

**KARAKTERISASI KARBON PELET CAMPURAN RUMPUT GAJAH
(*Pennisetum purpureum* Scumach) DAN TEMPURUNG
NYAMPLUNG (*Calophyllum inophyllum* Linn.)
(*Characterization of Carbon Pellets Made from Elephant Grass
(Pennisetum purpureum Scumach) Mixed with Nyamplung Shell
(Calophyllum inophyllum Linn.)*)**

Santiyo Wibowo¹, Daniel P.O Laia², Mohammad Khotib², & Gustan Pari¹

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan,
Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610, Telp: (0251) 8633378; Fax: (0251) 8633413

²Institut Pertanian Bogor
Jl. Raya Darmaga, Jawa Barat 16680, Telp: (0251) 8425635
E-mail: santiyowibowo1973@yahoo.co.id

Diterima 19 Januari 2017, Direvisi 14 Maret 2017, Disetujui 21 Maret 2017

ABSTRACT

Carbon pellet is a charcoal product made from carbonized biomass which is crushed into fine powder and compacted into pellet. Carbon pellets is designed for renewable energy alternatives for cooking, the combustion process and the possibilities for steam power plants as a substitute for coal. This paper studies the quality of carbon pellet made from a mixture of elephant grass with nyamplung shell. After carbonization, the elephant grass and nyamplung seed shell were crushed into 60 mesh powder for pellet with various ratio of elephant grass charcoal and nyamplung shell charcoal namely 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, and 0:100 homogenously. Ten percent PVAC adhesive was added into the mixture prior to compression. Results show that the mixture composition of 75% elephant grass charcoal and 25% nyamplung shell charcoal is recommended for carbon pellet. The mixture composition improved physical properties with the average of 3.35% water content, 26.19% volatile matter, 13.59% ash content, 60.21% carbon bound, 0.68 kg/cm³ density, 5.91 kg/cm² compressive strength and calorific value of 6080 cal/g.

Keywords: Carbon pellet, mixture, elephat grass, nyamplung shell, charcoal

ABSTRAK

Karbon pelet adalah produk arang yang terbuat dari biomassa karbonisasi yang hancur menjadi bubuk halus dan dipadatkan menjadi pelet. Karbon pelet dirancang untuk energi alternatif terbarukan untuk memasak, proses pembakaran dan kemungkinan untuk pembangkit listrik tenaga uap sebagai pengganti batubara. Makalah ini mempelajari kualitas pelet karbon yang terbuat dari campuran rumput gajah dengan tempurung nyamplung. Setelah karbonisasi, rumput gajah dan kulit biji nyamplung hancur dalam 60 mesh bubuk untuk pelet dengan berbagai rasio rumput gajah arang dan arang tempurung nyamplung dari 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, dan 0:100 homogen. Sepuluh persen PVAC perekat ditambahkan ke dalam campuran sebelum kompresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi campuran 75% arang rumput gajah dan 25% arang tempurung nyamplung direkomendasikan untuk karbon pelet. Komposisi campuran tersebut meningkatkan sifat fisik karbon pelet dengan rata-rata kadar air 3,35%, zat terbang 26,19%, kadar abu 13,59%, karbon terikat 60,21%, kepadatan 0,68 kg/cm³, kuat tekan 5,91 kg/cm² dan nilai kalor 6080 kal/g.

Kata kunci: Karbon pelet, rumput gajah, tempurung nyamplung, arang

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk dan peningkatan pertumbuhan ekonomi di Indonesia sangat berpengaruh terhadap peningkatan konsumsi minyak bumi. Pada tahun 2004 konsumsi minyak bumi Indonesia sebesar 1,299 juta barel per hari, dan pada tahun 2014 meningkat menjadi 1,641 juta barel per hari. Sementara itu produksi minyak mentah Indonesia terus menurun hanya 794.000-852.000 barel per hari di tahun 2014. Hal ini menyebabkan Indonesia harus mengimpor sekitar 350.000 sampai 500.000 barel bahan bakar per hari dari beberapa negara (Indonesia-investments, 2015).

Kondisi tersebut berimbas pada kenaikan harga BBM terutama bagi masyarakat kalangan bawah. Lonjakan harga minyak tanah dari Rp 700 per liter menjadi tiga kali lipatnya yaitu Rp 2.500, sangat membebani masyarakat miskin (Hambali, 2007). Sementara penggunaan bahan bakar LPG belum banyak menyentuh masyarakat pedesaan. Untuk itu perlu disubstitusi oleh bahan bakar alternatif seperti biobriket yang berasal dari tanaman pertanian atau kehutanan, serta limbah biomassa. Limbah biomassa dari sisa hasil pertanian, kehutanan, peternakan, dan sampah perkotaan dapat diolah menjadi sumber energi berkelanjutan (Dam et al., 2008; Maninder, Kathuria, & Gover, 2012).

Keuntungan penggunaan biomassa adalah sifatnya dapat diperbarui, ramah lingkungan, mengurangi emisi efek rumah kaca, dan gas yang bersifat asam (Amaya, et al., 2013). Selain kelebihan seperti yang disebutkan di atas, biomassa juga mempunyai kekurangan yaitu berkadar air tinggi, bentuk dan ukuran tidak seragam, densitasnya rendah, yang dapat meningkatkan biaya penyimpanan, penanganan dan transportasi, selain itu mudah terserang mikroba perusak (Miao, Grift, Hansen, & Ting, 2013). Salah satu cara penanganan biomassa adalah dengan cara karbonisasi atau pengarangan yang dapat meningkatkan nilai kalor sekitar 25-30 MJ/kg (5952-7177 kal/g) dibandingkan biomassa mentah 15 MJ/kg (3571 kal/g), meningkatkan sifat hidrofobik (tidak larut dalam air), menurunkan kadar air dan menghambat pertumbuhan mikroba (Medic, Darr, Shah, & Rahn, 2012; Niedziolka et al., 2015). Akan tetapi

karbonisasi juga menghasilkan produk arang yang sangat rapuh (Amaya, et al., 2013). Masalah tersebut dapat diatasi dengan membentuk arang tersebut menjadi briket atau karbon pelet. Karbon pelet yang berasal dari proses torefaksi biomassa (proses pembakaran tanpa adanya udara pada suhu 200-300°C) mempunyai kelebihan yaitu konsumsi energi penggilingan (*grinding*) lebih rendah, mempunyai nilai kalor, kadar karbon dan sifat hidrofobitas yang lebih tinggi dibandingkan pelet kayu (Kim, Jang, & Lee, 2014; Ghiasi, Sokhansanj, Lim, & Kumar, 2014).

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan karbon pelet menggunakan campuran arang rumput gajah dan arang tempurung nyamplung dengan komposisi yang berbeda. Seperti diketahui bahwa kelompok jenis rumput-rumputan umumnya mempunyai densitas dan nilai kalor yang rendah yaitu 15,2-18 MJ/kg (3619-4285,7 kal/g), dibandingkan dari biomassa kayu atau bahan limbah *solid* lainnya yang mempunyai nilai kalor 18,3-21 MJ/kg (4357-5000 kal/g) (Yokoyama, 2008). Dengan menggabungkan antara bahan rumputan dan biomassa dengan densitas yang tinggi diharapkan dapat mengurangi kelemahan biomassa dari jenis rumputan. Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik karbon pelet campuran arang rumput gajah dan arang cangkang nyamplung.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumput gajah yang berasal dari Sukabumi, Jawa Barat dan tempurung nyamplung yang berasal dari Purworejo, Jawa Tengah. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor pengarangan, alat penghalus arang, ayakan, oven, timbangan, dan alat pembuat pelet.

B. Metode

1. Persiapan bahan

Bahan baku rumput gajah dikeringkan dan dikarbonisasi pada suhu 300°C, sedangkan tempurung nyamplung dikarbonisasi pada suhu 500°C kemudian dibuat menjadi serbuk dan diseragamkan ukurannya yaitu 60 mesh.

2. Pembuatan karbon pelet

Pelet dibuat dari campuran arang rumput gajah dan tempurung nyamplung dengan perbandingan 100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, 25%:75% dan 0%:100%. Setiap komposisi ditambah perekat PVAc sebanyak 10% berat sampel (Jupar, 2013). Untuk mengetahui suhu optimal pengempaan dilakukan percobaan pendahuluan menggunakan suhu 120°C, 150°C dan 180°C. Pembuatan pelet arang menggunakan alat cetak pelet kempa hidrolik dengan kekuatan tekan 2 ton menggunakan suhu berdasarkan hasil percobaan pendahuluan. Parameter yang diuji adalah kadar air, zat terbang, kadar abu, karbon terikat, kerapatan jenis dan nilai kalor yang akan dibandingkan dengan SNI 01-6235-2000 (SNI, 2000) tentang briket arang kayu. Selain itu akan diukur nilai kerapatan (*densitas*) dan kuat tekan karbon pelet (Lubis, 2015).

3. Analisis data

Penelitian merupakan percobaan satu faktor yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang diuji adalah 5 (lima) komposisi bahan baku campuran tempurung dan rumput gajah dibuat dengan perbandingan campuran, yaitu 100%:0% (P1), 75%:25% (P2), 50%:50% (P3), 25%:75%(P4) dan 0%:100% (P5). Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Model rancangan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \epsilon_{ij} \dots\dots\dots (1)$$

Y_{ij} = Pengamatan taraf ke-ij

μ = nilai rata-rata umum

A_i = Pengaruh komposisi bahan baku pada taraf ke- i

ϵ_{ij} = Komponen random error

Data yang diperoleh dianalisa menggunakan sidik ragam (Anova) dan dilanjutkan dengan uji Duncan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Percobaan Pendahuluan

Percobaan pendahuluan dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu pengempaan terhadap sifat fisik karbon pelet yang dihasilkan. Hasil percobaan pendahuluan menunjukkan bahwa penggunaan suhu 150°C dan 180°C pada

alat kempa selama 15 menit menyebabkan karbon pelet berbahan baku rumput gajah terbakar (100%, 75%, 50% dan 25%), sedangkan bahan 100% arang tempurung nyamplung tidak terbakar. Terbakarnya karbon pelet diawali dengan terbentuk bara api pada bagian bawah karbon pelet kemudian membakar seluruh karbon pelet. Hal ini diduga disebabkan bahan baku arang rumput gajah memiliki densitas rendah sehingga memungkinkan bahan menjadi mudah terbakar pada suhu di atas 120°C. Menurut Djaja (2008) secara umum bahan baku rumput mempunyai densitas yang rendah yaitu 0,28 g/cm³. Selain itu Juniyanto, Susilawati, & Supratman, (2015) melaporkan bahwa pakan pelet rumput raja (*Pennisetum purpuphoides*) yang dicampur 20% tepung *pollard* adalah sebesar 0,301 g/cm³. Dengan demikian perlakuan pembuatan karbon pelet campuran rumput gajah dan tempurung nyamplung selanjutnya menggunakan suhu kempa 120°C.

B. Karakterisasi Karbon Pelet

1. Kadar air

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa komposisi bahan berpengaruh nyata terhadap kadar air karbon pelet (Lampiran 1). Nilai kadar air yang diperoleh pada penelitian ini berkisar 3,23-4,11% (Table 1). Kadar air tertinggi terdapat pada komposisi karbon pelet perbahan 100% arang tempurung nyamplung dan yang terendah pada karbon pelet bahan 100% arang rumput gajah. Hal ini disebabkan karena karbon pelet rumput gajah mempunyai kerapatan lebih rendah dibandingkan tempurung nyamplung (Tabel 1). Menurut Sudiro dan Suroto (2014) kerapatan bahan yang rendah mengakibatkan penguapan air menjadi lebih mudah pada saat pengeringan, sehingga kadar air karbon pelet rumput gajah lebih rendah dibandingkan karbon pelet tempurung nyamplung. Bila dibandingkan dengan SNI 01-6235-2000 maka kadar air pada penelitian ini sudah memenuhi standar mutu yang disyaratkan yaitu kurang dari 8%.

Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa komposisi bahan menghasilkan kadar air yang berbeda terutama pada bahan baku utama P1 dan P5. Akan tetapi tidak ada perbedaan yang nyata antara campuran arang P2 (75% rumput gajah + 25% tempurung nyamplung), P3 (50% rumput

gajah + 50% tempurung nyamplung) dan P4 (25% rumput gajah + 75% tempurung nyamplung). Sehingga untuk perlakuan campuran arang rumput gajah dan tempurung nyamplung yang terbaik adalah komposisi P2 (75% rumput gajah + 25% tempurung nyamplung) dengan kadar air 3,35%. Kadar air merupakan jumlah air yang terkandung dalam suatu bahan. Kadar air dapat dijadikan parameter untuk mengetahui sifat hidroskopis dari suatu bahan. Selain itu, kadar air juga dapat berpengaruh pada nilai kalor suatu bahan. Kadar air yang tinggi pada biopelet dapat mengakibatkan nilai kalor biopelet yang rendah dan pembakaran yang kurang efisien (Hansen, Jain, Hayes, & Bateman, 2009).

Hasil penelitian Susanti, Wahyuningtyas, dan Ardhana (2015) pada pembuatan biobriket rumput gajah menghasilkan kadar air produk biobriket sebesar 10,76%, sedangkan hasil karbon pelet rumput gajah dalam penelitian ini hanya 3,23% (Tabel 1). Ini membuktikan bahwa pembuatan karbon pelet dapat menurunkan kadar air produk dibandingkan biobriket.

2. Kadar zat terbang

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa komposisi bahan berpengaruh nyata terhadap kadar zat terbang karbon pelet (Lampiran 1). Hasil penelitian menunjukkan kadar zat terbang berkisar antara 25,16-26,92%. Kadar zat terbang

Tabel 1. Karakterisasi karbon pelet rumput gajah dan tempurung nyamplung
Table 1. Characterization of carbon pellets from elephant grass and of nyamplung shell charcoal

No	Perlakuan (Treatments)	Kadar air (Moisture,%)	Kadar zat terbang (Volatil matter,%)	Kadar abu (Ash content,%)	Karbon terikat (Fixed carbon, %)	Kerapatan (Density, g/cm ³)	Kuat tekan (Compressive strength, kg/cm ²)	Nilai kalor (Calorific value, kal/g)
1	P1	3,23	26,92	17,5	55,58	0,641	5,69	5468,63
2	P2	3,35	26,19	13,59	60,21	0,680	5,91	5938,83
3	P3	3,84	25,16	11,88	62,97	0,690	4,77	5942,67
4	P4	3,65	25,52	9,45	65,21	0,695	4,83	6088,06
5	P5	4,11	25,43	7,71	66,85	0,706	4,02	6258,87
6	Briket arang kayu (<i>Wood charcoal briquettes</i>) SNI 01-6235-2000 ^a	Maks.8	Maks 15	Maks.8	-	-	-	minimal 5.000
7	Briket biobatubara (<i>Bio-coal briquettes</i>) SNI 4931:2010 ^b	< 17	-	-	-	-	-	4000- 5000
8	Pelet kayu (<i>Wood pellet</i>) SNI 8021-2014 ^c	Maks. 12	Maks. 80	Maks. 1,5	Min. 14	min 0,8	-	Min. 4000

Sumber (Source): a) SNI (2000), b) SNI (2010), c) SNI (2014)

Keterangan (Remarks):

P1= 100% rumput gajah, 0% tempurung nyamplung (100% elephant grass, 0% nyamplung shell)

P2= 75% rumput gajah, 25% tempurung nyamplung (75% elephant grass, 25% nyamplung shell)

P3= 50% rumput gajah, 50 % tempurung nyamplung(50% elephant grass, 50% nyamplung shell)

P4= 25% rumput gajah, 75% tempurung nyamplung (25% elephant grass, 75% nyamplung shell)

P5= 0% rumput gajah, 100% tempurung nyamplung (0% elephant grass, 100% nyamplung shell)

terendah adalah campuran rumput gajah dan tempurung nyamplung 50%:50% sedangkan kadar zat terbang tertinggi berada pada 100% rumput gajah (Tabel 1). Terdapat kecenderungan penambahan tiap 25% tempurung nyamplung dapat menurunkan kadar zat terbang rumput gajah. Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa komposisi bahan P1 (100% rumput gajah) berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Akan tetapi tidak ada perbedaan yang nyata antara perlakuan komposisi P2 (75% rumput gajah + 25% tempurung nyamplung), P3 (50% rumput gajah + 50% tempurung nyamplung) dan P4 (25% rumput gajah + 75% tempurung nyamplung), dan P5 (100% tempurung nyamplung). Meskipun nilai zat terbang terendah terdapat pada perlakuan P3, akan tetapi zat terbangnya tidak berbeda nyata dengan perlakuan P2, sehingga perlakuan komposisi bahan yang lebih efisien adalah menggunakan P2 (75% rumput gajah + 25% tempurung nyamplung).

Bila dibandingkan dengan SNI 01-6235-2000 mengenai briket arang kayu, mensyaratkan zat terbang maksimum 15%, maka hasil penelitian ini belum memenuhi standar. Tetapi nilai zat terbang hasil penelitian ini lebih baik dibandingkan briket arang limbah pisang 51,33-59,17% (Saleh, 2010), briket arang yang berasal dari gulma lahan gambut yang berkisar 65,59-80,6% (Susanti, et al., 2015) dan arang pelet dari limbah penggergajian eucaliptus dengan perekat molases dan tar sebesar 33,4% dan 46,1% (Amaya et al., 2015). Tingginya kadar zat terbang pada penelitian ini dapat disebabkan oleh karakteristik bahan baku dan suhu karbonisasi yang digunakan. Hasil penelitian Muharyani, Pratiwi dan Asip (2012) menunjukkan semakin tinggi suhu karbonisasi pada jerami padi maka zat terbang yang dihasilkan akan semakin rendah. Selain itu diduga adanya bahan perekat di dalam karbon pelet dapat menambah kadar zat terbang. Zat terbang berpengaruh terhadap proses pembakaran karena semakin tinggi zat terbang maka briket bioarang akan mudah terbakar dan menyala, serta menimbulkan asap yang banyak.

3. Kadar abu

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa komposisi bahan berpengaruh nyata terhadap kadar abu karbon pelet (Lampiran 1). Kadar abu

merupakan indikator untuk mengetahui banyaknya abu yang dihasilkan setelah selesai pembakaran. Kadar abu pada penelitian ini berkisar antara 7.71-17.50 % (Tabel 1). Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa perlakuan komposisi bahan baku karbon pelet menghasilkan kadar abu yang berbeda nyata pada P1 dengan perlakuan lainnya (Lampiran 2). Akan tetapi tidak ada perbedaan yang nyata antara perlakuan komposisi P2 (75% rumput gajah + 25% tempurung nyamplung) dan P3 (50% rumput gajah + 50% tempurung nyamplung), lalu P4 (25% rumput gajah + 75% tempurung nyamplung) dan P5 (100% tempurung nyamplung).

Karbon pelet yang memenuhi SNI 01-6235-2000 hanya pada karbon pelet 100% arang tempurung nyamplung, yang mensyaratkan kadar abu <8%. Kadar abu tertinggi terdapat pada 100% rumput gajah dan kadar terendah terdapat pada komposisi bahan 100% tempurung nyamplung. Nilai kadar abu hasil penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan briket limbah pisang sebesar 20,33-23% (Saleh, 2010).

Tingginya kadar abu rumput gajah dapat disebabkan oleh kandungan mineral yang tinggi seperti N, P, K, Ca, Mg, dan S (Sari, 2009). Selain itu dapat juga berasal dari bahan perekat yang digunakan. Penambahan tempurung nyamplung dapat mengurangi kadar abu rumput gajah.

4. Karbon terikat

Karbon terikat merupakan unsur karbon yang terdapat dalam bahan selain kadar air, kadar abu, dan zat terbang. Karbon terikat merupakan indikator untuk mengetahui jumlah material padat yang dapat terbakar setelah komponen zat terbang dihilangkan dari zat tersebut (Speight, 2005). Kadar karbon terikat sangat berperan untuk mengetahui besar kecilnya nilai kalor. Menurut Junary, Pane, dan Herlina (2015), semakin tinggi kadar karbon terikat, maka nilai kalor akan semakin tinggi.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa komposisi bahan berpengaruh nyata terhadap karbon terikat karbon pelet (Lampiran 1). Kadar karbon terikat pada penelitian ini berkisar 52,35-62,74 % (Tabel 1). Kadar karbon terikat tertinggi 66,85% dihasilkan dari perlakuan P5 (100% tempurung nyamplung), dan terendah dihasilkan dari perlakuan P1 (100% rumput gajah). Hasil uji

Duncan menunjukkan bahwa perlakuan komposisi bahan baku karbon pelet menghasilkan kadar karbon terikat yang berbeda nyata pada P1 dengan perlakuan lainnya (Lampiran 2). Akan tetapi perlakuan komposisi P2 (75% rumput gajah + 25% tempurung nyamplung) tidak berbeda nyata dengan P3 (50% rumput gajah + 50 % tempurung nyamplung), tetapi berbeda nyata dengan P4 (25% rumput gajah + 75% tempurung nyamplung) dan P5 (100% tempurung nyamplung). Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan tiap 25%, 50%, dan 75% tempurung nyamplung dapat meningkatkan kadar karbon terikat. Akan tetapi untuk efisiensi produksi, perlakuan P2 sudah cukup meningkatkan nilai karbon terikat secara nyata.

Hasil penelitian ini memenuhi syarat SNI 01-6235-2000 mengenai briket arang kayu yang mensyaratkan kandungan karbon terikat minimal 14%. Semakin tinggi kandungan kadar karbon terikat dalam bahan bakar, semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan sedangkan kadar karbon terikat yang rendah akan menunjukkan kualitas bahan bakar yang kurang baik (Saputro, Widayat, Rusiyanto, Saptoadi, & Fauzan, 2012). Nilai kadar karbon penelitian ini lebih baik dari bio-briket arang gulma sebesar 10,47-26,42% (Susanti, Wahyuningtiyas, & Ardhana, 2015).

5. Kerapatan

Hasil penelitian menghasilkan kerapatan karbon pelet berkisar 0,641-0,702 g/cm³. Kerapatan tertinggi diperoleh dari perlakuan P5 (100% tempurung nyamplung) dan terendah pada perlakuan P1 (100% rumput gajah). Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa komposisi bahan berpengaruh nyata terhadap kerapatan (densitas) karbon pelet yang dihasilkan (Lampiran 1). Akan tetapi uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata antara perlakuan. Meskipun demikian terdapat kecenderungan setiap penambahan 25% arang tempurung nyamplung terhadap arang rumput gajah dapat meningkatkan kerapatan produk yang dihasilkan (Tabel 1). Berdasarkan hasil penelitian maka perlakuan komposisi bahan baku arang yang lebih efisien adalah P2 (75% rumput gajah + 25% tempurung nyamplung).

Menurut Saputro et al. (2012), kerapatan menunjukkan perbandingan antara massa dengan volume. Hubungan antara densitas dengan nilai

kalor menunjukkan kandungan energi per volume, dimana kandungan energi per volume naik seiring naiknya densitas briket Selain itu, Wardani, Massijaya, dan Faisal (2013) menyatakan kerapatan pelet kayu dipengaruhi oleh kerapatan dan berat jenis bahan baku. Jika dibandingkan dengan standar SNI 8021:2014 tentang pelet kayu, kerapatan karbon pelet pada penelitian ini jauh lebih kecil dari standar yaitu minimal 0,8 g/cm³. Hasil ini lebih baik dari arang pelet limbah kayu *eucaliptus* yang berkisar antara 0,36-0,58 g/cm³. Nilai kerapatan karbon pelet lebih rendah dibandingkan kerapatan kayu disebabkan pada karbon pelet bahan bakunya sudah diarangkan, sehingga berat atau massa bahan akan jauh lebih ringan jika dibandingkan dengan bahan yang tidak diarangkan seperti halnya pelet kayu. Selain itu bahan baku rumput diketahui mempunyai massa awal yang rendah yaitu 0,28 g/cm³ (Djaja, 2008). Menurut Hendra (2012) kerapatan yang terlalu tinggi akan menyebabkan bahan bakar pelet sulit terbakar akan tetapi nilai kalor dan kuat tekan akan meningkat.

6. Kuat tekan

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa komposisi bahan berpengaruh nyata terhadap kuat tekan karbon pelet (Lampiran 1). Hasil penelitian diperoleh kuat tekan karbon pelet menahan beban berkisar 4,02 - 5,91 Kg/cm² (Tabel 1). Akan tetapi uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata pada kuat tekan antara perlakuan (Lampiran 2). Kuat tekan terendah diperoleh pada perlakuan P5 (100% tempurung nyamplung) dan kuat tekan tertinggi diperoleh pada perlakuan P2 (75% rumput gajah + 25% tempurung nyamplung). Kuat tekan merupakan kekuatan suatu karbon pelet untuk menahan beban yang diberikan hingga karbon pelet pecah. Kuat tekan juga menunjukkan daya tahan atau kekompakan bahan bakar pelet terhadap tekanan dari luar sehingga mengakibatkan bahan bakar pelet pecah atau hancur (Hendra, 2012). Menurut Triono (2006), sifat kuat tekan perlu juga diketahui untuk memperoleh informasi penanganan saat pengangkutan melalui alat transportasi. Semakin tinggi nilai kuat tekan briket arang maka daya tahan briket arang terhadap pecah semakin baik.

Hasil ini lebih rendah dari standar *bio-pellet* Inggris yang mensyaratkan kuat tekan minimal

12,7 kg/cm² (Lubis, 2015). Sementara ini SNI 01-6235-2000 mengenai briket arang kayu belum memasukkan kuat tekan sebagai persyaratan produk. Rendahnya kuat tekan hasil penelitian ini diduga disebabkan semua bahan bakunya sudah diarangkan sehingga kandungan ligninnya sudah hilang, berbeda dengan bahan baku biopelet tanpa pengarangan, dimana ligninnya masih ada yang akan membantu perekatan biopelet. Selain itu, menurut Triono (2006), kuat tekan juga dipengaruhi oleh keseragaman bentuk partikel bahan yang digunakan. Semakin kecil dan seragam ukuran serbuk bahan maka semakin tinggi nilai kuat tekannya. Hal ini disebabkan karena pada ukuran bahan yang seragam dan kecil dapat menutupi rongga yang ada sehingga bahan lebih kompak dan akan menghasilkan kuat tekan yang tinggi.

7. Nilai kalor

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa komposisi bahan berpengaruh nyata terhadap nilai kalor karbon pelet (Lampiran 1). Nilai kalor hasil penelitian berkisar antara 5805-6128 Kal/g (Tabel 1). Nilai kalor tertinggi dimiliki arang tempurung nyamplung yaitu 6258,87 kal/g dan nilai kalor terendah berada pada 100% rumput gajah yaitu 5468 kal/g. Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa nilai kalor P1 (100% rumput gajah) berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Akan tetapi perlakuan komposisi P2 tidak berbeda nyata dengan P3, P4 dan P5, sehingga perlakuan komposisi bahan baku campuran tempurung dan rumput gajah yang lebih efisien adalah menggunakan perlakuan P2 (75% rumput gajah + 25% tempurung nyamplung).

Hasil penelitian ini lebih baik dibandingkan biobriket dari arang gulma yang berkisar antara 3492,57-4647,93 kal/g (Susanti, Wahyuningtyas, & Ardhana, 2015), dan sudah memenuhi standar SNI 01-6235-2000, SNI 4931:2010, SNI 8021:2014 dan standar nilai kalor dari beberapa negara (Tabel 2).

Nilai kalor menunjukkan nilai panas yang dihasilkan pelet saat pembakaran. Nilai kalor dipengaruhi oleh kadar air, zat terbang, kadar abu, dan karbon terikat. Kadar air, kadar abu dan zat terbang berbanding terbalik dengan nilai kalor (Shengzou, Xuechang, Jing & Louzhong, 2013). Sedangkan karbon terikat berbanding lurus dengan nilai kalor (Saputro et al., 2012). Selain itu nilai kalor dipengaruhi oleh berat jenis, kadungan selulosa, lignin dan kadar karbon terikat biomassa. Semakin tinggi berat jenis, selulosa dan karbon terikat suatu biomassa, semakin tinggi juga nilai kalor yang dihasilkan (Sudrajat & Salim, 1994; Yuniarti, Yan, Yogi & Arhamsyah, 2011). Hasil penelitian Rahmawati (2014), kandungan selulosa rumput gajah sebesar 30,06% dan lignin 7,14%, sedangkan kandungan selulosa dan lignin tempurung nyamplung adalah 48,66% dan 36,69% (Wibowo, 2009). Ini menunjukkan bahwa selulosa dan lignin tempurung nyamplung lebih tinggi dibandingkan rumput gajah, sehingga dapat meningkatkan nilai kalor arang pelet rumput gajah. Selain itu arang tempurung nyamplung mempunyai kadar karbon lebih tinggi dari rumput gajah (Tabel 1). Hasil ini menunjukkan bahwa dengan pencampuran bahan baku tempurung nyamplung pada rumput gelagah, dapat memberikan peningkatan terhadap nilai kalor dibandingkan tanpa adanya pencampuran bahan.

Tabel 2. Perbandingan standar mutu nilai kalor pelet kayu di beberapa negara

Table 2. Comparison in quality standard of wood pellet calorific value in various countries

Kualitas biopelet (<i>Biopellets quality</i>)	Nilai kalor (<i>Heating value, Kal/g</i>)
Austria (ONORM M7135) ^a	> 4.299,3
Jerman (DIN 51371) ^a	4.179-4657,6
Swedia (SS 18 71 20) ^a	> 4.036,6
Indonesia (SNI 8021:2014) ^d	≥ 4.000
Indonesia (SNI 01-6235-2000)	Minimum 5.000
Hasil penelitian (<i>Research results</i>)	5.805-6.128

Sumber (*Source*): a) Hahn (2004) dalam Puspitasari, 2014, b) SNI (2014), c) SNI (2000)

IV. KESIMPULAN

Karakteristik karbon pelet rumput gajah dapat diperbaiki dengan pencampuran arang tempurung nyamplung. Komposisi bahan baku campuran arang tempurung dan arang rumput gajah yang lebih efisien adalah dengan 75% rumput gajah + 25% tempurung nyamplung (P2) dengan karakteristik karbon pelet kadar air 3,35%, zat terbang 26,19%, kadar abu 13,59%, karbon terikat 56,86%, kerapatan 0,68 kg/cm³, kuat tekan 5,91 kg/cm² dan nilai kalor 6080 kal/g. Adanya pencampuran 25% arang tempurung nyamplung sudah dapat memperbaiki sifat fisik karbon pelet arang rumput gajah kecuali kadar air.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaya, A., Corengia, M., Cuna, A., Vivo, J.D., Sarachik, A., & Tancredi, N. (2015). Preparation of charcoal pellets from eucalyptus wood with different binders. *Journal of Energy and Natural Resources*, 4(2), 34-39.
- Dam, J.V., Junginger, M., Faaij, A., Jurgens, I., Best, G., & Fritsche, U. (2008). Overview of recent developments in sustainable biomass certification. *Journal Biomass and Bioenergy*, 32(8), 749-780.
- Djaja, W. (2008). Langkah jitu membuat kompos dari kotoran ternak dan sampah. Jakarta: PT. AgroMedia Pustaka.
- Ghiasi, B., Sokhansanj, S., Lim, L., & Kumar, L. (2014). Production of "high quality torrefied wood pellets" with minimum energy consumption. <http://www.pellet.org/images/5%20-%20Bahman%20Ghiasi.pdf>, diakses 25 Februari 2016.
- Hahn, B. (2004). *Existing guidelines and quality assurance for fuel pellets*. Austria(AT): Umbera.
- Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan, A.H., Pattiwiri, A.W., & Hendroko R. (2007). *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Hansen, M.T., Jain, A.R., Hayes, S., & Bateman, P. (2009). *English Handbook for Wood Pellet Combustion*. Intelligent Energy for Europe.
- Hendra, D. (2012). Rekayasa pembuatan mesin pellet dan pengujian hasilnya. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 30(2), 144-154.
- Indonesia-investments. (2015). Minyak bumi. <http://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/komoditas/minyak-bumi/item267>, diakses tanggal 26 Januari 2016.
- Junary, E., Pane, J. P., & Herlina, N. (2015). Pengeruh suhu dan waktu karbonisasi pada pembuatan bioarang berbahan baku pelepah aren (*Arenga pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(2), 46-52.
- Juniyanto, M.I.R, Susilawati, I., & Supratman, H. (2016). Ketahanan dan kepadatan pelet hijauan rumput raja (*Pennisetum purpuphoides*) dengan penambahan berbagai dosis bahan pakan sumber karbohidrat. *Student e-Journal*, 4(2), 1-13. <http://jurnal.unpad.ac.id/ejournal/article/view/6321/3206>, diakses 21 September 2016.
- Jupar, A. (2013). *Analisa pengaruh metode torefaksi terhadap kenaikan nilai kalor biobriket campuran 75% kulit mete dan 25% sekam padi dengan persentase berat*. (Skripsi sarjana). Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kim, N.H., Jang, J.H., & Lee, S.H. (2014). Current research trends in bioenergy from lignocellulosic biomass. Dalam R. Hartono, A.H. Iswanto, K.S. Hartini, A. Susilowati, D. Elfiati, Muhdi, M. Zahra, S. Latifah, R. Batubata, N. Anna, T. Sucipto, I. Azhar (Editors). *Proceedings of The 6th International Symposium of IWORS*, November 12-13, 2014 (p. 1-6). Medan.
- Lubis, A.S. (2015). *Pengaruh torefikasi dan komposisi bahan terhadap kualitas biopelet bagas dan kulit kacang tanah*. (Tesis Master). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Maninder, Kathuria, R.S., & Gover, S. (2012). Using agricultural residues as a biomass briquetting: An alternative Source of Energy. *Journal IOSR*, 1(5), 11-15.

- Medic, D., Darr, M., Shah, A., & Rahn, S. (2012). Effect of torrefaction on water vapor adsorption properties and resistance to microbial degradation of corn stover. *Energy Fuel*, 26, 2386-2393.
- Miao, Z., Grift, T.E., Hansen, A.C., & Ting, K.C. (2013). Energy requirement for lignocellulosic feedstock densifications in relation to particle physical properties, preheating, and binding agents. *Energy Fuel*, 27, 588-595.
- Muharyani, R., Pratiwi, D., & Asip, F. (2012). Pengaruh suhu serta komposisi campuran arang jerami padi dan batubara subbituminous pada pembuatan briket bioarang. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1), 47-53.
- Niedziolka, I., Szpryngel, M., Jakubowska, M.K., Kraszkiewicz, A., Zawislak, K., Sobczak, P., & Nadulski, N. (2015). Assessment of the energetic and mechanical properties of pellets produced from agricultural biomass. *Renewable Energy*, 76, 312-317.
- Puspitasari, E. (2014). *Karakteristik biopellet campuran cangkang dan pelepah kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.)*. Skripsi Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rahmawati. (2014). Kandungan adf, ndf, selulosa, hemiselulosa, dan lignin silase pakan komplit berbahan dasar rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) dan beberapa level biomassa murbei (*Morus alba*). (Skripsi Sarjana). Universitas Hasanudin, Makassar.
- Saleh, M. (2010). Karakteristik briket bioarang limbah pisang dengan perekat tepung sagu. *Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Saputro, D.D, Widayat W., Rusiyanto, Saptoadi H. & Fauzan. (2012). Karakterisasi briket dari limbah pengolahan kayu sengon dengan metode cetak panas. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2012*.
- Sari, N.K. (2009). Pembuatan bioetanol dari rumput gajah dengan destilasi batch. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 8(3), 94-103.
- Shengzhou, F., Xuechang, Z., Jing, W., & Louzhong, T. (2013). Clonal variation in growth, chemistry, and caloric value of new poplar hybrids at nursery stage. *Journal Biomass Bioenergy*, 54, 303-311.
- Speight, J.G. (2005). *Handbook of coal analysis*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2000). *Briket arang kayu* (SNI 01 6235-2000). Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2010). *Briket biobatubara*. (SNI 4931-2010). Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2014). *Pelet kayu*. (SNI 8021-2014). Badan Standardisasi Nasional.
- Sudiro & Suroto, S. (2014). Pengaruh komposisi dan ukuran serbuk briket yang terbuat dari batubara dan jerami padi terhadap karakteristik pembakaran. *Jurnal Sains Technology*, 2(2), 1-18.
- Sudradjat, R., & Salim, S. (1994). Petunjuk teknis pembuatan arang aktif. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Susanti, P.D., Wahyuningtyas, R.S., & Ardhana, A. (2015). Pemanfaatan lahan gambut sebagai bahan baku bio-briket. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(1), 35-46.
- Triono, A. (2006). *Karakteristik briket arang dari campuran serbuk gergajian kayu afrika (Maesopsis eminii Engl.) dan sengon (Paraserianthes falcataria) dengan penambahan tempurung kelapa*. (Skripsi Sarjana). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wardani, L., Massijaya, M.Y., & Faisal, M. (2013). Utilization of petiole oil palm waste and recycled polypropylene as raw materials for wood composites. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 1(1), 46-53.
- Wibowo, S. (2009). *Karakteristik arang aktif tempurung biji nyamplung (Calophyllum inophyllum Linn) dan aplikasinya sebagai adsorben minyak nyamplung*. (Tesis Master). Institut Pertanian Bogor, Bogor.

- Yokoyama, S. (2008). Buku panduan biomassa Asia. Panduan untuk produksi dan pemanfaatan biomassa. The Japan Institut of Energy. [http:// www.jie.or.jp/biomass/AsiaBiomassHandbook/Indonesian/All_I.pdf](http://www.jie.or.jp/biomass/AsiaBiomassHandbook/Indonesian/All_I.pdf), diakses 11 Januari 2016.
- Yuniarti, Yan, P.T., Yogi, F., & Arhamsyah. (2011). Briket arang dari serbuk gergajian kayu meranti dan arang kayu galam. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 3(2), 37-42.