

**KARAKTERISTIK BRIKET BIOARANG CAMPURAN LIMBAH SERBUK
KAYU SUNGKAI (*Peronema canascens* Jack.)
DAN SEKAM PADI (*Oryza sativa*)**

*Briquette Characteristics Of Mixed Powder Of Sungkai Wood (*Peronema canascens* Jack.) And Rice Powder (*Oryza sativa*)*

Yudian Noorhakim, Sunardi, dan Henny Aryati

Jurusan Kehutanan

Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. Making briquettes from biomass feedstocks is expected to address environmental concerns as well as a solution to the scarcity of fuel. One type of waste that is produced is a lot of sawdust powder one of which *sanggai* sawdust powder type other than that which is not less generated is rice husk waste. Where from the two raw materials can be processed into charcoal briquettes. The objectives of this research are to know the characteristics of borang mixture of sungkai wood powder and rice husk, including: water content, density, ash content, airborne content, carbon powder content and calorific value. In addition to knowing the quality of charcoal briquette quality produced compared to the standard include: ASTM, SNI, JAS and BSI. This research used raw material of sungkai wood powder and rice husk with 3 replications and 5 treatments, namely: 100% sungkai wood powder, 75% sungkai wood powder: 25% rice husk, 50% sungkai wood powder: 50% rice husk, 25% Sungkai wood powder: 75% rice husk and 100% rice husk using 10% tapioca adhesive. Variation of charcoal briquettes mixture of sungkai wood powder waste and rice husk in making charcoal briquettes have significant effect on water content, ash content, content of fly content, bound carbon content and calorific value. The results showed that water content meets ASTM standards but does not meet SNI, JAS and BSI standards. Airborne content meets ASTM and JAS standards but, does not meet SNI and BSI standards. While the rest for density, ash content, bound carbon content and heating value all do not meet the standards of ASTM, SNI, JAS and BSI.

Keywords: Characteristic of bioarang briquettes; Sungkai wood charcoal; Rice husk charcoal

ABSTRAK. Pembuatan briket dari bahan baku biomassa diharapkan dapat mengatasi masalah lingkungan juga menjadi solusi dari kelangkaan bahan bakar. Salah satu jenis limbah yang cukup banyak dihasilkan adalah serbuk gergajian kayu salah satunya jenis serbuk gergajian kayu sungkai selain itu yang tak kalah banyak yang dihasilkan adalah limbah sekam padi. Dimana dari dari kedua bahan baku tersebut dapat diolah menjadi briket arang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik briket bioarang campuran serbuk kayu sungkai dan sekam padi meliputi: kadar air, kerapatan, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat dan nilai kalor. Selain itu untuk mengetahui kualitas mutu briket arang yang dihasilkan dibandingkan dengan standar meliputi: ASTM, SNI, JAS dan BSI. Penelitian ini menggunakan bahan baku serbuk kayu sungkai dan sekam padi dengan 3 ulangan dan 5 perlakuan, yaitu: 100% serbuk kayu sungkai, 75% serbuk kayu sungkai : 25% sekam padi, 50% serbuk kayu sungkai : 50% sekam padi, 25% serbuk kayu sungkai : 75% sekam padi dan 100 % sekam padi dengan menggunakan perekat tapioka 10%. Variasi briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi dalam pembuatan briket arang berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat dan nilai kalor. Hasil penelitian menunjukkan kadar air memenuhi standar ASTM tetapi tidak memenuhi standar SNI, JAS dan BSI. Kadar zat terbang memenuhi standar ASTM dan JAS tetapi, tidak memenuhi standar SNI dan BSI. Sedangkan sisanya untuk kerapatan, kadar abu, kadar karbon terikat dan nilai kalor semuanya tidak memenuhi standar ASTM, SNI, JAS dan BSI.

Kata kunci: Karakteristik Briket bioarang ; Arang kayu sungkai; Arang sekam padi

Penulis untuk korespondensi, surel : yudian1713@gmail.com

PENDAHULUAN

Briket bioarang merupakan arang yang diolah lebih lanjut yang kemudian dibentuk dan dapat digunakan sebagai bahan bakar memasak. Pembuatan briket arang yang berasal dari limbah industri pengolahan kayu dilakukan dengan cara penambahan perekat tapioka, dimana bahan baku yang akan digunakan terlebih dahulu diarangkan kemudian dihaluskan dengan cara ditumbuk kemudian dicampur perekat lalu dicetak dengan menggunakan sistem hidrolik manual yang kemudian dikeringkan. Briket arang merupakan hasil dari arang kayu yang sudah dirubah bentuk, ukuran dan kerapatannya dengan cara mengempa antara campuran serbuk arang dan perekat. Briket arang memiliki keunggulan dari pada arang, briket arang menghasilkan panas hasil pembakaran bisa terus ditingkatkan seiring riset, ukuran seragam dapat diolah dari berbagai jenis limbah dan pembakaran yang ramah lingkungan sedangkan arang mengasikkan panas tidak merata, ukuran tidak merata harus diolah dari kayu dan menimbulkan cukup banyak asap (Pari G, 2002).

Pembuatan briket dari bahan baku biomassa diharapkan dapat mengatasi permasalahan lingkungan serta solusi kelangkaan bahan bakar karena proses produksi briket yang mudah dan tidak memerlukan keterampilan khusus. Bahan utama pembuatan briket adalah selulosa, semakin tinggi kandungan selulosa semakin baik kualitas briket (Ndraha N, 2009). Beberapa jenis limbah industri penggergajian dan limbah pertanian dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif pengganti BBM dan gas. Menurut Pari G, (2002) untuk mengolah limbah tersebut menjadi lebih bermanfaat maka diperlukan teknologi alternatif. Teknologi tersebut diantaranya adalah teknologi pembuatan arang dan serbuk gergajian kayu. Arang serbuk yang dihasilkan dapat diolah lebih lanjut menjadi produk yang lebih mempunyai nilai ekonomi menjadi arang aktif, briket arang, serat karbon dan arang kompas.

Limbah dari serbuk gergajian dan sekam padi sampai saat ini masih belum termanfaatkan secara optimal dan masih kurang untuk diolah lebih lanjut menjadi

sebuah produk, salah satu produk yang dapat diolah dari limbah penggergajian dan sekam padi tersebut adalah pembuatan briket arang sebagai pengganti energi alternatif BBM maupun gas. Berdasarkan hasil survey lapangan menurut pemilik *band saw* (penggergajian) di Cempaka, jumlah limbah serbuk yang dihasilkan tiap harinya ± 20 kg/hari untuk limbah kayu sungkai hasil dari pengolahan untuk pembuatan papan, balok, kayu reng dan lain sebagainya dengan diameter kayu ± 20 cm. Selain itu ketersediaan limbah pertanian sekam padi juga tak kalah banyak dihasilkan tiap tahunnya, sekam padi sendiri mengandung karbon, hidrogen dan kadar selulosa yang cukup tinggi yang dapat menghasilkan pembakaran merata dan stabil, sedangkan kayu sungkai juga mempunyai kadar selulosa yang cukup tinggi yaitu 48, 6% dan kadar abu yang rendah 1,6%.

Berdasarkan permasalahan diatas tentang limbah penggergajian kayu sungkai dan sekam padi yang belum termanfaatkan secara optimal, peneliti mencoba melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengolah limbah penggergajian kayu sungkai dan limbah sekam padi menjadi produk energi alternatif briket bioarang. Berdasarkan dari dua komponen kayu sungkai dan sekam padi tersebut diharapkan apabila kedua bahan tersebut dicampurkan untuk pembuatan energi alternatif briket bioarang dapat menghasilkan energi nilai kalor yang dihasilkan cukup tinggi dan kadar abu yang rendah. Dalam pembuatannya dibutuhkan komposisi yang tepat agar tercipta briket dengan karakteristik yang diinginkan. Dalam penelitian ini, komposisi campuran briket terdiri dari bahan baku utama yaitu arang serbuk kayu sungkai dengan arang sekam padi. Berdasarkan latar belakang tersebut maka diadakan penelitian dengan "Karakteristik Briket Bioarang Campuran Serbuk Kayu Sungkai (*Peronema canescens* Jack.) dan Sekam Padi (*Oryza sativa*)."

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada 2 tempat yaitu di Workshop dan laboratorium kayu Fakultas Kehutanan UNLAM. Sedangkan waktu penelitian dilakukan ± 5 bulan dari bulan Januari sampai dengan Mei yang

meliputi persiapan, observasi lapangan, pengambilan bahan dilapangan, pengolahan dan pengujian sampel briket, analisis data serta penyusunan laporan. Alat yang digunakan adalah alat pencetak briket manual, saringan 20 dan 40 mesh, muffle furnace, oven, perioxide bom calorimeter, neraca analitik, desikator dan moisture meter. Alat dan bahan yang digunakan adakah kamera, baskom, kompor dan panci, gelas ukur dan alat tulis menulis, serbuk kayu sungkai, sekam padi, tepung tapioka, aquades, indikator MM (Metil merah) dan natrium karbonat (Na_2CO_3).

Prosedur penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan penjemuran bahan baku, kemudian bahan baku dibuat menjadi arang, setelah menjadi arang lalu dihaluskan atau ditumbuk menggunakan lesung, lalu diayak menggunakan ayakan mesh ukuran 20 dan 40, kemudian mengukur perbandingan antar perlakuan A1 (100% sekam padi), A2 (75% serbuk kay sungkai : 25% sekam padi), A3 (50% serbu kayu sungkai : 50% sekam padi), A4 (25% serbuk kayu sungkai : 75% sekam padi, A5 (100% sekam padi) dimana masing-masing perlakuan memuat bahan sebanyak 30 gram, kemudian dilanjutkan pemasakan tapioka sebanyak 10% (3 gram) sebagai perekat, setelah itu kedua bahan baku dicampur lalu dicetak menggunakan alat pencetak briket manual, lalu pengeluaran sampel dari alat cetak, kemudian briket yang sudah jadi dioven pada 200 °C selama satu jam dan seterusnya dilanjutkan dengan proses pengujian sampel contoh uji.

Prosedur Pengujian

Kadar air

Penetapan kadar air dilakukan dengan memasukan satuan gram (g) sampel diletakkan pada aluminium foil yang sudah dibentuk pada cawan. Sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu 103 ± 2 °C selama 24 jam sampai kadar air konstan. Sampel setelah dioven selanjutnya didinginkan dalam desikator selama 15 menit sampai kondisi stabil dan ditimbang (Nasir A, 2015).

Perhitungan kadar air menggunakan rumus:

$$\text{KA (\%)} = \frac{\text{BB} - \text{BKT}}{\text{BKT}} \times 100 \%$$

Kerapatan

Penetapan kerapatan dinyatakan dalam perbandingan antara berat dan volume briket arang. Kerapatan dihitung menggunakan rumus:

$$K = \frac{M}{V}$$

Kadar abu

Penetapan kadar abu dilakukan satu gram sampel diletakkan pada cawan porselin yang bobotnya sudah diketahui. Kemudian oven didalam *muffle furnace* pada suhu 600 – 900 °C selama 5 sampai 6 jam. Selanjutnya dinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil dan ditimbang (Nasir A, 2015).

Rumus perhitungan kadar abu:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{Berat abu}}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

Kadar zat terbang

Penetapan nilai zat terbang dilakukan dengan satu gram sampel diletakkan pada cawan porselin yang bobotnya sudah diketahui. Masukkan sampel kedalam *muffle furnace* suhu 950 ± 20 °C selama 7 menit, selanjutnya didinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil dan ditimbang (Nasir ,A 2015).

Kadar zat terbang dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar zat terbang} = \frac{B - C}{W} \times 100\%$$

Kadar karbon terikat

Penetapan nilai karrbon terikat dilakukan setelah didapatkan hasil kadar air, zat terbang dan kadar abu. Rumus kadar karbon terikat:

$$\text{Kadar karbon terikat} = 100\% - (\text{kadar air} + \text{kadar zat terbang} + \text{kadar abu})$$

Nilai kalor

Satu gram sampel diletakkan dalam cawan silika dan kemudian dimasukkan kedalam tabung *bomb calorimeter* (Nasir A, 2015). Pengukuran nilai kalor dilakukan dengan menggunakan alat *perioxide bomb calorimeter* manual. Hasil perhitungan berdasarkan jumlah kalor yang dilepaskan sama dengan jumlah kalor yang diserap dalam saluan kal/gram dengan rumus:

$$\text{Nilai kalor} = \frac{W(T_2 - T_1)}{A} - B_1 + B_2$$

Analisis data

Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dilakukan perobaan dengan

menggunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan. Kemudian untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antar perlakuan, maka dilakukan uji F dengan menggunakan analisis sidik ragam. Serta untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan ditetapkan berdasarkan perbandingan nilai F hitung dengan F tabel pada tingkat 5% dan 1%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air

Rekapitulasi data pengujian kadar air (%) yang diperoleh dari briket campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi data pengujian kadar air (%) briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi

| Ulangan | Perlakuan | | | | | Standar ASTM |
|-----------|-----------|-------|--------|-------|-------|-----------------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | |
| 1 | 3,928 | 2,859 | 3,541 | 2,880 | 2,124 | ≤6.3 |
| 2 | 3,885 | 3,093 | 3,305 | 3,017 | 2,954 | |
| 3 | 4,188 | 3,114 | 3,167 | 3,018 | 2,785 | |
| Jumlah | 12,001 | 9,066 | 10,013 | 8,915 | 7,863 | |
| rata-rata | 4,001 | 3,022 | 3,337 | 2,971 | 2,621 | |

Keterangan:

A1 = 100 % serbuk arang kayu sungkai (control)

A2 = 75% serbuk arang kayu sungkai dengan 25 % arang sekam padi

A3 = 50% serbuk arang kayu sungkai dengan 50 % arang sekam padi

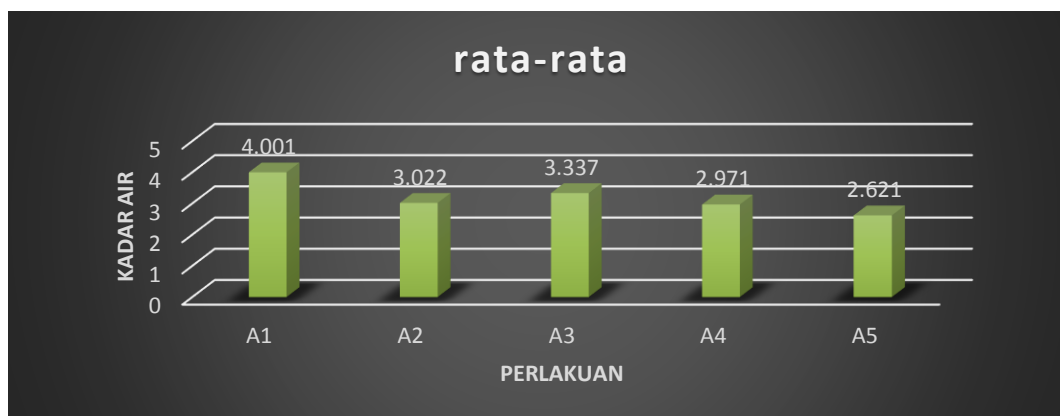
A4 = 25% serbuk arang kayu sungkai dengan 75 % arang sekam padi

A5 = 100 % arang sekam padi (control)

Pengujian kadar air briket berkisar antara 2,621% – 4,001%, kadar air briket masuk dalam kategori ASTM (*American Standart Testing and Material*) (< 6,3%) dan penelitian Sulaiman (2016) (2,303%-4,709%), penelitian Asprila (2017) (2,253%-4,899%) maka kadar air mempunyai rentang nilai yang tidak jauh berbeda. Menyatakan bahwa arang memiliki kemampuan menyerap air yang besar yang dipengaruhi oleh luas permukaan dan pori-pori arang. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan (1994) bahwa briket arang yang lolos 20 mesh memiliki kadar air paling tinggi dibandingkan dengan serbuk arang yang lolos saringan 45 mesh. Menurut Hendra D. (2012) menyatakan kadar air yang tinggi

pada bahan bakar akan menyebabkan pembakaran yang lambat, menimbulkan asap yang banyak dan temperatur api yang rendah pada waktu pembakaran, sehingga kandungan kadar air dalam briket harus ditekan serendah mungkin. Selain itu semakin tinggi kandungan kadar air maka nilai kalor yang dihasilkan semakin rendah, karena pada saat proses pembakaran perlu lebih banyak kalor yang dibutuhkan untuk menguapkan air tersebut menjadi uap sehingga energi yang tersisa didalam arang menjadi kecil. (Rahman dkk, 2010).

Diagram pengujian kadar air (%) rata-rata briket campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi yang berbeda-beda pada setiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram nilai rata-rata pengujian kadar air (%) briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi

Keterangan:

A1 = 100 % serbuk arang kayu sungkai (control)

A2 = 75% serbuk arang kayu sungkai dengan 25 % arang sekam padi

A3 = 50% serbuk arang kayu sungkai dengan 50 % arang sekam padi

A4 = 25% serbuk arang kayu sungkai dengan 75 % arang sekam padi

A5 = 100 % arang sekam padi (control)

Pada Gambar 1 terlihat bahwa pengujian kadar air (%) rata-rata terendah yaitu sebesar 2,621% diperoleh pada perlakuan A5, sedangkan kadar air tertinggi sebesar 4,001 diperoleh dari perlakuan A1(100% sungkai). Hasil grafik menunjukkan dari perlakuan A1 sampai (100% sungkai) perlakuan A5 (100% sekam padi cenderung menurun walaupun pada perlakuan A3 (50% sungkai dan 50% sekam padi) ada sedikit mengalami kenaikan, bertambahnya kadar air pada perlakuan A3 (50% sungkai dan 50% sekam padi) diduga hal ini disebabkan karena komposisi arang kayu sungkai partikelnya lebih besar dari komposisi arang sekam padi. Hal ini sependapat dengan Sulaiman (2016) menyatakan bahwa besar kecilnya ukuran partikel dan pori-pori arang

akan berpengaruh terhadap tinggi rendahnya kadar air dan juga dipengaruhi oleh kadar abu, apabila semakin tinggi kadar abu maka kadar air akan semakin rendah. Selain itu menurut pernyataan Pane J. P. dkk (2015) bahwa semakin tinggi penambahan jumlah konsentrasi perekat maka akan membuat kadar air semakin tinggi karena kadar air dalam perekat itu sendiri ikut menambah kadar air briket secara keseluruhan.

Kerapatan

Hasil rekapitulasi data pengujian kerapatan (g/cm^3) briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi data pengujian kerapatan (g/cm^3) briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi

| Ulangan | Perlakuan | | | | | Standar ASTM |
|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | |
| 1 | 0,852 | 0,893 | 0,839 | 0,882 | 0,848 | 1 |
| 2 | 0,852 | 0,842 | 0,889 | 0,857 | 0,837 | |
| 3 | 0,870 | 0,874 | 0,889 | 0,840 | 0,875 | |
| Jumlah | 2,574 | 2,609 | 2,617 | 2,579 | 2,561 | |
| rata-rata | 0,858 | 0,869 | 0,872 | 0,859 | 0,853 | |

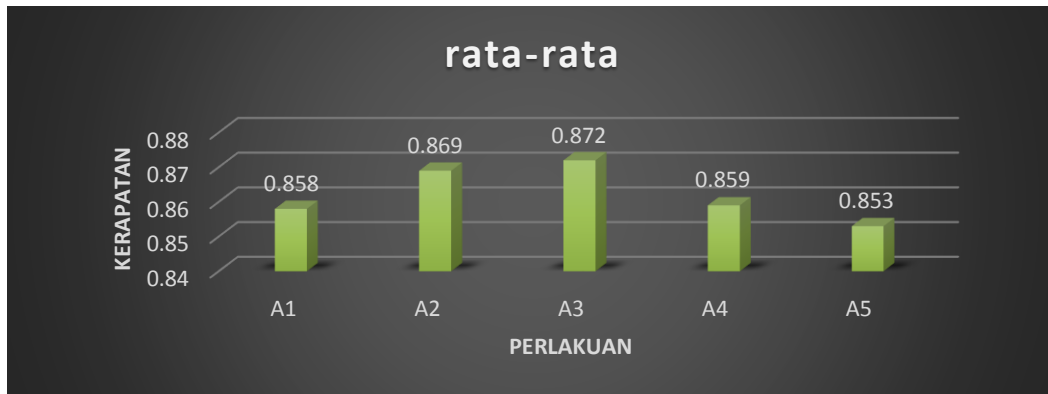
Keterangan:

- A1 = 100 % serbuk arang kayu sungkai (control)
- A2 = 75% serbuk arang kayu sungkai dengan 25 % arang sekam padi
- A3 = 50% serbuk arang kayu sungkai dengan 50 % arang sekam padi
- A4 = 25% serbuk arang kayu sungkai dengan 75 % arang sekam padi
- A5 = 100 % arang sekam padi (control)

Pengujian kerapatan briket yang dihasilkan berkisar antara $0,858 \text{ g/cm}^3$ - $0,872 \text{ g/cm}^3$, maka nilai kerapatan briket yang dihasilkan tidak memenuhi standar ASTM (*American Standart Testing and Material*) tetapi hampir mendekati (1 g/cm^3). Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Sulaiman (2016) ($0,531 \text{ g/cm}^3$ - $0,585 \text{ g/cm}^3$) dan hasil penelitian Asprila D. (2017) ($0,514 \text{ g/cm}^3$ - $0,788 \text{ g/cm}^3$) menunjukkan bahwa nilai kerapatan briket pada penelitian ini menunjukkan rentang nilai yang relatif tidak jauh berbeda, tetapi hasil nilai kerapatan dari penelitian ini lebih baik

dibandingkan penelitian terdahulu. Semakin besar tekanan yang diberikan pada briket maka semakin tinggi kerapatan yang dihasilkan. Tekanan yang besar akan menyebabkan masuknya perekat ke dalam pori-pori arang dan mengisi ruang kosong diantara serbuk arang sehingga akan menghasilkan kerapatan yang tinggi (Sulaiman, 2016).

Diagram pengujian kerapatan (g/cm^3) rata-rata briket campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi berbeda-beda untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram nilai rata-rata pengujian kerapatan (g/cm^3) briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi

Keterangan:

- A1 = 100 % serbuk arang kayu sungkai (control)
- A2 = 75% serbuk arang kayu sungkai dengan 25 % arang sekam padi
- A3 = 50% serbuk arang kayu sungkai dengan 50 % arang sekam padi
- A4 = 25% serbuk arang kayu sungkai dengan 75 % arang sekam padi
- A5 = 100 % arang sekam padi (control)

Gambar 2 terlihat bahwa pengujian kerapatan (g/cm^3) rata-rata terendah yaitu sebesar $0,853 \text{ g/cm}^3$ yang diperoleh pada perlakuan (A5), sedangkan nilai kerapatan tertinggi sebesar $0,872 \text{ g/cm}^3$ pada perlakuan (A3). Hasil grafik menunjukkan dari perlakuan (A1) ke perlakuan (A5) cenderung mengalami kenaikan dari perlakuan (A5) ke perlakuan (A3) dan mengalami penurunan kembali dari perlakuan (A3) ke perlakuan (A5). Hal ini diduga dikarenakan komposisi arang serbuk kayu sungkai dan arang sekam padi memiliki ukuran partikel yang berbeda atau tidak seragam. Selain itu pengaruh tekanan yang digunakan juga

berpengaruh pada kerapatan yang dihasilkan. Menurut Yuliza N, dkk (2013), besar kecilnya kerapatan dipengaruhi oleh ukuran dan kehomogenan arang penyusun briket arang tersebut, sedangkan menurut Bahri (2008), semakin tinggi keseragaman ukuran serbuk arang maka akan menghasilkan briket arang dengan kerapatan dan keteguhan yang semakin tinggi, selain itu tinggi rendahnya keteguhan tekan yang diberikan pada briket arang yang dihasilkan dipengaruhi oleh ukuran besar kecilnya serbuk arang yang dihasilkan. Ukuran partikel serbuk arang yang terlalu halus menghasilkan briket arang yang

keteguhan tekannya lebih rendah dibandingkan dengan briket arang yang terbuat dari ukuran partikel serbuk arang yang lebih besar.

Kadar Abu

Hasil rekapitulasi data pengujian kadar abu (%) briket campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi data pengujian kadar abu (%) briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi

| Ulangan | Perlakuan | | | | | Standar ASTM |
|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | |
| 1 | 13,26 | 19,66 | 23,27 | 32,72 | 30,31 | 8,3 |
| 2 | 14,72 | 20,17 | 24,68 | 32,43 | 34,26 | |
| 3 | 13,12 | 17,97 | 28,66 | 33,48 | 32,64 | |
| Jumlah | 41,10 | 57,80 | 76,61 | 98,63 | 97,21 | |
| rata-rata | 13,70 | 19,26 | 25,53 | 32,87 | 32,41 | |

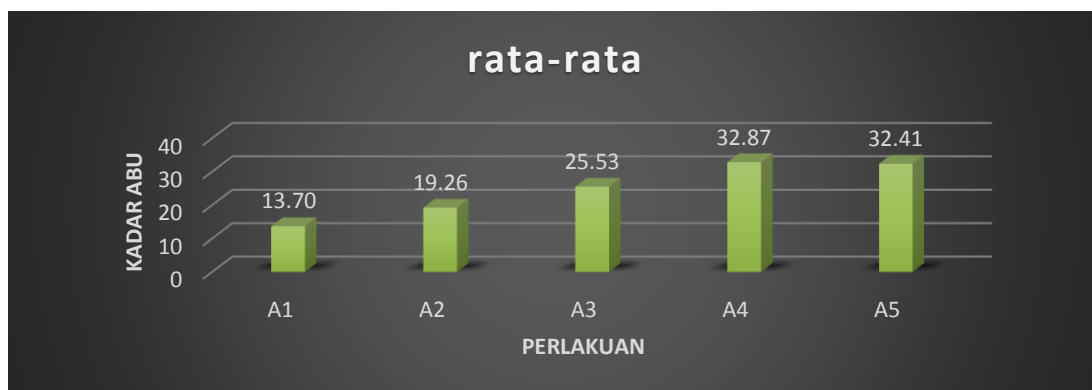
Keterangan:

- A1 = 100 % serbuk arang kayu sungkai (control)
- A2 = 75% serbuk arang kayu sungkai dengan 25 % arang sekam padi
- A3 = 50% serbuk arang kayu sungkai dengan 50 % arang sekam padi
- A4 = 25% serbuk arang kayu sungkai dengan 75 % arang sekam padi
- A5 = 100 % arang sekam padi (control)

Pengujian nilai kadar abu briket berkisar antara 13,70% - 32,87%, maka nilai kadar abu nilai kadar abu yang dihasilkan tidak memenuhi standar ASTM (*American Standart Testing and Material*) (8,3%). Penelitian Sulaiman (2016) (15,630% - 33,390%) dan penelitian Asprila D. (2017) (15,000% - 41,000%), maka nilai hasil pengujian yang didapat tidak jauh berbeda. Hal ini diduga karena perbedaan kandungan bahan kimia yang terkandung didalam kedua bahan baku tersebut. Hal ini sesuai pernyataan Hendra dan Winarni (2003)

dikutip sulaiman (2016) dikarenakan perbedaan bahan baku yang digunakan dan komposisi kandungan kimia serta mineral yang terkandung dalam bahan baku berbeda-beda sehingga mengakibatkan kadar abu briket arang yang dihasilkan berbeda pula.

Diagram pengujian kadar abu (%) briket campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi yang berbeda-beda untuk setiap perlakuan dapat dilihat Gambar 3.



Gambar 3. Diagram nilai rata-rata pengujian kadar abu (%) briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi

Keterangan:

A1 = 100 % serbuk arang kayu sungkai (control)

A2 = 75% serbuk arang kayu sungkai dengan 25 % arang sekam padi

A3 = 50% serbuk arang kayu sungkai dengan 50 % arang sekam padi

A4 = 25% serbuk arang kayu sungkai dengan 75 % arang sekam padi

A5 = 100 % arang sekam padi (control)

Gambar 3 terlihat bahwa pengujian kadar abu (%) rata-rata terendah yaitu sebesar 13,70% diperoleh pada perlakuan (A1), sedangkan kadar abu tertinggi sebesar 32,87% diperoleh pada perlakuan (A4). Hasil grafik dari perlakuan (A1) ke perlakuan (A5) cenderung mengalami peningkatan, hal ini disebabkan kandungan silika arang sekam padi lebih tinggi dibandingkan arang kayu sungkai. Hal ini sejalan dengan penelitian Patabang D. (2012) arang sekam padi mengandung abu sebanyak 39,06% dikarenakan sekam padi tersusun dari jaringan serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut-serabut yang keras dan mengandung air sangat sedikit sehingga apabila dibuat dalam

bentuk arang kadar abu yang dihasilkan cukup banyak. Selain itu menurut Kalinauskaite, S. (2012) dalam penelitiannya memperoleh bahwa tinggi rendahnya penambahan bahan perekat tapioka cenderung dapat meningkatkan kadar abu karena perekat tapioka mengandung komponen-komponen anorganik, yang pada akhirnya dapat menambah persentase kadar abu itu sendiri.

Kadar zat terbang

Hasil rekapitulasi data pengujian kadar zat terbang (%) yang ada didalam briket campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi data pengujian kadar zat terbang (%) briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi

| Ulangan | Perlakuan | | | | | Standar ASTM |
|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | |
| 1 | 20,96 | 25,34 | 20,73 | 24,13 | 19,47 | 19-28 |
| 2 | 20,47 | 27,22 | 21,45 | 26,54 | 19,25 | |
| 3 | 20,89 | 24,44 | 21,82 | 23,99 | 19,66 | |
| Jumlah | 62,32 | 77,00 | 64,00 | 74,66 | 58,38 | |
| rata-rata | 20,77 | 25,60 | 21,30 | 24,88 | 19,46 | |

Keterangan:

A1 = 100 % serbuk arang kayu sungkai (control)

A2 = 75% serbuk arang kayu sungkai dengan 25 % arang sekam padi

A3 = 50% serbuk arang kayu sungkai dengan 50 % arang sekam padi

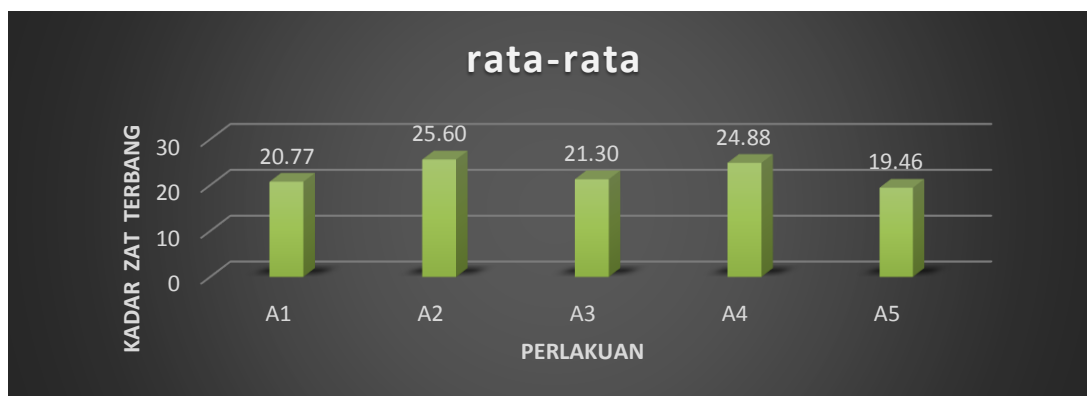
A4 = 25% serbuk arang kayu sungkai dengan 75 % arang sekam padi

A5 = 100 % arang sekam padi (control)

Pengujian kadar zat terbang briket ini berkisar antara 19,46% - 24,88% maka pengujian kadar zat terbang ini masuk dalam kategori ASTM (*American Standart Testing and Material*) (19-28%). Penelitian Sulaiman (2016) (51,057% - 55,913%) dan penelitian Asprila D (2017) (35,667% - 48,467%), maka pengujian kadar zat terbang pada penelitian ini lebih rendah dari penelitian sebelumnya dan masuk dalam kategori ASTM. Hal ini diduga karena perbedaan bahan baku dari arang dan pengaruh sifat fisik dan kimia arang dari masing-masing setiap bahan baku. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sinurat, E.

(2011) tinggi rendahnya kadar zat terbang yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis bahan baku, sehingga perbedaan jenis bahan baku berpengaruh nyata pada nilai kadar zat terbang tiap briket arang, semakin banyak kandungan zat terbang pada briket maka semakin mudah untuk terbakar dan menyala.

Diagram hasil pengujian kadar zat terbang (%) rata-rata briket campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi yang berbeda-beda pada tiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram nilai rata-rata pengujian kadar zat terbang (%) briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi

Keterangan:

- A1 = 100 % serbuk arang kayu sungkai (control)
- A2 = 75% serbuk arang kayu sungkai dengan 25 % arang sekam padi
- A3 = 50% serbuk arang kayu sungkai dengan 50 % arang sekam padi
- A4 = 25% serbuk arang kayu sungkai dengan 75 % arang sekam padi
- A5 = 100 % arang sekam padi (control)

Gambar 4 menunjukkan bahwa pengujian kadar zat terbang (%) rata-rata terendah yaitu sebesar 19,465 diperoleh pada perlakuan (A5), sedangkan kadar zat terbang tertinggi sebesar 25,60% diperoleh pada perlakuan (A2). Hasil grafik menunjukkan dari perlakuan (A1) ke perlakuan (A5) cenderung mengalami kenaikan dan penurunan. Hal ini diduga karena pada saat mengarangkan kedua bahan baku suhu dan waktu yang ditentukan tidak merata juga dipengaruhi oleh adanya interaksi udara pada saat proses pengarangan dan penambahan perekat tapioka. Hal ini sejalan dengan pendapat Bahri (2008) kadar zat terbang ditentukan oleh kesempurnaan proses karbonisasi, suhu dan waktu pengarangan, semakin besar suhu pada waktu pengarangan, maka semakin banyak zat menguap yang terbuang selama proses

pengarangan sehingga kandungan zat terbang akan semakin kecil. Selain itu menurut Pari, (2004) dikutip Sulaiman, (2016) adanya interaksi karbon dengan udara pada proses pengarangan dapat meningkatkan kadar zat terbang pada briket. Menurut penelitian Pane, J. P. dkk (2015) persentasi kandungan kadar zat terbang cenderung menurun dengan peningkatan komposisi bahan tambahan perekat pada briket, hal ini dikarenakan bertambahnya kandungan air dalam briket yang menyebabkan kadar zat terbang menurun.

Kadar karbon terikat

Hasil rekapitulasi data pengujian kadar karbon terikat (%) briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5. Rekapitulasi data pengujian kadar karbon terikat (%) briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi

| Ulangan | Perlakuan | | | | | Standar ASTM |
|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|--------------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | |
| 1 | 61,852 | 52,141 | 52,459 | 40,270 | 48,096 | 60 |
| 2 | 60,925 | 49,517 | 50,565 | 38,013 | 43,536 | |
| 3 | 61,802 | 54,476 | 46,353 | 39,512 | 44,915 | |
| Jumlah | 184,579 | 156,134 | 149,377 | 117,795 | 136,547 | |
| rata-rata | 61,526 | 52,045 | 49,792 | 39,265 | 45,516 | |

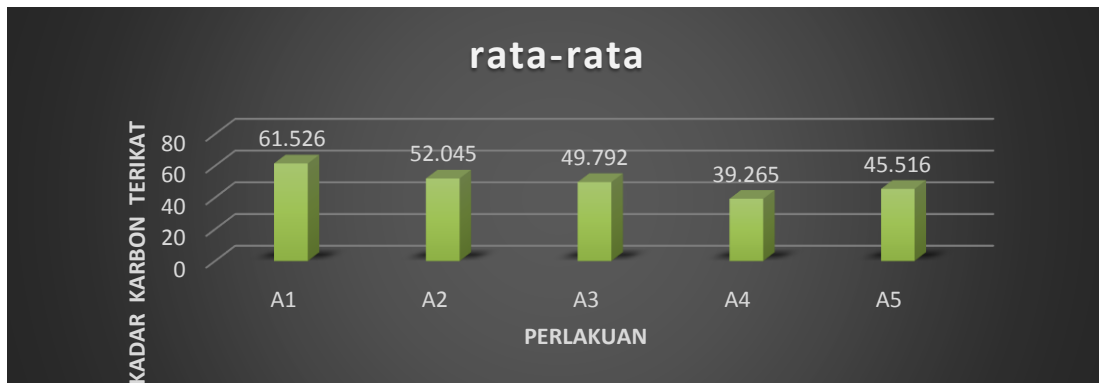
Keterangan:

- A1 = 100 % serbuk arang kayu sungkai (control)
- A2 = 75% serbuk arang kayu sungkai dengan 25 % arang sekam padi
- A3 = 50% serbuk arang kayu sungkai dengan 50 % arang sekam padi
- A4 = 25% serbuk arang kayu sungkai dengan 75 % arang sekam padi
- A5 = 100 % arang sekam padi (control)

Pengujian nilai kadar karbon terikat ini berkisar antara 39,265% - 61,526%, maka nilai kadar karbon terikat yang dihasilkan ada yang memenuhi standar ASTM (*American Standart Testing and Material*) (60%) yaitu pada perlakuan (A1). Penelitian Sulaiman (2016) (8,316% - 28,670%) dan penelitian Asprila, D. (2017) (8,614% - 42,434%), maka pengujian kadar karbon terikat briket campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi lebih baik dari pada briket campuran ulin dan sekam padi (Sulaiman, 2016) serta briket campuran nipah dan sekam padi (Asprila, D. 2017). Hal ini diduga karena kandungan kadar air, kadar abu dan kadar zat menguap arang

kayu sungkai lebih rendah dari arang kayu ulin dan arang kulit buah nipah. Hal ini sependapat dengan Pane, J. P. dkk (2015) semakin tinggi kadar bahan tambahan seperti perekat dan kadar air maka kadar karbon terikat akan rendah. Hal ini dikarenakan briket arang yang menggunakan bahan tambahan dengan kadar yang tinggi akan menaikkan kadar abu dan kadar zat terbang sehingga menurunkan kadar karbon terikat.

Diagram hasil pengujian kadar karbon terikat (%) yang terkandung dalam briket campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi yang berbeda-beda pada setiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram nilai rata-rata pengujian kadar karbon terikat (%) briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi

Keterangan:

- A1 = 100 % serbuk arang kayu sungkai (control)
- A2 = 75% serbuk arang kayu sungkai dengan 25 % arang sekam padi
- A3 = 50% serbuk arang kayu sungkai dengan 50 % arang sekam padi
- A4 = 25% serbuk arang kayu sungkai dengan 75 % arang sekam padi
- A5 = 100 % arang sekam padi (control)

Pada Gambar 5 terlihat bahwa pengujian kadar karbon terikat (%) rata-rata terendah sebesar 39,265% diperoleh pada perlakuan (A4), sedangkan rata-rata kadar karbon terikat tertinggi diperoleh pada perlakuan (A1). Hasil dari grafik menunjukkan dari perlakuan (A1) keperlakuan (A5) cenderung menurun dan mengalami kenaikan diakhir. Hal ini diduga pada saat proses pengarangan suhu karbonisasi yang digunakan tidak merata sehingga berpengaruh pada kadar air, kadar abu dan kadar zat terbang dimana, dari 3 komponen

tersebut berpengaruh pada hasil kadar karbon terikat. Hal ini sejalan dengan pendapat penelitian Moeksin, R. dkk (2014) bahwa semakin tinggi temperatur karbonisasi briket maka kadar karbon dalam briket semakin besar. Hal ini karena saat jenis bahan baku dikarbonisasi, kadar zat terbang dan kadar air akan berkurang, sehingga semakin tinggi suhu karbonisasi briket maka kadar zat terbang dan kadar air juga akan semakin berkurang, sehingga kadar karbon padat yang ada didalam briket akan semakin banyak.

Nilai kalor

serbuk kayu sungkai dan sekam padi dapat dilihat pada Tabel 6.

Hasil rekapitulasi data pengujian nilai kalor (kal/g) briket arang campuran limbah

Tabel 6. Rekapitulasi data pengujian nilai kalor (kal/g) briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi

| Ulangan | Perlakuan | | | | | Standar ASTM |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|--------------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | |
| 1 | 3924,820 | 3777,160 | 3584,080 | 3340,480 | 3194,620 | 6.230 |
| 2 | 3825,780 | 3680,020 | 3437,620 | 3243,640 | 3049,560 | |
| 3 | 3875,000 | 3633,700 | 3510,900 | 3267,900 | 3146,700 | |
| Jumlah | 11625,600 | 11090,880 | 10532,600 | 9852,020 | 9390,880 | |
| rata-rata | 3875,200 | 3696,960 | 3510,860 | 3284,006 | 3130,293 | |

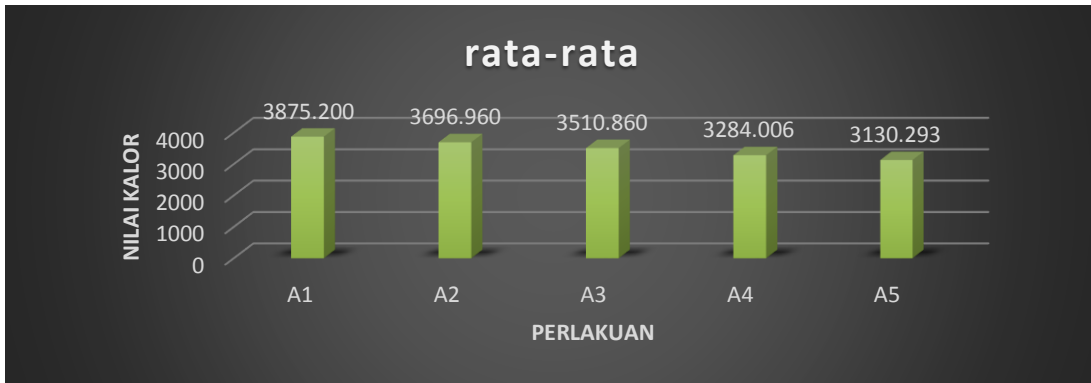
Keterangan:

- A1 = 100 % serbuk arang kayu sungkai (control)
- A2 = 75% serbuk arang kayu sungkai dengan 25 % arang sekam padi
- A3 = 50% serbuk arang kayu sungkai dengan 50 % arang sekam padi
- A4 = 25% serbuk arang kayu sungkai dengan 75 % arang sekam padi
- A5 = 100 % arang sekam padi (control)

Pengujian nilai kalor briket ini berkisar antara 3.130,293 kal/g – 3.875,200 kal/g, maka nilai kalor biket ini masih belum memenuhi standar ASTM (*American Standart Testing and Material*) (6.230 kal/g). Jika dibandingkan dengan penelitian Sulaiman (2016) 3.380,370 kal/g – 5.473,79 kal/g dan penelitian Asprila, D. (2017) 3.503,797 kal/g – 4.980,234 kal/g, maka hasil pengujian nilai kalor ini lebih rendah dari penelitian sebelumnya. Hal ini diduga dikarenakan perbedaan jenis bahan baku, berat jenis kayu dan kadar zat ekstraktifnya maka energi (nilai kalor) yang terkandung didalamnya pun juga berbeda beda. Hal ini sejalan dengan pendapat Ndraha, N. (2009) menyatakan nilai kalor yang dihasilkan dipengaruhi oleh energi yang dimiliki oleh bahan penyusunnya sendiri. Selain itu menurut Bahri (2008) nilai kalor erat kaitannya dengan kerapatan briket arang, semakin tinggi kerapatan maka akan meningkatkan nilai kalor karena ikatan antar partikel arang menjadi lebih kuat sehingga

menghasilkan panas yang lebih baik. Menurut departemen pertambangan dan energi (1991) pada dasarnya bahwa semua pohon dapat dijadikan sebagai sumber energi, tetapi tiap-tiap jenis pohon mempunyai nilai kalor yang ditentukan oleh besarnya berat jenis. Berat jenis kayu sendiri berbanding lurus dengan dengan nilai kalor yang dihasilkan, semakin tinggi berat jenis semakin tinggi pula nilai kalornya. Menurut Haygreen dkk (2003) zat ekstraktif berpengaruh terhadap nilai kalor, semakin tinggi kadar zat ekstraktif maka nilai kalor yang dihasilkan juga tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian Amiliya D. (2014) bahwa zat ekstraktif berpengaruh besar terhadap nilai kalor. Nilai kalor mengalami penurunan seiring dengan menurunnya kadar zat ekstraktif dalam kayu.

Diagram hasil pengujian nilai kalor (kal/g) yang terkandung dalam briket campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi yang berbeda-beda pada setiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram nilai rata-rata pengujian nilai kalor (kal/g) briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi

Keterangan:

A1 = 100 % serbuk arang kayu sungkai (control)

A2 = 75% serbuk arang kayu sungkai dengan 25 % arang sekam padi

A3 = 50% serbuk arang kayu sungkai dengan 50 % arang sekam padi

A4 = 25% serbuk arang kayu sungkai dengan 75 % arang sekam padi

A5 = 100 % arang sekam padi (control)

Pada Gambar 6 terlihat bahwa pengujian nilai kalor (kal/g) rata-rata terendah yaitu sebesar 3.130,293 kal/g diperoleh pada perlakuan (A5), sedangkan rata-rata nilai kalor tertinggi sebesar 3.875,200 kal/g diperoleh pada perlakuan (A1). Hasil grafik menunjukkan dari perlakuan (A1) keperlakuan (A5) cenderung mengalami penurunan. Hasil grafik juga menunjukkan bahwa nilai kalor akan semakin meningkat dengan semakin banyaknya jumlah serbuk kayu sungkai yang ditambahkan kedalam campuran briket. Hal ini menjelaskan bahwa nilai kalor kayu sungkai lebih tinggi dibandingkan nilai kalor sekam padi, sehingga jika semakin

banyak perbandingan campuran kayu sungkai terhadap sekam padi dalam campuran briket maka akan semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan. Menurut Bahri (2008) tinggi rendahnya nilai kalor dipengaruhi oleh parameter lain seperti kadar air dan kadar abu pada briket arang. Apabila semakin tinggi kadar air dan kadar abu, maka nilai kalor yang dihasilkan rendah. Selain itu menurut Triono A (2006) dikutip Sulaiman (2016) bahwa nilai kalor juga dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar karbon terikat, yang erat kaitannya dengan kadar air, kadar abu dan kadar zat menguap pada nilai kalor yang dihasilkan.

Tabel 7. Rekapitulasi data hasil pengujian rata-rata penelitian briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi

| Sifat fisik kimia | Perlakuan | | | | | Rata-rata |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | |
| Kadar air (%) | 4,001 | 3,022 | 3,337 | 2,971 | 2,621 | 3,1904 |
| Kerapatan (g/cm ³) | 0,858 | 0,869 | 0,872 | 0,859 | 0,853 | 0,8622 |
| Kadar abu (%) | 13,700 | 19,260 | 25,530 | 32,870 | 32,410 | 24,754 |
| Kadar zat terbang (%) | 20,770 | 25,600 | 21,300 | 24,880 | 19,460 | 22,402 |
| Kadar karbon terikat (%) | 61,526 | 52,045 | 49,792 | 39,265 | 45,516 | 49,6288 |
| Nilai kalor (kal/g) | 3.875,200 | 3.696,960 | 3.510,860 | 3.284,006 | 3.130,293 | 3.499,464 |

Keterangan:

A1 = 100 % serbuk arang kayu sungkai (control)

A2 = 75% serbuk arang kayu sungkai dengan 25 % arang sekam padi

A3 = 50% serbuk arang kayu sungkai dengan 50 % arang sekam padi

A4 = 25% serbuk arang kayu sungkai dengan 75 % arang sekam padi

A5 = 100 % arang sekam padi (control)

Tabel 8. Hasil pengujian sifat fisik kimia briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi, berdasarkan standar SNI, JAS, BSI dan ASTM

| Sifat fisik kimia | SNI | JAS | BSI | ASTM | Hasil Penelitian |
|--------------------------------|-------|---------------|-------|-------|------------------|
| Kadar air (%) | 7,57 | 6,8 | 3,6 | < 6,3 | 3,1904 |
| Kerapatan (g/cm ³) | 0,44 | 1,0 - 1,2 | 0,48 | 1 | 0,8622 |
| Kadar abu (%) | 5,51 | 3,6 | 5,9 | 8,3 | 24,754 |
| Kadar zat terbang (%) | 16,14 | 15-30 | 16,14 | 19-28 | 22,402 |
| Kadar karbon terikat (%) | 78,35 | 60,80 | 75,3 | 60 | 49,6288 |
| Nilai kalor (kal/g) | 6.814 | 6.000 - 7.000 | 7.289 | 6.230 | 3.499,464 |

Hasil rekapitulasi data pengujian kadar air briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi, kadar air (%) briket memenuhi standar ASTM, hampir memenuhi standar BSI dan tidak terpenuhi pada standar SNI serta JAS. Kerapatan (g/cm³) hampir memenuhi untuk standar ASTM dan JAS, sedangkan untuk standar SNI dan JAS tidak terpenuhi hal ini diduga karena pada saat proses pengepresan alat yang digunakan briket tidak ada ukuran untuk pengepresan dikarenakan masih menggunakan alat kempa yang tradisional (manual) sehingga berpengaruh pada hasil kerapatan. Hasil nilai kada abu (%) briket juga terlihat tidak terpenuhi untuk standar SNI, BSI, JAS dan ASTM. Hasil nilai kadar zat terbang terpenuhi untuk standar ASTM dan JAS sedangkan untuk standar SNI dan BSI tidak terpenuhi. Hasil kadar karbon terikat terlihat tidak terpenuhi untuk standar SNI, JAS, BSI dan ASTM, begitu juga untuk nilai kalor juga tidak terpenuhi untuk standar SNI, JAS, BSI dan ASTM.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Variasi briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi dalam pembuatan briket arang berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air (%), kadar abu (%), kadar zat terbang (%), kadar karbon terikat (%) dan nilai kalor (kal/g) sedangkan pada kerapatan tidak berpengaruh nyata (g/cm³). Hasil penelitian

menunjukkan kadar air memenuhi standar ASTM, tetapi tidak terpenuhi untuk standar SNI, JAS dan BSI. Kadar zat terbang memenuhi standar ASTM dan JAS, tetapi tidak memenuhi standar SNI dan BSI. Sedangkan sisanya untuk kerapatan, kadar abu, kadar karbon terikat dan nilai kalor semuanya tidak memenuhi standar SNI, JAS, BSI dan ASTM.

Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik briket arang campuran limbah serbuk kayu sungkai dan sekam padi terhadap perbandingan perekat atau mengenai karakteristik perbandingan terhadap briket arang yang menggunakan lubang dan tidak menggunakan lubang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amiliya, D. 2014. *Zat Eksraktif Kayu Nangka (Arthocarpus heterophyllus Lam) Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kalor*. [Skripsi]. Fakultas Kehutanan. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Asprila, D. 2017. *Analisis Sifat Fisik-Kimia Briket Arang Campuran Arang KulitSabut Buah Nipah (Nypa frutican Wurmb) dan Arang Sekam Padi (Oryza sativa)* [Skripsi]. Fakultas Kehutanan. Banjarbaru : Universitas Lambung Mangkurat.

- Badan penelitian dan Pengembangan Kehutanan. 1994. *Pedoman Teknis Pembuatan Briket Arang*. Departemen Kehutanan. Bogor.
- Bahri, S. 2008. *Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu Untuk Pembuatan Briket Arang Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan di Nangroe Aceh Darussalam*, Tesis, USU e-Repository 2008.
- Dapertemen Pertambangan dan Energi. 1991. *Pemilihan Jenis Pohon Energi*. Direktorat Jendral Listrik Energi Baru. Jakarta : Depertemen Pertambangan dan Energi.
- Haygreen J.G, Bowler J.L, Scmulsky R., 2003. *Forest Product and wood Sciences An Introduction*. Ames (US) : IOWA State Univercity Press.
- Hendra, D. 2012. *Pemanfaatan Eceng Gondok (Eichornia crassipes) Untuk Bahan Baku Briket Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol. 29 No. 2 (2011) pp. 189 – 210. Bogor
- Kalinuskaite, S. 2012. *Biomass Preparation For Conversion Humidity And Value Assesment*. *Agronomy Research Biosystem Engineering*, 1(2012), hal 115-122.
- Moeksin, R. Pratama, A, A., Tyani, D, R., 2014. *Karakteristik Biobriket Dari Campuran Ampas The Dengan Kulit Durian Dan Ampas The Dengan Serabut Kelapa*. [Skripsi]. Palembang : Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik : Universitas Sriwijaya.
- Nasir A. 2015. *Karakteristik Wood Pellet Campuran cangkang Sawit dan Kayu Bakau (Rhizophora spp.)*. [Skripsi]. Bogor : Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Ndraha, N. 2009. *Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang Tempurung Kelapa dan Serbuk Kayu Terhadap Mutu Yang Dihasilkan*. [Skripsi]. Fakultas Pertanian. Sumatera. Universitas Sumatera Utara.
- Pari, G. 2002. *Teknologi Alternatif Pemanfaatan Sampah Industri Pengolahan kayu*. Makalah Falsafah Sains (PPs 70 L) Program Sarjana/C3. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Patabang, D. 2012. *Karakteristik Termal Briket Arang Sekam Padi dengan Variasi Bahan Perekat*. *Jurnal Mekanikal*, Vol. 3 No. 2: 286-292.
- Pane, J, P., Janury, E., Herlina,. 2015. *Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penmbahan Kapur Dalam Pembuatan Briket Arang Berbahan Baku Pelepah Aren (Arenga pinnata)*. *Junal. Teknik Kimia*. Fakultas Teknik : Universitas Sumatera Utara. Medan. Vol. 4 No 2.
- Rahman, B. N., Onu, F., dan Sudarjo. 2010. *Pengukuran Nilai Kalor Bahan Bakar Briket Arang Kombinasi Cangkang Pala (Myristica fragan Hount) dan Limbah Sawit (Elais Guenensis)*. Seminar Nasional Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Hal 104-115
- Sinurat, E., 2011. *Studi Pemanfaatan Briket Kulit Jambu Mente dan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif* [Skripsi]. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik : Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Sulaiman, 2016. *Karakteristik Briket Campuran arang serbuk kayu ulin (Eusideroxylon zwageri Teijsm. & Binned.) dan arang sekam padi* [Skripsi]. Fakultas Kehutanan. Banjarbaru : Universitas Lambung Mangkurat.
- Yuliza, N. Nazir, N. dan Djalal, M., 2013. *Pengaruh Komposisi Arang Sekam Padi dan Arang Kulit Biji Jarak Pagar Terhadap Mutu Briket Arang*. *Jurnal Litbang Industri*, Vol. 3 No. 1 hal. 21-30.