi perlu memperhatikan masalah produksi biomassa meliputi pertumbuhan dan pemanenan dan konversinya menjadi energi meliputi metoda konversi energi dan pemanfaatan energi (Syafii 1996).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian kualitas arang dari bagian batang gelam diperlukan dalam upaya pengembangan pemanfaatan potensi gelam di Kalimantan Tengah. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi kualitas arang dari beberapa lokasi tempat tumbuh, diameter, dan tahap pertumbuhan pohon gelam (*Melaleuca cajuputi*).

Bahan dan Metode

Sampel pohon

Pohon yang dijadikan sampel diambil dari 2 lokasi tempat tumbuh gelam dengan besar diameter yang sama berdasarkan tahap pertumbuhan pohon (pancang, tiang dan pohon) terlihat pada Tabel 1. Pengambilan sampel uji mengacu pada Alpian *et al.* (2010).

Penyiapan bahan

Sampel batang di potong dengan ukuran (2x2x4) cm³ untuk keseragaman ukuran. Sampel batang dikeringanginkan selama 1 bulan. Hasil perhitungan kadar air kering udara berdasarkan tahapan pertumbuhan pohon tertera pada Tabel 2.

Pirolisis

Sampel yang telah kering angin ditimbang berat, kemudian di masukan dalam retort listrik dan di panaskan dengan suhu 500 °C selama 3 jam secara terpisah berdasarkan lokasi dan tahapan pertumbuhan pohon dan didinginkan selama 24 jam, lalu di timbang berat arangnya.

Pengujian kualitas arang

Sampel arang diuji kualitasnya mengacu pada standar ASTM (2005) meliputi kadar air (ASTM D3173), kadar zat mudah menguap (ASTM 3175), kadar abu (ASTM D 3174), kadar karbon terikat (ASTM D 3172) dan ASTM (1998) untuk parameter nilai kalor (ASTM D 2015).

Analisis data

Analisis data menggunakan percobaan faktorial dengan rancangan dasar rancangan acak lengkap (RAL) dengan 2 faktor perlakuan, yaitu lokasi tempat tumbuh gelam (A) dan tahapan pertumbuhan pohon (B).

Tabel 1 Data contoh pohon gelam pada lokasi A dan B

Tahapan pertumbuhan pohon	Keliling pohon (cm)	Diameter pohon (cm)	Tinggi pohon (cm)	Panjang batang (cm)	Tinggi tajuk (cm)	Diameter tajuk (cm)	Kedalaman akar (cm)
Pancang A	4,50	*1,43	288,63	245,63	134,50	59,50	42,50
	9,50	3,02	715,00	435,00	250,00	100,00	40,00
	13,00	*4,14	872,00	630,00	300,00	150,00	55,00
	19,00	6,05	1020,00	800,00	400,00	170,00	75,00
	26,00	*8,28	1050,00	800,00	400,00	180,00	80,00
Tiang A	32,00	*10,19	1071,00	800,00	406,00	238,00	85,00
	38,00	12,10	1173,00	800,00	553,00	243,00	90,00
	44,00	*14,01	1289,00	989,00	570,00	250,00	95,00
	50,00	15,92	1341,00	966,00	575,00	332,00	98,00
	56,00	*17,83	1343,00	1000,0	600,00	358,00	99,00
Pohon A	63,00	*20,05	1347,00	953,00	634,00	379,00	100,00
	75,00	23,87	1490,00	990,00	800,00	386,00	115,00
	83,00	*26,42	1750,00	1200,00	820,00	570,00	118,00
	94,00	29,92	1850,00	1200,00	850,00	600,00	133,00
	100,00	*31,83	1880,00	1200,00	800,00	600,00	139,00
Jumlah A	713,30	227,10	18936,63	13450,70	8253,1	4668,11	1421,4
Rataan A	37,54	11,95	996,67	707,93	434,37	245,69	74,811
Pancang B	4,50	*1,43	331,75	275,00	136,00	62,00	54,00
	9,50	3,02	622,00	545,00	250,00	90,00	70,00
	13,00	*4,14	780,00	600,00	270,00	100,00	80,00
	19,00	6,05	1100,00	800,00	300,00	120,00	80,00
	26,00	*8,28	1190,00	980,00	350,00	155,00	80,00
Tiang B	32,00	*10,19	1370,00	1000,00	530,00	220,00	90,00
	38,00	12,10	1430,00	1000,00	550,00	250,00	90,00
	44,00	*14,01	1450,00	1000,00	560,00	300,00	100,00
	50,00	15,92	1460,00	1150,00	580,00	330,00	100,00
	56,00	*17,83	1620,00	1230,00	660,00	340,00	110,00
Pohon B	63,00	*20,05	1650,00	1200,00	670,00	350,00	110,00
	75,00	23,87	1720,00	1350,00	690,00	400,00	130,00
	83,00	*26,42	1740,00	1320,00	720,00	430,00	135,00
	94,00	29,92	1850,00	1350,00	770,00	450,00	140,00
	100,00	*31,83	1945,00	1355,00	795,00	450,00	140,00
Jumlah B	713,30	227,10	20701,75	15579,75	8008,3	4101,51	1574,61
Rataan B	37,54	11,95	1089,57	819,99	421,49	215,87	82,87

Keterangan: *) contoh uji yang dianalisis nilai kalornya

Data yang diperoleh dianalisis dengan bantuan program komputer *Microsoft Excel* dan *SPSS (Statistical Product and Service Solution)* 12. Model rancangan statistika yang digunakan adalah (Sudjana 1985):

$$Y_{ijk} = \hat{\mu} + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{k(ij)}$$

$i = 1, 2, \dots, a$ $a=2$ (lokasi penelitian)

$j = 1, 2, \dots, b$ $b=3$ (tahapan pertumbuhan pohon)

$k = 1, 2, \dots, r$ $r =$ ulangan

Y_{ijk} = Perbedaan nilai karena efek perbedaan lokasi penelitian dan kelas diameter pohon.

$\hat{\mu}$ = Efek rata-rata yang sebenarnya

A_i = Efek sebenarnya pada taraf ke- i faktor lokasi penelitian

B_j = Efek sebenarnya pada taraf ke- j faktor tahapan pertumbuhan pohon

AB_{ij} = Efek interaksi antara taraf ke- i faktor lokasi penelitian dengan taraf ke- j tahapan pertumbuhan pohon.

$\epsilon_{k(ij)}$ = Kesalahan percobaan

Faktor A terdiri dari 2 level, yaitu rawa pasang surut tipe terluapi pasang besar dengan ketebalan gambut dangkal/ 5-100 cm dan rawa pasang surut tipe tidak terluapi pasang dengan air tanah dangkal dengan ketebalan gambut sedang/ 101-200 cm. Faktor B terdiri dari 3 level, yaitu pancang (*sapling*) tinggi pohon > 1,5 m, diameter pohon < 10 cm, tiang (*pole*) diameter pohon 10-20 cm dan pohon (*tree*) diameter pohon > 20 cm. Hasil analisis varian jika berbeda nyata dilakukan pengujian lanjut Tukey HSD/*Honestly Significant Difference* (Hanafiah 1993).

Hasil dan Pembahasan

Kadar air sampel batang berdasarkan tahapan pertumbuhan

Data kadar air sampel batang berdasarkan tahapan pertumbuhan pohon yang dikeringanginkan selama 1 bulan seperti terlihat pada Tabel 2.

Kualitas arang rata-rata berdasarkan lokasi tempat tumbuh

Kualitas arang berdasarkan tempat tumbuh dan tahapan pertumbuhan pohon dengan parameter yang diuji meliputi rendemen, kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, kadar karbon terikat dan nilai kalor tersaji pada Tabel 3 dan 4.

Hasil analisis statistika menunjukkan bahwa lokasi tempat tumbuh tidak signifikan berpengaruh terhadap kadar zat mudah menguap, kadar karbon terikat dan nilai kalor, sedangkan lokasi tempat tumbuh berpengaruh terhadap rendemen, kadar air, dan kadar abu. Kadar abu interaksi antara faktor A dan B tidak berpengaruh signifikan.

Nilai rata-rata parameter pengujian pada Tabel 3 menunjukkan nilai yang selisihnya tidak besar sehingga dapat secara umum dapat disimpulkan lokasi tempat tumbuh tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas arang sehingga tidak dilakukan pengujian lanjutan Tukey HSD (*Honestly Significant Difference*). Lokasi tempat tumbuh secara umum tidak berpengaruh berdasarkan perhitungan berdasarkan perhitungan analisis varian dan nilai rata-rata yang selisihnya tidak terlalu besar pada Tabel 3.

Tabel 2 Kadar air kering udara sampel uji berdasarkan tahapan pertumbuhan pohon

Tahapan pertumbuhan pohon	Lokasi A (%)	Lokasi B (%)
Pancang	13,570	14,390
Tiang	14,006	14,729
Pohon	13,890	11,713
Jumlah	13,822	13,611

Tabel 3 Kualitas arang berdasarkan tempat tumbuh

Parameter uji	Lokasi A	Lokation B
Rendemen rata-rata (%)	28,743	27,848
Kadar air rata-rata (%)	4,874	5,208
Kadar zat terbang rata-rata (%)	32,649	32,478
Kadar abu rata-rata (%)	1,845	2,241
Kadar karbon terikat rata-rata (%)	60,632	60,073
Nilai kalori rata-rata (kal g ⁻¹)	7465,976	714,359

Kualitas arang rata-rata berdasarkan tahapan pertumbuhan pohon

Analisis statistika menunjukkan bahwa tahapan pertumbuhan pohon berpengaruh sangat signifikan terhadap kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, kadar karbon terikat, dan nilai kalor, sedangkan rendemen tidak berpengaruh signifikan.

Nilai rata-rata parameter pengujian (Tabel 4) menunjukkan nilai agak berbeda sehingga secara umum dapat disimpulkan tahapan pertumbuhan pohon berpengaruh sangat signifikan terhadap kualitas arang. Oleh karena itu, pengujian lanjutan Tukey HSD (*Honestly Significant Difference*) dilakukan terhadap parameter pengujian yang berpengaruh sangat signifikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa bagian pancang, tiang, dan pohon memiliki kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, dan kadar karbon terikat yang berbeda, sedangkan nilai kalor bagian tiang berbeda dengan bagian pancang dan pohon.

Standar kualitas arang

Standar kualitas arang dibuat sebagai acuan untuk menilai mutu produk arang dalam pemanfaatannya. Standar kualitas arang di Indonesia dan beberapa negara lainnya terlihat pada Tabel 5.

Rendemen

Nilai rata-rata rendemen arang bertujuan mengetahui jumlah arang yang dihasilkan setelah proses pirolisis. Nilai rendemen arang rata-rata berdasarkan tahapan pertumbuhan berkisar antara 28,090-28,526%. Nilai rendemen rata-rata arang tahapan pancang < pohon < tiang (Tabel 4). Tahapan pancang memiliki rendemen lebih kecil berdasarkan pengamatan secara visual terlihat warna kayu pada tingkat tiang dan pohon berwarna agak gelap yang menandakan sudah terbentuk kayu teras yang tentunya berpengaruh terhadap berat jenis kayu. Pari (1996) menyatakan pengaruh berat jenis kayu ada kecenderungan makin tinggi berat jenis kayu maka rendemen arang yang

dihasilkan makin besar. Seng (1990) menyatakan ada kecenderungan berat jenis kayu bertambah besar dengan semakin membesarnya diameter pohon.

Pengujian statistika menunjukkan bahwa rendemen pancang, tiang dan pohon tidak berbeda signifikan. Nilai rendemen rata-rata yang diperoleh hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Murti dan Sutapa (2010) yang meneliti kualitas limbah gergajian batang kelapa untuk bahan arang dengan rendemen rata-rata sebesar 27,749%. Nilai rendemen arang hasil penelitian ini lebih besar dibandingkan nilai rendemen hasil penelitian (Komarayati *et al.* 2011) berkisar antara 9,90-21,18 %.

Kadar air

Nilai kadar air dalam arang berkaitan dengan sifat higroskopis arang terhadap air. Kadar air arang rata-rata berdasarkan tahapan pertumbuhan menunjukkan bahwa kadar air arang dari tahapan pancang < tiang < pohon (Tabel 4). Kadar air tahapan pancang lebih kecil disebabkan proses pirolisis yang berlangsung dengan baik sehingga kandungan air menguap selama proses pirolisis.

Hendra (2007) menjelaskan rendahnya kadar air menunjukkan bahwa kandungan air bebas dan air terikat yang terdapat

dalam bahan telah menguap selama proses karbonisasi. Jumlah sampel (tiang dan pohon) yang lebih besar dari pancang menyebabkan proses pirolisis menjadi kurang optimal.

Pengujian statistika menunjukkan kadar air pancang, tiang dan pohon tidak berbeda signifikan. Kadar air arang yang dihasilkan dalam penelitian ini < 6% sehingga memenuhi semua standar kualitas arang seperti pada Tabel 5. Patoni *et al.* (1995) menyatakan arang hasil karbonisasi dipengaruhi oleh suhu maksimum, lamanya proses karbonisasi, kadar air, ukuran dan jenis bahan baku. Nilai kadar air arang hasil penelitian ini lebih kecil dibandingkan nilai kadar air hasil penelitian Komarayati *et al.* (2004) yang berkisar antara 5,23-7,81% dan penelitian Komarayati *et al.* (2011) yang berkisar antara 2,57-9,63%.

Kadar zat mudah menguap

Nilai kadar zat mudah menguap arang berhubungan dengan kandungan senyawa yang mudah menguap dalam arang. Nilai kadar zat mudah menguap arang rata-rata berdasarkan tahapan pertumbuhan menunjukkan bahwa kadar zat mudah menguap arang tahapan pancang > tiang > pohon (Tabel 4).

Tabel 4 Kualitas arang berdasarkan tahapan pertumbuhan pohon

Parameter uji	Pancang	Tiang	Pohon
Rendemen rata-rata (%)	28,090	28,545	28,252
Kadar air rata-rata (%)	4,605	5,145	5,413
Kadar zat terbang rata-rata (%)	34,635	32,751	30,286
Kadar abu rata-rata (%)	2,386	1,953	1,840
Kadar karbon terikat rata-rata (%)	58,374	60,151	62,461
Nilai kalori rata-rata (kal g ⁻¹)	7524,244	6937,427	7374,128

Tabel 5 Standar kualitas arang

Jenis standar	Kadar air (%)	Kadar zat terbang (%)	Kadar abu (%)	Kadar karbon terikat (%)	Nilai kalor (kal g ⁻¹)
Nilai uji kualitas arang kayu gelam	4,605-5,413	30,286-34,635	1,840-2,386	58,374-62,461	6937,427-7530,089
SNI 01-1683-1989	maks. 6	maks. 30	maks. 4	-	-
SNI 01-1506-1989	maks. 6	maks. 10	maks. 4	min. 80	min. 8000
SNI 06-4369-1996	maks.. 6	maks. 20	maks. 5	min. 70	min. 7000
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. 7000

Keterangan : - = tidak ada nilai dalam standar.

Kadar zat mudah menguap pancang lebih besar disebabkan perbedaan berat jenis kayu. Seng (1990) menyatakan ada kecenderungan berat jenis kayu bertambah besar dengan semakin membesarnya diameter pohon. Penelitian Komarayati dan Gusmailina (1994) serta Sudradjat (1983) meenunjukkan juga bahwa kadar zat mudah menguap dipengaruhi oleh kerapatan kayu, yaitu semakin tinggi kerapatan kayu, maka kadar zat mudah menguap semakin rendah.

Pengujian statistika menunjukkan kadar zat mudah menguap pada pancang, tiang dan pohon berbeda sangat signifikan dan pengujian lanjutan Tukey menunjukkan pancang dan tiang berbeda signifikan dari pohon. Hudaya *et al.* (1989) menyatakan perbedaan kadar zat mudah menguap disebabkan oleh perbedaan kadar air,

makin tinggi kadar air makin tinggi pula kadar zat mudah menguap. Kadar zat mudah menguap arang lebih besar disebabkan karena tidak sempurnanya penguraian senyawa non karbon seperti CO₂, CO, CH₄ dan H₂ (Pari *et al.* 2000).

Anonim (1982) menyebutkan bahan arang untuk keperluan rumah tangga tidak begitu mementingkan sifat karbon terikat yang tinggi dan zat terbang yang rendah serta suhu pengarangan tidak perlu terlalu tinggi. Kadar karbon terikat sebesar 60% dan kadar zat mudah menguap 30-35% cukup baik penggunaannya untuk keperluan rumah tangga meskipun sedikit menyala. Kadar zat mudah menguap arang yang dihasilkan dalam penelitian ini > 30% sehingga tidak memenuhi semua standar kualitas arang seperti pada Tabel 5.

Kadar abu

Nilai kadar abu dalam arang berhubungan dengan kandungan anorganik. Kadar abu arang rata-rata berdasarkan tahapan pertumbuhan menunjukkan bahwa kadar abu arang tahapan pancang > tiang > pohon (Tabel 4). Nilai kadar abu pada tahapan pancang lebih besar disebabkan perbedaan kandungan komponen anorganik dalam batang. Kadar abu dalam batang tahapan tiang dan pohon lebih kecil karena kandungan komponen anorganik dalam batang lebih kecil dari tahapan pancang. Hendra dan Winarni (2003) menyatakan bahwa bahan baku yang digunakan memiliki komposisi kimia dan jumlah mineral yang berbeda-beda sehingga mengakibatkan kadar abu yang dihasilkan berbeda pula.

Pengujian statistika menunjukkan kadar abu pada pancang, tiang dan pohon berbeda sangat signifikan dan pengujian lanjutan Tukey menunjukkan pancang berbeda signifikan dari tiang dan pohon. Perbedaan kadar abu ini disebabkan komponen anorganik yang berbeda pada masing-masing pohon. Brown *et al.* (1952) menyatakan residu yang tersisa setelah pembakaran yang sempurna dari kayu disebut abu. Komponen utama abu kayu adalah kalsium (Ca), kalium (K), dan magnesium (Mg), meskipun sejumlah kecil natrium (Na), mangan (Mn), besi (Fe), dan aluminium (Al). Radikal asam terjadi di abu kayu adalah karbonat, fosfat, silikat, sulfat, dan klorida.

Unsur-unsur lain seperti seng (Zn), tembaga (Cu), dan kromium (Cr) juga telah ditemukan dalam abu dari jenis tertentu. Browning (1967) menjelaskan komponen utama dari abu kayu adalah kalsium, kalium, natrium, magnesium, besi, silika, fosfat, sulfat, klorida, dan karbonat. Banyak elemen lain yang ditemukan dalam jumlah kecil. Komponen

tidak terdistribusi secara merata di seluruh jaringan, tetapi biasanya terlokalisasi dalam struktur sel. Fengel dan Wegener (1995) menjelaskan komponen kalsium (Ca) memiliki jumlah komposisi 50 % atau lebih dari unsur total dalam abu kayu, diikuti kalium (K), magnesium (Mg), mangan (Mn), natrium (Na), fosfor (P), klorida (Cl) serta unsur lain dalam jumlah kecil. Fengel dan Wegener (1995) menyatakan bahwa abu kayu terbesar pada kulit dan terkecil pada batang. Kadar abu arang yang dihasilkan dalam penelitian ini < 3% sehingga memenuhi semua standar kualitas arang seperti pada Tabel 5.

Kadar karbon terikat

Nilai kadar karbon terikat arang aktif berhubungan dengan kandungan karbon murni yang terikat dalam arang setelah proses pirolisis. Nilai kadar karbon terikat arang rata-rata berdasarkan tahapan pertumbuhan menunjukkan bahwa kadar karbon terikat tahapan pancang < tiang < pohon (Tabel 4). Nilai karbon terikat pancang lebih kecil disebabkan berat jenis kayu. Griffioen (1950) menyatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi hasil karbonisasi adalah kadar air bahan baku, kekerasan kayu, jumlah udara, suhu maupun lamanya pengarangan. Kayu dengan berat jenis dan kekerasan yang tinggi akan menghasilkan arang yang berat jenis dan kadar karbon terikat yang tinggi pula.

Pengujian statistika menunjukkan kadar karbon terikat pada pancang, tiang dan pohon berbeda sangat signifikan dan pengujian lanjutan Tukey menunjukkan pancang dan tiang berbeda signifikan dari pohon. Nilai kadar karbon terikat rendah disebabkan kadar abu dan proses pirolisis yang tidak optimal sehingga kadar zat mudah menguapnya masih tinggi. Kadar karbon terikat yang rendah menggambarkan bahwa tingkat kemurnian

arang yang dihasilkan masih relatif kecil dan permukaan arang masih mengandung senyawa non karbon (Pari 1999). Besar kecilnya kadar karbon terikat arang aktif yang dihasilkan dipengaruhi oleh bervariasinya kadar abu dan kadar zat mudah menguap (Perrich 1981) dan Nurhayati *et al.* (1997) menyatakan bahwa besarnya kadar karbon terikat dipengaruhi oleh kadar abu dan zat terbang. Pari *et al.* (1996) juga mengemukakan besar kecilnya kadar karbon terikat dipengaruhi oleh besarnya kadar abu, kadar zat terbang dan senyawa hidrokarbon yang masih menempel pada permukaan arang. Kadar karbon terikat arang berdasarkan tahapan pertumbuhan hanya tahapan tiang dan pohon (Tabel 4) yang hampir memenuhi standar Amerika dan Eropa (bersumber dari SNI 01-1506-1989) terlihat pada Tabel 5.

Nilai kalor

Nilai kalor arang bertujuan mengetahui nilai kalor arang yang dihasilkan setelah proses pembakaran. Nilai kalor arang rata-rata berdasarkan tahapan pertumbuhan menunjukkan bahwa nilai kalor arang tahapan tiang < pohon < pancang. Nilai kalor pancang lebih besar disebabkan kandungan air dalam arang lebih kecil (Tabel 4). Bowyer *et al.* (2003) menyatakan kadar air mempengaruhi nilai kalor (semakin besar kadar air, maka semakin kecil nilai kalornya) Pengujian statistika menunjukkan nilai kalor pada pancang, tiang dan pohon berbeda sangat signifikan dan pengujian lanjutan Tukey menunjukkan pancang dan pohon berbeda signifikan dari tiang. Nilai kalor tahapan pohon lebih besar dari tiang disebabkan berat jenis kayu dan kadar karbon terikat (kayu dengan berat jenis tinggi dan kadar karbon terikat tinggi akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi).

Pengamatan secara visual terlihat warna kayu pada tingkat pohon berwarna agak gelap yang menandakan sudah terbentuk kayu teras yang tentunya berpengaruh terhadap berat jenis kayu. Seng (1990) menyatakan ada kecenderungan berat jenis kayu bertambah besar dengan semakin membesarnya diameter pohon. Departemen Pertambangan dan Energi (1991) menyatakan bahwa pada dasarnya semua jenis pohon dapat dijadikan sebagai sumber energi, tetapi tiap-tiap jenis pohon mempunyai nilai kalor yang berbeda yang ditentukan oleh besar kecilnya berat jenis. Berat jenis kayu berbanding lurus dengan nilai kalornya, semakin tinggi berat jenisnya semakin tinggi pula nilai kalornya. Sudradjat (1983) menjelaskan kadar karbon terikat berhubungan dengan nilai kalor, dimana semakin tinggi kadar karbon terikat maka nilai kalor akan tinggi dan Pari *et al.* (1996) menyatakan bahwa besar kecilnya nilai kalor dipengaruhi karbon terikat, makin besar kadar karbon terikat makin besar nilai kalor.

Nilai kalor tahapan pancang lebih besar dari tiang dan pohon disebabkan proses pirolisis. Proses pirolisis tahapan pancang lebih sempurna disebabkan jumlah sampel yang lebih sedikit dari sampel tahapan tiang dan pohon sehingga suhu pirolisis lebih optimal dan merata dan kadar air arang (kadar air arang pancang < tiang dan pohon). Napitupulu (2006) menyatakan nilai kalor merupakan jumlah energi kalor yang dilepaskan bahan bakar pada waktu terjadi oksidasi unsur-unsur kimia yang ada pada bahan bakar tersebut. Nilai kalor arang berdasarkan tahapan pertumbuhan pancang dan pohon SNI 01-1683-1989 (tidak mensyaratkan nilai kalor), SNI 06-4369-1996 dan Malaysia (bersumber dari SNI 01-1506-1989) seperti terlihat pada Tabel 5. Arang dari bagian batang gelam pada tahapan pertumbuhan (pancang, tiang dan pohon)

hasil penelitian memiliki nilai kalor > 6000 kal g⁻¹ sehingga dapat dikembangkan menjadi bahan baku pembuatan briket arang. Nilai kalor briket arang SNI 01-6235-2000 minimal 5000 kal g⁻¹ dan Departemen Pertanian (1976) berkisar 6000 kal g⁻¹.

Kesimpulan

Nilai dan analisis varian menunjukkan faktor A, yaitu lokasi tempat tumbuh (lokasi A dan B) secara umum tidak berpengaruh signifikan terhadap kualitas arang. Nilai dan analisis varian menunjukkan faktor B, yaitu tahapan pertumbuhan pohon (pancang, tiang dan pohon) berpengaruh sangat signifikan terhadap kualitas arang. Arang pohon gelam yang dipirolisis dalam retort listrik pada suhu 500 °C selama 3 jam secara umum sudah memenuhi standar SNI 01-1683-1989, SNI 06-4369-1996 dan standar Malaysia. Arang dari bagian batang gelam pada tahapan pertumbuhan pancang, tiang dan pohon dapat dikembangkan menjadi bahan baku pembuatan briket arang yang memenuhi syarat nilai kalor briket arang berdasarkan SNI 01-6235- 2000.

Nilai rata-rata rendemen arang berkisar antara 28,090-28,545%, kadar air 4,605-5,413%, kadar zat mudah menguap 30,286-34,635%, kadar abu 1,840-2,386%, kadar karbon terikat 58,374-62,460%, dan nilai kalor 6937,427-7530,089 kal g⁻¹. Kualitas arang terbaik berdasarkan faktor A, yaitu lokasi tempat tumbuh (lokasi A dan B) secara umum menghasilkan kualitas arang yang sama baik. Kualitas arang terbaik berdasarkan faktor B, yaitu tahapan pertumbuhan pohon (semai, pancang, tiang dan pohon) adalah tahapan pohon.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Nasional, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi dan Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat melalui Lembaga Pengabdian pada Masyarakat Universitas Gadjah Mada karena telah membiayai kegiatan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Alpian, Prayitno TA, Sutapa JPG, Budiadi. 2010. Kualitas arang aktif kayu gelam dan aplikasinya untuk meningkatkan kualitas air. *J Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 8(2):155-168.
- [ASTM] American Standard for Testing Material. 1998. Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke by the Adiabatic Bomb Calorimeter. In: *Annual Book of ASTM Standards, Section 5, Vol. 05.05*. West Conshohocken: ASTM.
- [ASTM] American Standard for Testing Material. 2005. Gaseous Fuels; Coal and Coke. In: *Annual Book of ASTM Standards, Section 5 Petroleum Products, Lubbricant and Fossil Fuels, Vol. 05.06*. West Conshohocken: ASTM.
- [BPDAS] Balai Penelitian Saerah Aliran Sungai Kahayan. 2007. *Penyusunan Rencana Rehabilitasi Hutan Dan Lahan 5 (Lima) Tahun Areal Eks PLG Di Wilayah Kerja BPDAS Kahayan (Tahun 2008-2012)*. Palangka Raya: BPDAS.
- Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen JG. 2003. *Forest Product and Wood Science an Introduction*. Iowa: Iowa State Press. Pp 170-173.
- Brown HP, Panshin AJ, Forsaith CC.

1952. *Text Book of Wood Technology. The Physical, Mechanical, and Chemical Properties of the Commercial Woods*. New York: the United States MCGraw-Hill.
- Browning BL. 1967. *Methods of Wood Chemistry*. New York: Interscience Publishers. Pp 301-301.
- Departemen Kehutanan. 2007. *Rencana Induk (Master Plan) Rehabilitasi dan Konservasi Kawasan Pengembangan Lahan Gambut di Provinsi Kalimantan Tengah*. Palangkaraya: Badan Planologi Kehutanan. Departemen Kehutanan. Pp 10-11.
- Departemen Pertanian. 1976. *Vadernicum Kehutanan Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Kehutanan, Departemen Pertanian. Pp 66-67.
- Departemen Pertambangan dan Energi. 1991. *Pemilihan Jenis Pohon Energi. Direktorat Jenderal Listrik dan Energi Baru*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi.
- Fengel D, Wegener G. 1995. *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Pp 254-257.
- Hanafiah KA. 1993. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada. Pp 50-51.
- Hendra D, Winarni I. 2003. Sifat fisis dan kimia briket arang campuran limbah kayu gergajian dan sebetan kayu. *Bul. Penelitian Hasil Hutan* 21(3):211–226.
- Hendra D. 2007. Pembuatan arang aktif dari limbah pembalakan kayu pupsa dengan teknologi produksi skala semi pilot. *J Penelitian Hasil Hutan* 25 (2):93-107.
- Hudaya N, Hartoyo, Made W. 1989. *Hasil Destalasi Kering dan Nilai Kalor dari Beberapa Jenis Kayu Hutan Tanaman Industri*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Kementerian Kehutanan. 2010. *Ekspor dan Impor Komoditi Kehutanan Tahun 2007-2009*. Jakarta: Kementerian Kehutanan. Pp 5-6.
- Komarayati S, Gusmailina. 1994. Pembuatan arang dan briket arang dari kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Ness ex. BL) dan kayu sukun (*Artocarpus altilis* Parkinson). *J Penelitian Hasil Hutan* 12 (6).
- Komarayati S, Setiawan D, Mahpudin. 2004. Beberapa sifat dan pemanfaatan arang dari serasah dan kulit kayu pinus. *J Penelitian Hasil Hutan* 22 (1):17-22.
- Komarayati S, Santoso E. 2011. Arang dan cuka kayu: produk hbbk untuk stimulan pertumbuhan mengkudu (*Morinda cipterifolia*). *J Penelitian Hasil Hutan* 29 (2):155-178.
- Murti B, Sutapa JPG. 2010. Pemanfaatan limbah gergajian batang kelapa (*Cocos nucifera* L.) sebagai bahan baku pembuatan arang. Dalam: Nawawi D, editor. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia XIII*. Bali, 10-11 Nopember 2010. Jakarta: MAPEKI. Pp 407- 414.
- Napitupulu FH. 2006. Pengaruh nilai kalor (*heating value*) suatu bahan bakar terhadap perencanaan volume ruang bakar ketel uap berdasarkan metode penentuan nilai kalor bahan bakar yang dipergunakan. *J Sistem Teknik Industri* 7 (1):60-65.
- Nurhayati TD, Setiawan, Mahpudin. 1997. Hasil destalasi kering dan nilai kalor 15 jenis kayu. *Bul. Penelitian Hasil Hutan* 15 (4):291-298.
- Nurhayati, Herdinie SS. 2007. Analisis karakteristik konsumsi energi pada sektor rumah tangga di Indonesia.

- Dalam: Sutanto, Sukarman, Megawati, editor. *Prosiding Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta, 21-22 November 2007. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – Badan Tenaga Nuklir. Pp 172-173.
- Pari G. 1996. Pembuatan arang aktif dari serbuk gergajian sengon dengan cara kimia. *Bul. Penelitian Hasil Hutan* 14(8):308-320.
- Pari G, Setiawan D, Mahpudin. 1996. Hasil destalasi kering 10 jenis kayu dari Nusa Tenggara Barat. *Bul. Penelitian Hasil Hutan* 14(9):12-18.
- Pari G. 1999. Karakteristik arang aktif dari serbuk gergajian sengon dengan bahan pengaktif NH_4CO_3 . *Bul. Penelitian Hasil Hutan* 17(2):89-100.
- Pari G, Nurhayati T, Hartono. 2000. Kemungkinan pemanfaatan *Acacia mangium* Willd untuk pemurnian minyak kelapa sawit. *Bul. Penelitian Hasil Hutan* 18(1):40-53.
- Pari G. 2010. Masa depan arang yang tidak segelap warnanya. In: Nawawi D, editor. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia XIII*. Bali, 10-11 Nopember 2010. Jakarta: MAPEKI. Pp: 529-538.
- Patoni A, Gafar, Butarbutar R. 1995. *Pemanfaatan Limbah Pertanian untuk Pembuatan Briket Arang dengan Campuran Batubara*. Samarinda: Balai Penelitian dan Pengembangan Industri. Departemen Perindustrian.
- Perrich JR. 1981. *Activated Carbon Adsorption for Waste Treatmen*. Florida: CRC Press, Inc.
- Rachmanady D, Lazuardi D, Tampubolon AP. 2003. *Teknik Persemaian dan Informasi Benih Gelam*. Yogyakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Pp: 3-4.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 1989. *Arang Kayu untuk Peleburan Logam*. SNI 01-1506-1989. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 1989. *Arang Kayu*. SNI 01-1683-1989. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 1996. *Bubuk Arang Tempurung Kelapa*. SNI 06-4369-1996. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 2000. *Briket Arang Kayu* SNI 06-6235-2000. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Seng OJ. 1990. *Berat Jenis dari Jenis-Jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya Kayu untuk Keperluan Praktek*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Pg 12-18.
- Sudjana. 1985. *Disain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito. Pg 90-91.
- Sudradjat R. 1983. *Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perekat, dan Tekanan Kempa terhadap Kualitas Briket Arang*. Laporan No. 165. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor.
- Syafii W. 1996. Tantangan menghadapi problema kebutuhan energi masa depan. *JTHH* 11(2):41-42.
- Riwayat naskah (*article history*)
- Naskah masuk (*received*): 30 April 2011
- Diterima (*accepted*): 6 Juni 2011