

ANALISIS KOMPOSISI SERBUK KAYU KERUING (*DIPTEROCARPUS* SPP) DAN AKASIA (*ACACIA MANGIUM* WILLD) TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPELLET

Analysis of the composition of Sawdust Keruing (Dipterocarpus spp) and Acacia (Acacia mangium Willd) Against Biopellet Characteristics

Andi Prawoto, Muhammad Faisal Mahdie, dan Noor Mirad Sari

Jurusan Kehutanan

Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. This research aims to analyze the influence of the composition of sawdust keruing (*Dipterocarpus spp*) and Acacia (*Acacia mangium Willd*) to the characteristics of biopellet which include moisture content, density, ash content, flying substance, bound carbon content and calorific value. This research use the testing procedure American Standar Testing aand Material (ASTM) and the result obtained are compared with American Standar. The research results show the biopellet average moisture content ranged from 9.0794%-10.2907%, density values ranged from 0,508 g/cm³ - 0,599 g/cm³, the value of ash content ranged from 0,7233% - 1,2967%, the value of the flying substance ranged from 85.3400% - 87.73%, the value of the bound carbon content ranged from 1,2559% - 4,2840%, and the calorific value ranged from 4,318,58 cal/g - 4,594.66 cal/g. Parameters of moisture values, density values, flying values, and bound carbon values does not meet American standards. Parameters of ash values and calorific values meet American standards. The result of analysis of variance and further test showed that the difference of wood powder composition had no significant effect on the value of water content, ash content, flying agent value, bound carbon value and calorific value. But the real effect on the value of density.

Keywords: Biopellet, Wood keruing, Acacia wood, Renewable energy

ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh komposisi serbuk kayu keruing (*Dipterocarpus spp*) dan Akasia (*Acacia mangium Willd*) terhadap karakteristik biopellet yang meliputi kadar air, kerapatan, kadar abu, zat terbang, kadar karbon terikat dan, nilai kalor. Penelitian ini menggunakan prosedur pengujian *American Standard Testing and Material* (ASTM) dan hasil yang diperoleh dibandingkan dengan standar Amerika. Hasil penelitian biopellet menunjukkan rata-rata nilai kadar air berkisar antara 9,0794% - 10,2907%, nilai kerapatan berkisar antara 0,508 g/cm³ - 0,599 g/cm³, nilai kadar abu berkisar antara 0,7233% - 1,2967%, nilai zat terbang berkisar antara 85,3400% - 87,7300%, nilai karbon terikat berkisar antara 1,2559% - 4,2840%, dan nilai kalor berkisar antara 4.318,58 kal/g - 4.594,66 kal/g. Parameter nilai kadar air, nilai kerapatan, nilai zat terbang, dan nilai karbon terikat tidak memenuhi standar Amerika. Parameter nilai kadar abu dan nilai kalor memenuhi standar Amerika. Hasil analisis sidik ragam dan uji lanjutan menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan komposisi serbuk kayu tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kadar air, nilai kadar abu, nilai zat terbang, nilai karbon terikat dan nilai kalor. Namun berpengaruh nyata terhadap nilai kerapatan.

Kata Kunci: Biopellet, Kayu keruing, Kayu akasia, Energi terbarukan

Penulis untuk korespondensi: surel: andiprawoto07@gmail.com

PENDAHULUAN

Bahan bakar berbasis fosil untuk masa yang akan datang jumlahnya akan semakin menurun, satu diantaranya berupa minyak bumi. Berdasarkan KESDM (2013) menyatakan bahwa jumlah cadangan minyak bumi Indonesia terus mengalami penurunan. Awal Januari 2012 cadangan

minyak bumi Indonesia 3,74 miliar barel dan pada akhir 2012 mengalami penurunan sebesar 4% hingga mencapai 3,59 miliar barel. Cadangan minyak bumi Indonesia di dunia hanya 0,2% dari total cadangan minyak bumi pada 2012 sehingga diperkirakan dengan tingkat produksi minyak bumi pada saat ini cadangan minyak bumi Indonesia akan habis dalam jangka waktu 12 tahun ke depan.

Cadangan sumber energi fosil pada saat ini, terutama minyak bumi yang dimanfaatkan di Indonesia semakin menipis karena sebagian besar energi yang digunakan berasal dari fosil akan habis jika digunakan secara terus-menerus sehingga manusia dituntut untuk mencari sumber energi terbarukan (Leksono, 2010). Permasalahan ini menjadi tantangan bagi pemerintah Indonesia untuk membuat energi alternatif terbarukan yang berasal dari biomassa. Biomassa merupakan bahan organik dengan umur relatif muda yang berasal dari tumbuhan, hewan, dan produk atau limbah industri budidaya seperti kehutanan, perkebunan, pertanian, peternakan, dan perikanan (Supriyanto & Merry, 2010). Biomassa yang terdapat di muka bumi, persentase terbesar adalah biomassa dalam bentuk kayu, dimana biomassa yang dihasilkan sekitar 54 juta ton per tahun (Budiman, 2014).

Pemanfaatan limbah serbuk kayu dari industri penggajian merupakan bentuk pemanfaatan sebagai salah satu sumber energi alternatif terbarukan yang menghasilkan produk yang memiliki nilai tambah seperti biopellet. Biopellet merupakan produk yang saat ini sedang dikembangkan sebagai sumber energi alternatif terbarukan. Menurut Windarwati (2011) biopellet ini merupakan jenis bahan bakar padat yang memiliki ukuran yang lebih kecil dari briket arang, seragam dari segi ukuran, bentuk, kelembaban, kepadatan dan kandungan energi karena diproses melalui pengeringan dan pemadatan. El Bassam & Maegaard (2004) menambahkan bahwa biopellet diperoleh dari hasil pengempaan yang memiliki tekanan lebih besar dibandingkan biobriket.

Biopellet dapat dibentuk dari berbagai macam bahan baku, diantaranya berupa serbuk kayu keruing dan akasia. Pembuatan biopellet dengan cara mengkombinasikan serbuk kayu keruing (*Dipterocarpus* spp) yang memiliki berat jenis tinggi (0,67-0,92) dan serbuk kayu akasia yang memiliki berat jenis lebih rendah (0,4-0,45) diharapkan dapat meningkatkan nilai kalor dari kayu akasia (*Acacia mangium* Willd) serta bertujuan untuk menyeimbangkan nilai kalor dari keruing yang tinggi dan menaikkan nilai kalor akasia yang rendah. Berdasarkan permasalahan di atas, maka penulis mencoba melakukan penelitian tentang analisis komposisi serbuk kayu keruing dan akasia terhadap karakteristik biopellet.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh komposisi serbuk kayu keruing (*Dipterocarpus* spp) dan akasia (*A. mangium* Willd) terhadap karakteristik biopellet yang meliputi 1) kadar air, 2) kerapatan, 3) kadar abu, 4) zat terbang, 5) kadar karbon terikat, serta 6) nilai kalor.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Workshop Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat. Waktu pelaksanaan penelitian ± 5 bulan dari bulan Desember 2017 – April 2018 meliputi tahapan persiapan, observasi lapangan, pengambilan bahan baku di lapangan, pengolahan dan pengujian sampel biopellet, analisis data, dan pembuatan laporan.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, mesin pencetak pellet, bak pengaduk, saringan 40 mesh dan 60 mesh, timbangan analitik, oven, *moisture* meter, desikator, alat tulis - menulis, *muffle furnace*, *perioxide bomb calorimeter*. Bahan yang digunakan yaitu serbuk gergajian kayu keruing dan akasia, tepung tapioka, korek api, bahan kimia (aquades, larutan metil merah dan Na_2CO_3).

Prosedur Penelitian

Mempersiapkan serbuk gergajian kayu keruing dan akasia, menyaring serbuk dengan ayakan 40 mesh dan tertahan pada 60 mesh, mengeringkan serbuk kayu keruing dan akasia hingga kadar air maksimal 10%, menimbang serbuk kayu sebesar 8,3 gram, air 10 ml dan tepung tapioka (10%) seberat 0,83 gram, melarutkan tepung tapioka dengan air lalu memasak sampai menjadi gelatin kemudian diaduk dengan serbuk kayu keruing dan akasia, memasukkan serbuk kayu keruing dan akasia ke dalam alat pencetak biopellet, melakukan pengepresan dengan suhu panas sebesar 110° selama 5 menit, dan mengering udarakan biopellet sebelum dilakukan pengujian.

Prosedur Pengujian

Parameter yang akan diuji menggunakan standar *American Standard Testing and Material* (ASTM) yaitu:

Penetapan kerapatan (ASTM D 5142-020)

Kerapatan adalah perbandingan antara massa dibagi dan volume biopellet dan dinyatakan dalam gram/cm³. Perhitungan kerapatan menggunakan rumus:

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

Keterangan:

M: massa dalam gram (g)

V: volume yang diteliti (cm³)

ρ : kerapatan dari objek yang diteliti (g/cm³)

Penetapan kadar air (ASTM D 5142-020)

Pengujian nilai kadar air diperoleh dengan cara memasukkan satu gram (g) sampel pada aluminium foil yang sudah dibentuk seperti cawan dan dikeringkan di dalam oven. Sampel dikeringkan di dalam oven dengan suhu 103 ± 2°C sampai pada kadar air konstan. Perhitungan kadar air menggunakan rumus:

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

Keterangan:

BB = berat bahan sebelum dikeringkan dalam oven (g)

BKT = berat bahan setelah dikeringkan dalam oven (g)

KA = kadar air (%)

Penetapan kadar abu (ASTM D 5142-020)

Pengujian kadar abu dilakukan dengan cara meletakkan satu gram sampel pada cawan porselin yang beratnya sudah diketahui. Sampel dioven dalam *muffle furnace* pada suhu 600 - 900°C selama 5-6 jam, kemudian didinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil dan zat yang tertinggal ditimbang. Perhitungan nilai kadar abu menggunakan rumus:

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

Penetapan zat terbang (ASTM D 5142-020)

Pengujian zat terbang dilakukan dengan cara meletakkan satu gram sampel di cawan porselin yang beratnya sudah diketahui. Sampel dioven dalam *muffle furnace* pada suhu 950 ± 20°C selama 7 menit, kemudian didinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil dan zat yang tertinggal ditimbang. Perhitungan nilai zat terbang menggunakan rumus:

$$\text{Zat mudah menguap} = \frac{B - C}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

B= berat sampel setelah dikeringkan dan diuji kadar air (g)

C= berat sampel setelah dipanaskan dalam tanur (g)

W= berat awal sampel sebelum pengujian kadar air (g)

Penetapan kadar karbon terikat (ASTM D 5142-020)

Pengujian kadar karbon terikat dilakukan setelah ditetapkan hasil dari nilai kadar air, nilai zat terbang, dan nilai kadar abu. Perhitungan nilai kadar karbon terikat menggunakan rumus:

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

Penetapan nilai kalor (ASTM D 5142-020)

Pengujian nilai kalor dilakukan dengan cara memasukkan satu gram sampel ke dalam cawan silika dan kemudian dimasukkan ke dalam tabung *bomb calorimeter*. Pengukuran nilai kalor dilakukan dengan menggunakan alat *peroxide bomb calorimeter*. Perhitungan nilai kalor menggunakan rumus:

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

Keterangan:

W = nilai dari kalorimeter

(kal⁰C) = 2426 kal

T₁ = suhu mula-mula

T₂ = suhu sesudah pembakaran

A = berat contoh yang dibakar

B₁ = koreksi pada kawat besi

B₂ = Titrasi Na₂CO₃

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan

Data nilai rata-rata kerapatan biopellet disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata kerapatan biopellet (g/cm³)

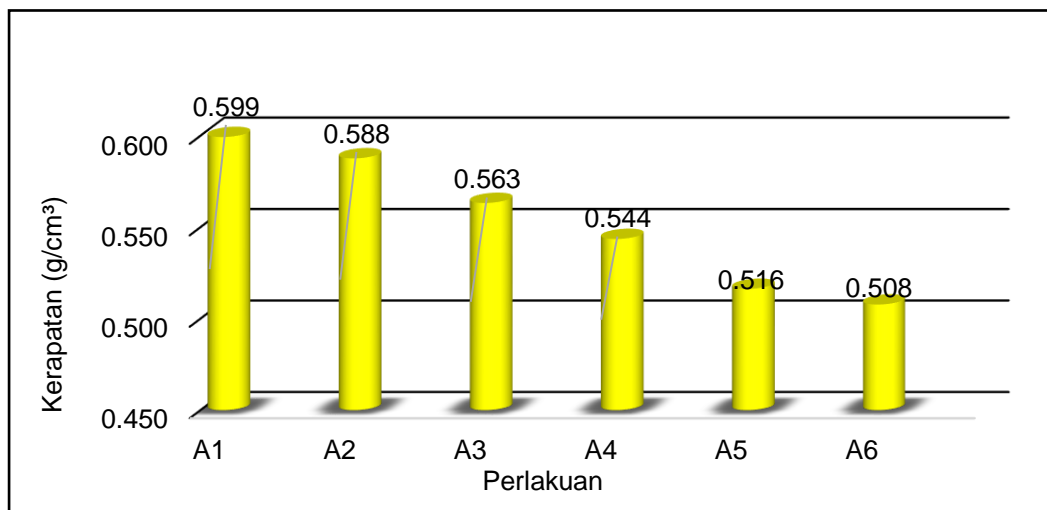
Ulangan	Perlakuan					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
1	0,581	0,588	0,563	0,534	0,510	0,502
2	0,609	0,597	0,555	0,540	0,530	0,519
3	0,608	0,578	0,571	0,556	0,509	0,502
Jumlah	1,798	1,763	1,690	1,631	1,549	1,523
Rata-rata	0,599	0,588	0,563	0,544	0,516	0,508

Keterangan:

- A1 = Serbuk kayu keruing 100% + Serbuk kayu akasia 0%
- A2 = Serbuk kayu keruing 80% + Serbuk kayu akasia 20%
- A3 = Serbuk kayu keruing 60% + Serbuk kayu akasia 40%
- A4 = Serbuk kayu keruing 40% + Serbuk kayu akasia 60%
- A5 = Serbuk kayu keruing 20% + Serbuk kayu akasia 80%
- A6 = Serbuk kayu keruing 0% + Serbuk kayu akasia 100%

Hasil perhitungan nilai rata-rata kerapatan biopellet berkisar antara 0,508 g/cm³ – 0,599 g/cm³. Nilai kerapatan biopellet tertinggi terdapat pada perlakuan A1 sebesar 0,599 g/cm³ sedangkan nilai

kerapatan biopellet terendah terdapat pada perlakuan A6 sebesar 0,508 g/cm³. Nilai rata-rata kerapatan biopellet pada seluruh perlakuan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik nilai rata-rata kerapatan biopellet (g/cm³)

Uji normalitas rata-rata kerapatan biopellet menurut pengujian kenormalan *Liliefors* menunjukkan data menyebar secara normal, dimana $L_i \max$ (0,1045) lebih kecil dari nilai L_i tabel 5% (0,2000) dan L_i 1%

(0,2390). Hasil perhitungan uji homogenitas menurut ragam *Barlett* menunjukkan data homogen dimana nilai X^2 hitung 1,0688 lebih kecil dari nilai X^2 tabel 5% (11,1000) dan X^2 tabel 1% (15,1000).

Tabel 2. Analisis keragaman nilai kerapatan biopellet

Sumber Keragaman	derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	Ftabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	0,021	0,004	32,24 **	3,11	5,06
Galat	12	0,002	0,000			
Total	17	0,022				

Keterangan:

KK = (akar KTG/Yrata-rata) x 100%

KK = 2,05%

** = Berpengaruh sangat nyata

Analisis sidik ragam pada Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan komposisi serbuk kayu menunjukkan berpengaruh sangat nyata terhadap nilai kerapatan, dimana nilai F hitung (32,24) lebih besar dari nilai F tabel 5% (3,11) dan

1% (5,06). Nilai Koefisien Keragaman (KK) yang berpengaruh sebesar 2,05% pada kondisi homogen sehingga dapat dilakukan uji lanjutan BNJ (Beda Nyata Jujur). Hasil uji lanjutan BNJ tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji lanjutan BNJ (Beda Nyata Jujur) nilai kerapatan biopellet

Perlakuan	Nilai tengah	Nilai beda				
		A1	A2	A3	A4	A5
A1	0,599					
A2	0,588	0,012tn				
A3	0,563	0,036**	0,024*			
A4	0,544	0,056**	0,044**	0,020tn		
A5	0,516	0,083**	0,071**	0,047**	0,027tn	
A6	0,508	0,092**	0,080**	0,056**	0,036**	0,009tn
BNJ	5%	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
	1%	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04

Keterangan:

** = Berbeda sangat nyata

* = Berbeda nyata

tn = Tidak berbeda nyata

Berdasarkan hasil uji BNJ yang dilakukan terhadap data nilai kerapatan biopellet menunjukkan bahwa pada perlakuan A1 tidak berbeda nyata terhadap perlakuan A2, namun perlakuan A1 berbeda sangat nyata terhadap perlakuan A3, A4, A5 dan A6. Perlakuan A2 berbeda nyata terhadap perlakuan A3 dan berbeda sangat nyata terhadap perlakuan A4, A5, dan A6. Perlakuan A3 tidak berbeda nyata terhadap perlakuan A4, namun perlakuan A3 berbeda sangat nyata terhadap perlakuan A5 dan A6. Perlakuan A4 tidak berbeda nyata terhadap A5 namun berbeda sangat nyata terhadap perlakuan A6. Perlakuan A5 tidak berbeda nyata terhadap perlakuan A6.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kerapatan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya penambahan serbuk kayu

keruing. Faktor internal dari kayu dapat berpengaruh terhadap kerapatan biopellet, satu diantaranya yaitu berat jenis. Perlakuan A1 memiliki kerapatan dengan selisih lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya, hal itu dikarenakan kayu keruing memiliki berat jenis lebih tinggi (0,67-0,92) dibandingkan kayu akasia (0,4-0,45). Berat jenis tinggi menandakan ukuran partikel serbuk kayu semakin kecil. Hal ini dipertegas oleh As'ad (2016) semakin kecil ukuran partikel serbuk kayu cenderung menghasilkan nilai kerapatan biopellet yang tinggi.

Kandungan kimia dari kayu dapat berpengaruh terhadap kerapatan biopellet. Hal itu dibuktikan dengan kerapatan biopellet semakin tinggi seiring bertambahnya campuran serbuk kayu

keruing. Kandungan lignin pada kayu keruing termasuk tinggi, kisaran 27% (Lukmandaru *et al.* 2015). Tingginya kandungan lignin tersebut dapat memengaruhi kerapatan biopellet karena pada saat serbuk kayu dipanaskan, lignin akan meleleh menjadi perekat alami yang menyebabkan ikatan antar partikel semakin kuat sehingga kerapatan biopellet meningkat.

Kerapatan biopellet dapat dipengaruhi oleh suhu saat pengempaan, karena semakin tinggi suhu yang diberikan pada proses pembuatan biopellet maka kerapatan yang dihasilkan semakin tinggi pula (Mahdie *et al.* 2016). Pembuatan biopellet pada penelitian ini menggunakan perekat tepung

tapioka sebanyak 10%. Perekat tersebut dapat berpengaruh terhadap kerapatan yang dihasilkan. Menurut Yakin (2014) penambahan perekat pada biopellet dapat meningkatkan daya ikat antar partikel serbuk kayu sehingga dapat memperkecil rongga biopellet, hal itu membuat kerapatan biopellet semakin tinggi. Berdasarkan hasil penelitian, nilai kerapatan yang dihasilkan berkisar antara 0,508 g/cm³ - 0,599 g/cm³ tidak memenuhi standar Amerika yang mensyaratkan kerapatan sebesar 4,0 g/cm³ - 4,6 g/cm³.

Kadar air

Data nilai rata-rata kadar air biopellet disajikan pada Tabel 2.

Tabel 4. Nilai rata-rata kadar air biopellet (%)

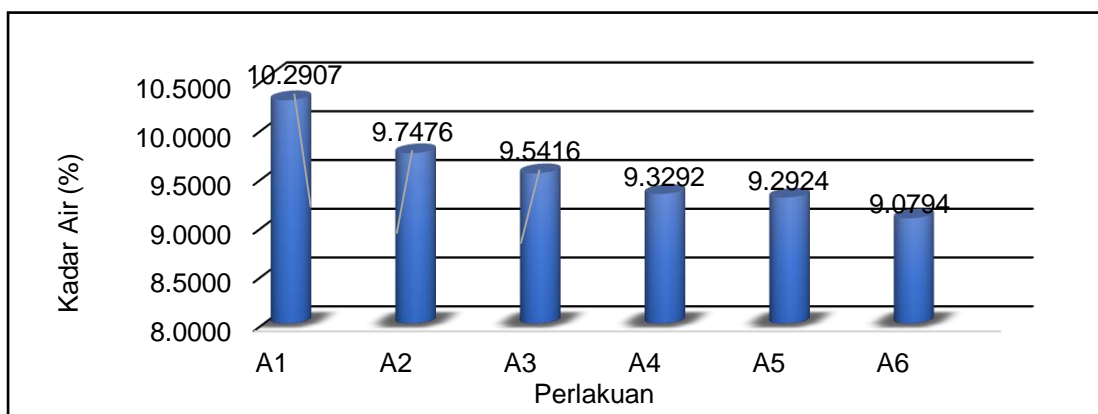
Ulangan	Perlakuan					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
1	10,5217	10,9016	8,3189	10,1928	10,5094	8,9799
2	10,4362	9,3374	10,6929	8,6720	8,7075	8,9087
3	9,9143	9,0037	9,6131	9,1227	8,6602	9,3494
Jumlah	30,8722	29,2428	28,6249	27,9875	27,8771	27,2381
Rata-rata	10,2907	9,7476	9,5416	9,3292	9,2924	9,0794

Keterangan:

- A1 = Serbuk kayu keruing 100% + Serbuk kayu akasia 0%
- A2 = Serbuk kayu keruing 80% + Serbuk kayu akasia 20%
- A3 = Serbuk kayu keruing 60% + Serbuk kayu akasia 40%
- A4 = Serbuk kayu keruing 40% + Serbuk kayu akasia 60%
- A5 = Serbuk kayu keruing 20% + Serbuk kayu akasia 80%
- A6 = Serbuk kayu keruing 0% + Serbuk kayu akasia 100%

Hasil perhitungan nilai rata-rata kadar air biopellet berkisar antara 9,0794% - 10,2907%. Nilai kadar air tertinggi terdapat pada perlakuan A1 sebesar 10,2907%

sedangkan nilai kadar air terendah terdapat pada perlakuan A6 sebesar 9,0794%. Nilai rata-rata kadar air biopellet pada seluruh perlakuan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 2. Grafik nilai rata-rata kadar air biopellet (%)

Uji normalitas rata-rata kadar air biopellet menurut pengujian kenormalan

Liliefors menunjukkan data menyebar secara normal, dimana nilai Li max (0,1436)

lebih kecil dari nilai Li tabel 5% (0,2000) dan Li 1% (0,2390). Hasil perhitungan uji homogenitas menurut ragam *Barlett*

menunjukkan data homogen dimana nilai X^2 hitung (5,3019) lebih kecil dari nilai X^2 tabel 5% (11,1000) dan X^2 tabel 1% (15,1000).

Tabel 5. Analisis keragaman nilai kadar air biopellet

Sumber Keragaman	derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	Ftabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	0,0720	0,0144	0,77tn	3,11	5,06
Galat	12	0,2249	0,0187			
Total	17	0,2969				

Keterangan:

KK = (akar KTG/Yrata-rata) × 100%

KK = 4,43%

tn = Tidak berpengaruh nyata

Analisis sidik ragam pada Tabel 5 menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan komposisi serbuk kayu menunjukkan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kadar air biopellet. Hal ini dapat dilihat dari data, nilai F hitung (0,77) lebih kecil dari nilai F tabel 5% (3,11) dan 1% (5,06) sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjutan.

Tingginya kadar air dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adanya penambahan air dan perekat pada saat pembuatan biopellet. Hal itu sejalan dengan hasil penelitian Zulfian *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa penambahan air dan perekat pada biopellet dapat berpengaruh terhadap peningkatan kadar air biopellet sehingga menyebabkan kandungan air biopellet tidak stabil. Selain itu dapat dipengaruhi oleh unsur kimia kayu. Perlakuan A1 menghasilkan kadar air dengan selisih lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya, hal itu dikarenakan adanya kandungan lignin yang tinggi pada kayu keruing yang tergolong kayu keras sehingga kandungan lignin yang

tinggi jika dipanaskan akan berubah menjadi perekat alami. Hasil penelitian ini dipertegas dengan hasil penelitian Arsad (2014) yang menyatakan bahwa kandungan kimia seperti tanin atau lignin yang terdapat dalam biopellet dapat memperlambat proses penguapan karena semakin tinggi suhu, maka tanin atau lignin akan meleleh dan dapat menjadi bahan perekat alami biopellet, sehingga berpengaruh terhadap kadar air biopellet.

Hendra (2012) menambahkan kadar air yang tinggi pada bahan bakar seperti biopellet akan menyebabkan proses pembakaran yang lambat, menimbulkan asap banyak, dan temperatur api yang rendah saat pembakaran. Berdasarkan hasil penelitian, nilai kadar air yang dihasilkan berkisar antara 9,0794% - 10,2907% mendekati standar Amerika yang mensyaratkan kadar air sebesar $\leq 8\%$.

Kadar abu

Data nilai rata-rata kadar abu biopellet disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai rata-rata kadar abu biopellet (%)

Ulangan	Perlakuan					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
1	0,7600	0,8600	0,9500	1,2800	0,9900	0,9400
2	0,6500	0,7600	1,3600	1,0700	0,9900	1,4000
3	0,7600	1,1000	1,0400	1,1000	1,5500	1,5500
Jumlah	2,1700	2,7200	3,3500	3,4500	3,5300	3,8900
Rata-rata	0,7233	0,9067	1,1167	1,1500	1,1767	1,2967

Keterangan:

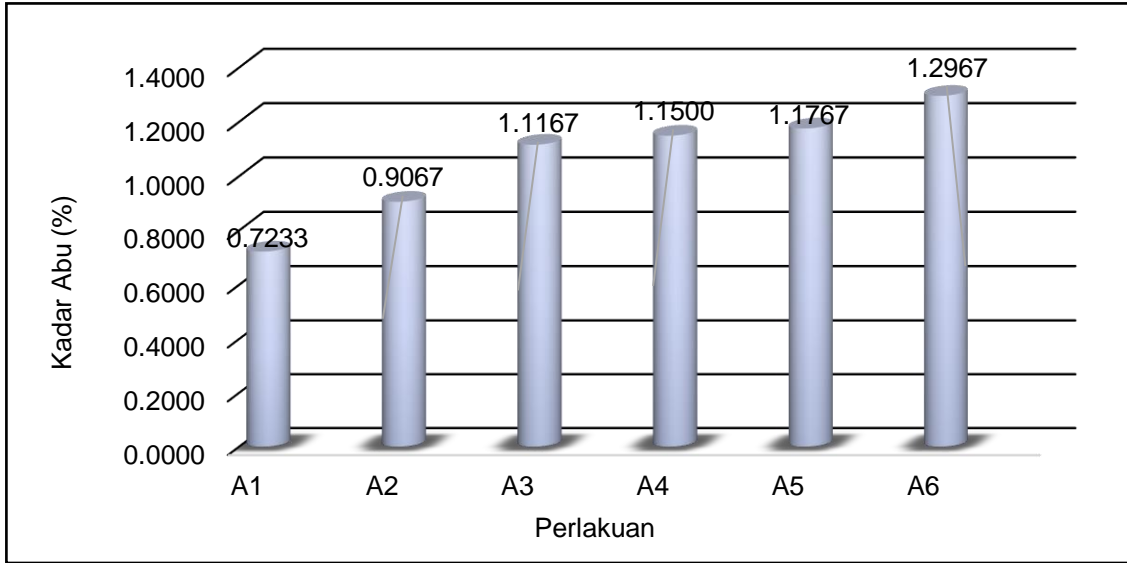
A1 = Serbuk kayu keruing 100% + Serbuk kayu akasia 0%

A2 = Serbuk kayu keruing 80% + Serbuk kayu akasia 20%

- A3 = Serbuk kayu keruing 60% + Serbuk kayu akasia 40%
- A4 = Serbuk kayu keruing 40% + Serbuk kayu akasia 60%
- A5 = Serbuk kayu keruing 20% + Serbuk kayu akasia 80%
- A6 = Serbuk kayu keruing 0% + Serbuk kayu akasia 100%

Hasil perhitungan nilai rata-rata kadar abu biopellet berkisar antara 0,7233% - 1,2967%. Nilai kadar abu biopellet tertinggi terdapat pada perlakuan A6 sebesar 1,2967% sedangkan nilai kadar abu terendah terdapat pada perlakuan A1

sebesar 0,7233%. Nilai rata-rata kadar abu biopellet pada seluruh perlakuan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik nilai rata-rata kadar abu biopellet (%)

Uji normalitas rata-rata kadar abu biopellet menurut pengujian kenormalan *Liliefors* menunjukkan data menyebar secara normal, dimana nilai Li_{max} (0,1425) lebih kecil dari nilai Li tabel 5% (0,2000) dan Li 1% (0,2390). Hasil perhitungan uji

homogenitas menurut ragam *Barlett* menunjukkan data homogen dimana nilai X^2 hitung (3,9559) lebih kecil dari nilai X^2 tabel 5% (11,1000) dan X^2 tabel 1% (15,1000).

Tabel 7. Analisis keragaman nilai kadar abu biopellet (%)

Sumber Keragaman	derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	Ftabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	0,1612	0,0322	3,02 tn	3,11	5,06
Galat	12	0,1282	0,0107			
Total	17	0,2894				

Keterangan:

- KK = (akar KTG/Yrata-rata) × 100%
- KK = 10,11%
- tn = Tidak berpengaruh nyata

Analisis sidik ragam pada Tabel 7 menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan komposisi serbuk kayu menunjukkan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kadar abu biopellet. Hal ini dapat dilihat dari data, nilai F hitung (3,02) yang lebih kecil dari nilai F

tabel 5% (3,11) dan 1% (5,06) sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjutan.

Semakin tinggi kadar abu, maka kualitas biopellet semakin rendah. Hal ini akan berpengaruh terhadap panas yang

dihasilkan akan semakin rendah karena adanya penumpukan abu yang tidak terbakar (Damayanti *et al.* 2017). Sebaliknya semakin rendah kadar abu, maka kualitas biopellet semakin baik karena dapat meningkatkan nilai kalor biopellet.

Nilai kadar abu penting untuk diketahui karena erat hubungannya dengan nilai kalor yang dihasilkan. Hal itu sependapat dengan Christanty *et al.* (2014) bahwa kadar abu biopellet semakin rendah akan menghasilkan biopellet yang semakin baik, karena jika kadar abu yang tinggi beresiko terbentuknya endapan atau kerak mineral pada saat pembakaran, sehingga mengakibatkan permukaan tungku kotor, dan korosi serta kualitas pembakaran menurun.

Kadar abu dapat dipengaruhi oleh jenis kayu dan ukuran partikel serbuk kayu yang digunakan. Hal ini sesuai dengan pendapat Arsad (2014) yang menyatakan bahwa kadar abu dipengaruhi oleh sifat kayu, jika jenis kayu termasuk kayukeras maka kadar abu yang dihasilkan lebih rendah dan sebaliknya. Kadar abu juga dipengaruhi oleh ukuran partikel serbuk kayu yang berbeda. Semakin besar ukuran partikel serbuk kayu, semakin tinggi pula kadar abunya. Berdasarkan hasil penelitian, nilai kadar abu yang dihasilkan berkisar antara 0,7233% - 1,2967% memenuhi standar Amerika yang mensyaratkan nilai kadar abu sebesar <3%.

Zat terbang

Data nilai rata-rata zat terbang biopellet disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai rata-rata zat terbang biopellet (%)

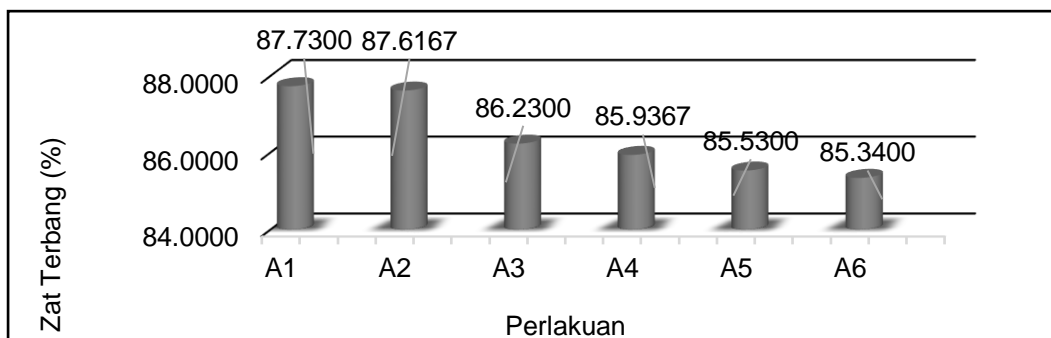
Ulangan	Perlakuan					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
1	87,5700	85,2800	86,4100	86,5700	85,7900	87,1000
2	87,7300	88,8300	86,1300	85,5000	85,5500	83,7900
3	87,8900	88,7400	86,1500	85,7400	85,2500	85,1300
Jumlah	263,1900	262,8500	258,6900	257,8100	256,5900	256,0200
Rata-rata	87,7300	87,6167	86,2300	85,9367	85,5300	85,3400

Keterangan:

- A1 = Serbuk kayu keruing 100% + Serbuk kayu akasia 0%
- A2 = Serbuk kayu keruing 80% + Serbuk kayu akasia 20%
- A3 = Serbuk kayu keruing 60% + Serbuk kayu akasia 40%
- A4 = Serbuk kayu keruing 40% + Serbuk kayu akasia 60%
- A5 = Serbuk kayu keruing 20% + Serbuk kayu akasia 80%
- A6 = Serbuk kayu keruing 0% + Serbuk kayu akasia 100%

Hasil perhitungan nilai rata-rata zat terbang biopellet berkisar antara 85,3400% - 87,7300%. Nilai zat terbang biopellet tertinggi terdapat pada perlakuan A1 sebesar 87,7300% sedangkan nilai zat

terbang terendah terdapat pada perlakuan A6 sebesar 85,3400%. Nilai rata-rata zat terbang biopellet pada seluruh perlakuan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik nilai rata-rata zat terbang biopellet (%)

Uji normalitas rata-rata kadar abu biopellet menurut pengujian kenormalan *Liliefors* menunjukkan data menyebar secara normal, dimana nilai Li_{max} (0,1285) lebih kecil dari nilai Li tabel 5% (0,2000) dan

Li 1% (0,2390). Hasil perhitungan uji homogenitas menurut ragam *Barlett* menunjukkan data homogen dimana nilai X^2 hitung (6,5775) lebih kecil dari nilai X^2 tabel 5% (11,1000) dan X^2 tabel 1% (15,1000).

Tabel 9. Analisis keragaman nilai zat terbang biopellet (%)

Sumber Keragaman	derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	Ftabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	16,1196	3,2239	0,01 tn	3,11	5,06
Galat	12	7601,0251	633,4188			
Total	17	7617,1448				

Keterangan:

KK = (akar KTG/Yrata-rata) x 100%

KK = 29,13%

tn = Tidak berpengaruh nyata

Analisis sidik ragam pada Tabel 9 menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan komposisi serbuk kayu menunjukkan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai zat terbang biopellet. Hal ini dapat dilihat dari data, nilai F hitung (0,01) yang lebih kecil dari nilai F tabel 5% (3,11) dan 1% (5,06) sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjutan.

Nilai zat terbang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya serbuk kayu keruing yang digunakan. Semakin tinggi kadar zat terbang pada biopellet maka semakin tinggi pula asap yang dihasilkan pada proses pembakaran (Mahdie *et al.* 2016). Purnomo (2017) menambahkan bahwa nilai zat terbang tidak terlalu berpengaruh terhadap kualitas biopellet, karena jika nilai kadar abu dan nilai kalor sudah sesuai dengan standar persyaratan

maka nilai zat terbang tidak terlalu berpengaruh.

Zat terbang yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh kadar abu. Semakin rendah kadar abu, maka zat terbang yang dihasilkan semakin tinggi. Menurut Mahdie *et al.* (2016) nilai zat terbang berkorelasi negatif dengan kadar abu, dimana semakin tinggi kadar abu biopellet, maka zat terbang semakin rendah. Berdasarkan hasil penelitian, nilai zat terbang yang dihasilkan berkisar antara 85,3400% - 87,7300% tidak memenuhi standar Amerika yang mensyaratkan nilai zat terbang sebesar 19% - 28%.

Karbon terikat

Data nilai rata-rata karbon terikat biopellet disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai rata-rata karbon terikat biopellet (%)

Ulangan	Perlakuan					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
1	1,1483	2,9584	4,3211	1,9572	2,7106	2,9801
2	1,1838	1,0726	1,8171	4,7580	4,7525	5,9013
3	1,4357	1,1563	3,1969	4,0373	4,5398	3,9706
Jumlah	3,7678	5,1873	9,3351	10,7525	12,0029	12,8520
Rata-rata	1,2559	1,7291	3,1117	3,5842	4,0010	4,2840

Keterangan:

A1 = Serbuk kayu keruing 100% + Serbuk kayu akasia 0%

A2 = Serbuk kayu keruing 80% + Serbuk kayu akasia 20%

A3 = Serbuk kayu keruing 60% + Serbuk kayu akasia 40%

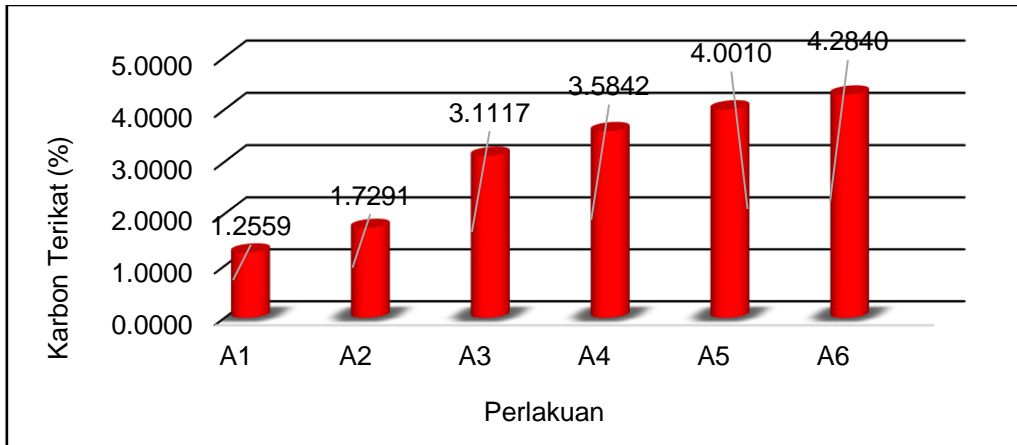
A4 = Serbuk kayu keruing 40% + Serbuk kayu akasia 60%

A5 = Serbuk kayu keruing 20% + Serbuk kayu akasia 80%

A6 = Serbuk kayu keruing 0% + Serbuk kayu akasia 100%

Hasil perhitungan nilai rata-rata nilai rata-rata karbon terikat biopellet berkisar antara 1,2559% - 4,2840%. Nilai karbon terikat biopellet tertinggi terdapat pada perlakuan A6 sebesar 4,2840% sedangkan nilai

karbon terikat terendah terdapat pada perlakuan A1 sebesar 1,2559%. Nilai rata-rata karbon terikat biopellet pada seluruh perlakuan disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik nilai rata-rata karbon terikat biopellet (%)

Uji normalitas rata-rata kadar abu biopellet menurut pengujian kenormalan *Liliefors* menunjukkan data menyebar secara normal, dimana nilai L_i max (0,1273) lebih kecil dari nilai L_i tabel 5% (0,2000) dan

L_i 1% (0,2390). Hasil perhitungan uji homogenitas menurut ragam *Barlett* menunjukkan data homogen dimana nilai X^2 hitung (4,0183) lebih kecil dari nilai X^2 tabel 5% (11,1000) dan X^2 tabel 1% (15,1000).

Tabel 11. Analisis keragaman nilai karbon terikat biopellet (%)

Sumber Keragaman	derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	Ftabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	2,2299	0,4460	1,24 tn	3,11	5,06
Galat	12	4,3193	0,3599			
Total	17	6,5492				

Keterangan:

- KK = (akar KTG/Yrata-rata) × 100%
- KK = 35,88%
- tn = Tidak berpengaruh nyata

Analisis sidik ragam pada Tabel 11 diketahui bahwa perlakuan perbedaan komposisi serbuk kayu menunjukkan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai karbon terikat biopellet. Hal ini dapat dilihat dari data, nilai F hitung (1,24) yang lebih kecil dari nilai F tabel 5% (3,11) dan 1% (5,06) sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjutan.

Nilai karbon terikat yang dihasilkan pada biopellet berbanding terbalik dengan zat terbang (Mahdie *et al.* 2016). Semakin tinggi zat terbang maka karbon terikat akan semakin rendah. Selain itu, karbon terikat juga dipengaruhi oleh kadar abu dimana pada saat kadar abu rendah, maka karbon

terikat juga rendah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Zulfian *et al.* (2016) bahwa karbon terikat berkorelasi positif dengan kadar abu, dimana pada saat kadar abu rendah dapat menyebabkan karbon terikat yang dihasilkan rendah. Berdasarkan hasil penelitian, nilai karbon terikat yang dihasilkan berkisar antara 1,2559% - 4,2840% tidak memenuhi standar Amerika yang mensyaratkan nilai karbon terikat sebesar 60%.

Nilai kalor

Data nilai rata-rata nilai kalor disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Nilai rata-rata nilai kalor biopellet (kal/g)

Ulangan	Perlakuan					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
1	4.757,46	4.562,08	4.610,70	4416,02	4.316,48	4.368,70
2	4.464,24	4.515,16	4.366,30	4416,22	4.270,26	4.218,94
3	4.562,28	4.610,70	4.707,34	4465,04	4.416,12	4.368,10
Jumlah	13.783,98	13.687,94	13.684,34	13297,28	13.002,86	12.955,74
Rata-rata	4.594,66	4.562,64	4.561,44	4.432,42	4.334,28	4.318,58

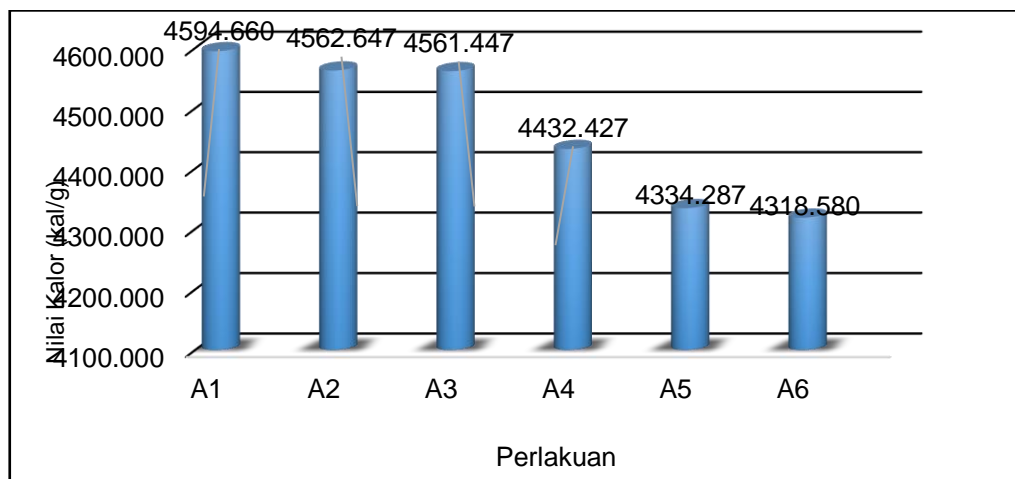
Keterangan:

- A1 = Serbuk kayu keruing 100% + Serbuk kayu akasia 0%
- A2 = Serbuk kayu keruing 80% + Serbuk kayu akasia 20%
- A3 = Serbuk kayu keruing 60% + Serbuk kayu akasia 40%
- A4 = Serbuk kayu keruing 40% + Serbuk kayu akasia 60%
- A5 = Serbuk kayu keruing 20% + Serbuk kayu akasia 80%
- A6 = Serbuk kayu keruing 0% + Serbuk kayu akasia 100%

Hasil perhitungan nilai rata-rata nilai rata-rata nilai kalor biopellet berkisar antara 4.318,58 kal/g – 4.594,66 kal/g. Nilai kalor biopellet tertinggi terdapat pada perlakuan A1 sebesar 4.594,66 kal/g sedangkan nilai kalor terendah terdapat pada perlakuan A6 sebesar 4.318,58 kal/g. Nilai rata-rata nilai kalor biopellet pada seluruh perlakuan disajikan pada Gambar 6.

Liliefors menunjukkan data menyebar secara normal, dimana nilai Li max (0,1366) lebih kecil dari nilai Li tabel 5% (0,2000) dan Li 1% (0,2390). Hasil perhitungan uji homogenitas menurut ragam *Barlett* menunjukkan data homogen dimana nilai X^2 hitung (6,3970) lebih kecil dari nilai X^2 tabel 5% (11,1000) dan X^2 tabel 1% (15,1000).

Uji normalitas rata-rata nilai kalor biopellet menurut pengujian kenormalan



Gambar 6. Grafik rata-rata nilai kalor biopellet (kal/g)

Tabel 13. Analisis keragaman nilai kalor biopellet

Sumber Keragaman	derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	Ftabel		
					5%	1%	
Perlakuan	5	225604,427	45120,885	0,0282	tn	3,11	5,06
Galat	12	19224059,800	1602004,983				
Total	17	19449664,227					

Keterangan:

KK = (akar KTG/Yrata-rata) × 100%

KK = 28,33%

tn = Tidak berpengaruh nyata

Analisis sidik ragam pada Tabel 13 menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan komposisi serbuk kayu menunjukkan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kalor biopellet. Hal ini dapat dilihat dari data, nilai F hitung (0,0282) yang lebih kecil dari nilai F tabel 5% (3,11) dan 1% (5,06) sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjutan.

Nilai kalor perlu diketahui dalam pembuatan biopellet, karena untuk mengetahui nilai panas pembakaran yang dihasilkan oleh biopellet sebagai bahan bakar (Ismayana & Afriyanto, 2013). Besarnya nilai kalor pada biopellet, secara umum dipengaruhi oleh faktor eksternal kayu dan internal kayu tersebut. Faktor eksternal meliputi pengaruh dari parameter lain yang ada di biopellet, seperti kerapatan, kadar abu, dan kadar air. Faktor internal kayu meliputi berat jenis dan ukuran partikel serbuk kayu. Menurut Mahdie *et al.* (2016) nilai kalor berbanding terbalik dengan kadar abu yang dihasilkan, hal ini disebabkan oleh karbon yang terdapat dalam bahan bakar banyak yang terbakar sehingga meningkatkan nilai kalor dan menghasilkan kadar abu yang rendah.

Nilai kalor dipengaruhi oleh beberapa parameter dari biopellet tersebut, diantaranya yaitu kerapatan, kadar abu, dan kadar air. Nilai kalor yang tinggi dikarenakan kerapatan pada biopellet yang tinggi dan kadar abu rendah. Kadar air dapat memengaruhi nilai kalor jika kadar air tersebut telah melebihi standar atau ambang batas kadar air yang diperbolehkan yaitu kisaran 15%. Kadar air pada biopellet ini masih tergolong masih di bawah standar atau ambang batas sehingga nilai kalor yang dihasilkan masih sesuai standar. Berdasarkan hasil penelitian, nilai kalor yang dihasilkan berkisar antara 4.318,58 kal/g - 4.594,66 kal/g memenuhi standar Amerika yang mensyaratkan nilai kalor sebesar 4.000 kal/g - 6.000 kal/g.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Nilai kerapatan biopellet yang dihasilkan kisaran 0,508 g/cm³ - 0,599 g/cm³ dan tidak memenuhi standar Amerika (4,0 – 4,6 g/cm³). (2) Nilai kadar air biopellet yang dihasilkan kisaran 9,0794% - 10,2907% dan tidak memenuhi standar Amerika ($\leq 8\%$). (3) Nilai kadar abu biopellet yang dihasilkan kisaran 0,7233% - 1,2967%, nilai kadar abu ini memenuhi standar Amerika (<3). (4) Nilai zat terbang biopellet yang dihasilkan kisaran 85,3400% - 87,7300% dan tidak memenuhi standar Amerika (19 - 28%). (5) Nilai karbon terikat biopellet yang dihasilkan kisaran 1,2559% - 4,2840% dan tidak memenuhi standar Amerika (60%). (6) Nilai kalor biopellet yang dihasilkan kisaran 4.318,58 kal/g - 4.594,66 kal/g, nilai kalor ini memenuhi standar Amerika ((4000 – 6500 kal/g).

Saran

Potensi yang dihasilkan serbuk kayu sebagai bahan bakar energy alternatif dalam bentuk biopellet cukup tinggi sehingga perlu dilakukan beberapa penelitian lanjutan tentang karakteristik biopellet, pengujian laju konsumsi pembakaran, kombinasi bahan baku lainnya sehingga menghasilkan biopellet yang berkualitas baik, dan juga tentang efek yang ditimbulkan oleh biopellet baik dari segi lingkungan maupun dari kesehatan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

Arsad, E. 2014. Sifat Fisik dan Kimia Wood Pellet dari Limbah Industri Perkayuan

- sebagai Sumber Energi Alternatif. Banjarbaru. Balai Riset dan Standarisasi Industri.
- As'ad M. 2016. Kualitas Pellet Kayu dari Serbuk Gergajian Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) pada Berbagai Ukuran Serbuk dan Perbedaan Suhu Kempa. [Skripsi]. Tidak Dipublikasikan. Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat.
- Budiman A. 2014. *Potensi Pengembangan Bio-Compressed Methane Gases (Bio-CMG) dari Biomassa sebagai Pengganti LPG dan BBG*. Seminar Nasional Pemanfaatan Gas Alam Menuju Kedaulatan Energi Indonesia. Yogyakarta.
- Christanty, N. Ari. 2014. Biopellet Cangkang Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan. Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Damayanti R, Lusiana N, & Prasetyo J. 2017. Studi Pengaruh Ukuran Partikel Dan Penambahan Perekat Tapioka Terhadap Karakteristik Biopellet Dari Kulit Coklat (*Theobroma Cacao* L.) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. Malang. Universitas Brawijaya. *Jurnal Teknotan*. Vol. 11 No. 1, April 2017 P - ISSN :1978-1067; E - ISSN : 2528-6285.
- El Bassam N & Maegaard P. 2004. *Integrated Renewable Energy on Rural Communities. Planning Guidelines, Technologies and Applications*. Elsevier. Amsterdam.
- Hendra, D. 2012. Pembuatan Briket Arang dari Campuran Kayu, Bambu, Sabut Kelapa, dan Tempurung Kelapa sebagai Sumber Energi Alternatif. *Bul. Penelitian Hasil Hutan* 25:242-255.
- Ismayana A & Afriyanto MR. 2013. Pengaruh Jenis dan Kadar Bahan Perekat pada Pembuatan Briket Blotong sebagai Bahan Bakar Alternatif. *J. Tek. Id.Pert.* 21(3): 190.
- KESDM [Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral]. 2013. *Kajian Supply Demand Energi*. Jakarta Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Leksono E. 2010. *Majalah Energi: Industri Sel Surya Menanti Keberanian Pemerintah*, Edisi Desember 2010.
- Lukmandaru G, S. Fatimah, & A. Fernandes. 2015. Sifat Kimia dan Warna Kayu Keruing, Mersawa, dan Kapur. Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterocarpus*. Vol 1. No. 1: 69-80.
- Mahdie M F, D Subari, Sunardi, D. Ulfah. 2016. Pengaruh Campuran Limbah Kayu Rambai dan Api-api Terhadap Kualitas Biopellet sebagai Energi Alternatif dari Lahan Basah. Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal Hutan Tropis*. Vol 4 No. 3.
- Purnomo R C. 2017. Karakteristik Pellet Kayu dari Limbah Serbuk Gergajian Kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri* T.et.B) Berdasarkan Perbedaan Jumlah Perekat. [Skripsi]. Tidak Dipublikasikan. Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat.
- Supriyanto & Merry, 2010, *Studi Kasus Energi Alternatif Briket Sampah Lingkungan Kampus Polban Bandung*, Seminar Nasional Teknik Kimia. Yogyakarta.
- Windarwati S. 2011. *Seminar Nasional Teknologi Kimia Kayu*. Bogor.
- Yakin, S. 2014. *Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergajian Sebagai Bahan Wood Pellet*. [Skripsi]. Fakultas Kehutanan. Universitas Lancang Kuning. Pekanbaru.
- Zulfian, F. Diba, D. Setyawati, Nurhaida, & E. Roslinda. 2015. Kualitas Biopellet Dari Limbah Batang Kelapa Sawit Pada Berbagai Ukuran Serbuk Dan Jenis Perekat. Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura. *Jurnal Hutan Lestari*. Vol. 3 (2): 208–.