KARAKTERISTIK BIOPELET SERBUK KAYU MAHONI *(Swietenia mahagoni)* DAN SEKAM PADI *(Oryza sativa)*

Characteristics of Mahogany Wood Powder (Swietenia mahagoni) and Rice Husk (Oryza sativa) Bio-Pellets

Jory Chantona, Muhammad Faisal Mahdie, dan Zainal Abidin

Program Studi Kehutanan

Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. *This study aimed to produce bio-pellets from mahogany wood sawdust and rice husks to meet the quality standards set by the Indonesian National Standard (SNI). Bio-pellets were selected as an alternative biomass energy source to address issues of low energy density and challenges in handling, storage, and transportation. The study evaluated the characteristics of bio-pellets, including density, moisture content, ash content, volatile matter, fixed carbon, and calorific value. Results showed that intervention A achieved the highest density at 0.6336%, while intervention E recorded the lowest at 0.4423%. The highest moisture content was observed in intervention B at 19.2820%, and the lowest in intervention E at 10.6140%. Intervention A had the highest ash content at 0.634%, whereas intervention E had the lowest at 0.442%. The highest volatile matter was found in intervention B at 9.999%, and the lowest in intervention E at 5.538%. Intervention A showed the highest fixed carbon at 79.8257%, while intervention E had the lowest at 46.4626%. The highest calorific value was recorded in intervention A at 4004.43 cal/g, and the lowest in intervention E at 3844.75 cal/g. This research demonstrates variations in bio-pellet characteristics based on the interventions applied. Intervention A yielded the highest density and calorific value, whereas intervention E showed the lowest results across the measured parameters.*

Keywords: *Bio-pellets, Mahogany Wood Sawdust, Rice Husks, Biomass Energy, Characteristics, Indonesian National Standard (SNI).*

ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi biopelet dari limbah serbuk kayu mahoni dan sekam padi, dengan tujuan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI). Biopelet dipilih sebagai sumber energi biomassa alternatif untuk mengatasi masalah kerapatan energi rendah serta tantangan dalam penanganan, penyimpanan, dan transportasi. Penelitian ini mengevaluasi karakteristik biopelet, termasuk kerapatan, kadar air, kadar abu, zat terbang, karbon terikat, dan nilai kalor. Hasil penelitian diperoleh yaitu kerapatan tertinggi dicapai oleh intervensi A dengan nilai 0,6336%, dan terendah oleh intervensi E dengan nilai 0,4423%. Kadar air tertinggi terdapat pada intervensi B, yaitu 19,2820%, dan terendah pada intervensi E dengan nilai 10,6140%. Kadar abu tertinggi pada intervensi A adalah 0,634%, adapun terendah pada intervensi E adalah 0,442%. Zat terbang tertinggi pada intervensi B mencapai 9,999%, dan terendah pada intervensi E dengan nilai 5,538%. Karbon terikat tertinggi terdapat pada intervensi A dengan nilai 79,8257%, sedangkan terendah pada intervensi E dengan nilai 46,4626%. Nilai kalor tertinggi tercatat pada intervensi A dengan 4004,43 kal/g, dan terendah pada intervensi E dengan 3844,75 kal/g. Penelitian ini menunjukkan variasi karakteristik biopelet berdasarkan intervensi yang diberikan. Intervensi A memberikan kerapatan dan nilai kalor tertinggi, sementara intervensi E menunjukkan hasil terendah pada parameter yang diukur.

Kata kunci : Biopelet, Serbuk Kayu Mahoni, Sekam Padi, Energi Biomassa, Karakteristik, Standar Nasional Indonesia (SNI).

Penulis untuk korespondensi, surel: jorychantona@icloud.co

PENDAHULUAN

Indonesia, dengan kekayaan alamnya yang melimpah, salah satunya sebagai penghasil kayu terbesar di dunia. Penggunaan energi fosil yang semakin menipis dari tahun ke tahun telah menyebabkan krisis energi global dan dampak negatif terhadap lingkungan, terutama terkait dengan pemanasan global akibat pencemaran udara. Dampak pemanasan global ini semakin terasa dengan jelas, di mana suhu udara semakin meningkat dari

waktu ke waktu. Sebagai upaya mengatasi tantangan ini, Indonesia telah menetapkan target ambisius untuk meningkatkan penggunaan Energi Baru dan Terbarukan (EBT) dalam gabungan energi nasional, yaitu mencapai 23% di tahun 2025. Langkah tersebut sejalan dengan tanggung jawab pemerintah dalam mengurangi emisi sebesar 29% di tahun 2030, sebagai bagian dari usaha mencapai sistem energi yang lebih higienis dan berkesinambungan. (Kementrian energi dan sumber daya mineral, 2020). Meskipun demikian, target yang diharapkan belum sesuai yaitu 13,09%. Hal ini menunjukkan perlunya langkah-langkah lebih lanjut untuk meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan. Selain itu, saat ini, masyarakat kalangan menengah ke bawah menghadapi masalah kebutuhan energi, terutama untuk keperluan rumah tangga. Selama ini, energi yang dipakai oleh masyarakat bersumber dari bahan bakar fosil seperti minyak dan gas, yang harganya terus naik dan kadang terbatas (persediaannya seringkali langka dan mahal). Oleh karena itu, perlu adanya pemanfaatan serbuk gergajian menjadi pelet kayu (wood pellet) sebagai alternatif bahan bakar (Zikri,2015).

Tujuan dari penelitian ini untuk membuat biopelet dari limbah serbuk kayu mahoni dan sekam padi sebagai upaya untuk meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan. Biopelet dipilih sebagai alternatif energi biomassa karena memiliki potensi untuk mengatasi beberapa kendala yang ada, seperti frekuensi energi yang rendah dan kesulitan dalam pengendalian, perbahanan, dan transportasi. Biopellet adalah bentuk energi biomassa dan pertama kali dibuat di Swedia tahun 1980, menggunakan bubuk kayu sebagai bahan bakunya, yang merupakan limbah dari sektor kayu (Kusumaningrum dan Munawar, 2014). Mengingat melimpahnya limbah tersebut, serbuk kayu dapat memberikan nilai tambah bagi pabrik gula dan masyarakat jika diolah lebih lanjut untuk meningkatkan karakteristik nilai kalor dan kadar abu biopelet dari serbuk kayu mahoni dan sekam padi. Dengan demikian, potensi pelet berkualitas tinggi dapat diidentifikasi.

Transisi menuju energi terbarukan yang berkelanjutan memerlukan pemahaman yang mendalam tentang karakteristik dan kualitas biopelet yang diperoleh. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk melihat ciri-ciri biopelet dari serbuk kayu mahoni dan kulit padi sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Kualitas biopelet akan diukur melalui parameter-parameter seperti kerapatan, kadar air, kadar abu, zat terbang, karbon terikat, dan nilai kalor.

Penelitian ini diharapkan bisa menghadirkan wawasan yang berguna dalam pengembangan solusi energi yang berkelanjutan dan terjangkau, serta meningkatkan ketahanan energi nasional melalui pemanfaatan biopelet sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, penulis tertarik untuk meneliti "Karakteristik Biopelet serbuk kayu mahoni (*Swietenia Mahagoni)* dan sekam padi (*Oryza Sativa)"*

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Pembuatan sampel uji ini dilakukan di Workshop Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat (ULM).Selanjutnya Pengujian Kadar zat terbang Kadar abu, kerapatan kadar air berlokasi di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat. Pengujian nilai Kalor dilakukan di Balai Standardisasi Dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Banjarbaru. Waktu penelitian ini dilakukan lebih kurang selama tiga bulan dari pembuatan contoh uji hingga penyusunan skripsi. Penelitian ini dilakukan mulai dari pengumpulan bahan baku, pembuatan sampel uji, hingga penyusunan laporan penelitian.

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang dipakai adalah alumunium foil, cetakan pelet, bak pengering, bak pengaduk, pengayak, oven, timbangan analitik, kamera, *muffle furnance*, dan kompor. Elemen yang pakai penelitian ini yaitu serbuk kayu mahoni, kulit padi, serta tepung tapioka untuk perekat serbuk.

Prosedur Pengujian

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 8021-2014) parameter uji yang dilakukan

sebagai berikut. Sumber: (Badan Standar Nasional, 2014); (Hahn, 2004).

1. Penetapan kerapatan

Rumus yang digunakan untuk menentukan kerapatan:

$$\mathbf{P = \frac{M}{V}}$$

Penjelasan:

M = massa dalam gram (g)
V = volume yang diteliti (cm³)
P = kerapatan dari objek yang diteliti (g/cm³)

2. Penetapan kadar air

Rumus yang digunakan adalah:

$$\mathbf{KA\ (\%) = \frac{BB - BKT}{BKT} X100\%}$$

Penjelasan:

BB= berat sebelum dikeringkan (g)
BKT= berat setelah dikeringkan (g)
KA = kadar air

3. Penetapan kadar abu

Rumus yang digunakan adalah:

$$\mathbf{Kadar\ abu\ (\%) = \frac{Berat\ abu}{Berat\ sampel} X100\%}$$

4. Penetapan zat terbang

Rumus yang digunakan adalah:

$$\mathbf{Zat\ mudah\ menguap = \frac{B - C}{W} X\ 100\%}$$

Penjelasan:
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)

5. Kadar karbon terikat

Nilai karbon terikat dilakukan setelah ditetapkan hasil kadar air, zat terbang, dan kadar abu. Rumus yang digunakan adalah untuk penetapan nikai kalor:

Kadar karbon terikat =
100%-(kadar air + zat terbang+ kadar abu)

6. Penetapan nilai kalor

Rumus yang digunakan adalah untuk penetapan nikai kalor:

$$\mathbf{Nilai\ kalor = \frac{W\ x\ (T2 - T1)}{A} - B1 + B2}$$

Penjelasan:
W = nilai dari kalorimeter (kal˚C)
T1 = suhu mula-mula
T2 = suhu sesudah pembakaran
A = berat contoh yang dinakar
B1 = koreksi pada kawat besi
B2 = titrasi Na2CO3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian Serbuk mahoni (Swithenia mahagoni) dan kulit padi (oryza sativa) yang dilakukan beberapa intervensi terhadap pengujian biopelet meliputi uji kerapatan(g/cm3), kadar air (%), kadar zat terbang (%), kadar abu (%), kadar karbon terikat (%), dan nilai kalor (kal/g) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Rata-Rata Hasil Penelitan Biopelet Serbuk Serbuk Mahoni (*Swithenia Mahagoni*) Dan Sekam Padi (*Oryza Sativa*).

NO	Parameter	Intervensi					SNI	KET
		A	B	C	D	E		
1	Kerapatan (g/cm3)	0.6336 Tms	0.6148 Tms	0.5696 tms	0.486 tms	0.4423 tms	>0,8	**
2	kadar air (%)	13.6609	19.383	15.326	12.0228	10.614	< 12%	*

NO	Parameter	Intervensi					SNI	KET
		A	B	C	D	E		
		Tms	Tms	Tms	tms	Ms		
3	kadar abu (%)	0.634 Ms	0.615 Ms	0.57 ms	0.486 ms	0.442 Ms	<1,5	**
4	zat terbang (%)	7.147 Ms	9.999 Ms	7.948 ms	6.254 ms	5.528 Ms	<80	**
5	karbon terikat (%)	79.8257 ms	72.2269 Ms	70.7746 ms	55.3371 ms	46.46262 ms	>14	**
6	nilai kalor (kal/g)	4004,43 Ms	3961,25 Tms	3947,12 tms	3867,85 tms	3844,75 Tms	>4000	**

Kerapatan

Analisis keragaman keragaman kerapatan biopelet dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kerapatan

Ulangan	Intervensi					SNI
	A	B	C	D	E	
1	0,618	0,631	0,579	0,446	0,423	
2	0,611	0,570	0,528	0,509	0,428	> 0,8
3	0,673	0,644	0,601	0,504	0,476	
Jumlah	1,901	1,845	1,709	1,458	1,327	
Rata-rata	0,634	0,615	0,570	0,486	0,442	

Keterangan:

A = 100% serbuk kayu mahoni
B = 75% serbuk kayu mahoni 25% sekam padi
C = 50% serbuk kayu mahoni 50% sekam padi
D = 25% serbuk kayu mahoni 75% sekam padi
E = 100% sekam padi

Nilai rata-rata dari uji kerapatan biopelet adalah antara 0.4423 g/cm3 - 0.6336 g/cm3. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, memperlihatkan bahwa nilai kerapatan biopelet tertinggi terlihat pada intervensi A sebesar 0.6336 g/cm3 adapun nilai kerapatan yang terendah pada pada intervensi sebesar 0.4423 g/cm3.

Hasil Perhitungan kerapatan biopelet dilakukan pengujian lebih lanjut menggunakan uji normalitas dan homogenitas. Berdasarkan uji yang dilakukan membuktikan bahwa kerapatan biopelet normal dengan nilai Lmax sebesar 0,097 yang kurang dari nilai L tabel 5% dan 1% serta kerapatan biopelet bersifat homogen yang dilihat dari nilai X hitung sebesar 0,1857 yang lebih besar dibandingkan X tabel 5% dan 1%. Nilai kerapatan biopelet juga dilakukan mengujian anova bertujuan melihat adanya perbedaan setiap intervensi dimana uji anova dipaparkan pada Tabel 3.

Table 3. Uji Anova Kerapatan

Sumber Keragaman	Derajat bebas (db)	JK	KT	Nilai F		
				F hitung	F tabel	
					5%	1%
Intervensi (p)	14	0,082	0,020	16.546 **	3,48	5,99
Galat (g)	10	0,012	0,001			
Total	14	0,094				

Tabel 3. membuktikan bahwa adanya perbedaan signifikan dari setiap intervensi. Hal tersebut berdasarkan dari nilai F hitung (16,546) > F tabel 5% dan 1%. Karena nilai kerapatan biopelet berbeda sangat jelas maka dilakukan uji lanjutan yaitu Uji Duncan yang membuktikan terdapat intervensi yang berbeda signifikan dan sangat signifikan. Intervensi berbeda yang sangat signifikan terlihat pada intervensi B dengan intervensi D dan E, serta intervensi A dengan E. Sedangkan intervensi yang berbeda signifikan terlihat pada intervensi B dengan C, intervensi A dengan D, dan intervensi D dengan E. Analisis uji Duncan kerapatan biopelet dipaparkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji Duncan Kerapatan Biopelet

Intervensi	**Rerata**	**Nilai beda**			
		A	B	C	D
A	0,63				
B	0,61	0,02			
C	0,57	0,06	0,13		
D	0,49	0,15	0,17	0,084	
E	0,44	0,19	0,56	0,044	0,127
Duncan	**0,05**	**0,091**	**0,092**	**0,092**	**0,092**
	0,01	**0,168**	**0,169**	**0,169**	**0,169**

Kerapatan adalah karakteristik mekanis biopelet yang dinilai sebagai rasio antara massa dan volume (SNI 2014). Parameter ini dipakai sebagai pengukuran kualitas biopelet. Kandungan kimiawi kulit padi terdiri dari 50% selulosa, 25-30% lignin, dan 15-20% silika. Semakin tinggi kerapatan biopelet, semakin baik kualitasnya, sehingga memudahkan penanganan dan penyimpanan biopelet serta dapat mengurangi biaya yang diperlukan (Adapa et al, 2009). Suprianto (2003) menyatakan bahwa semakin besar tekanan yang diterapkan selama pembuatan biopelet, semakin tinggi kualitas kerapatan yang dicapai. Tekanan tinggi memungkinkan perekat untuk masuk ke dalam pori-pori biopelet dan mengisi tempat kosong di antara partikel, agar meningkatkan kerapatan. Selain itu, ukuran partikel biopelet yang lebih besar atau seragam akan menghasilkan kerapatan dan kekuatan tekan biopelet yang lebih tinggi (Masturin, 2002).

Faktor yang menyebabkan nilai kerapatan tidak memenuhi standar dikarenakan alat pres yang digunakan kemungkinan belum memenuhi standar atau pembuatan yang dilakukan dengan secara manual atau tidak menggunakan mesin pres, sehingga berpengaruh pada daya tekannya yang kurang menyebabkan pori-pori pada biopelet tidak merata sehingga membuat biopelet menjadi kurang baik kualitas kerapatannya.

Kadar Air

Nilai rata-rata kadar air hasil uji biopelet disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai rata-rata kadar air hasil uji biopelet

Ulangan	**Intervensi**					**SNI**
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	
1	14,430	18,497	17,247	10,668	12,170	
2	13,559	22,624	17,509	10,497	9,782	< 12%
3	12,994	17,028	11,222	14,903	9,890	
Jumlah	40,983	58,149	45,978	36,069	31,842	
Rata-rata	13,661	19,383	15,326	12,023	10,614	

Keterangan:

A = 100% serbuk kayu mahoni
B = 75% serbuk kayu mahoni 25% sekam padi
C = 50% serbuk kayu mahoni 50% sekam padi
D = 25% serbuk kayu mahoni 75% sekam padi
E = 100% sekam padi

Hasil pengujian nilai kadar air biopelet tertinggi dapat dilihat pada intervensi B yaitu sebanyak 19.3830 %, adapun nilai kadar air terendah dapat dilihat pada intervensi E sebanyak 10.6140 %. Kadar air merupakan perbandingan antara jumlah air yang hilang dari sebuah bahan seama proses pengeringan dengan berat asal bahan tersebut (Saptoadi, 2008). Tujuan pengukuran kadar air adalah untuk menilai sifat higroskopis dari biopelet yang dihasilkan (Hendra,2012).

Hasil Perhitungan kadar air biopelet dilakukan pengujian lebih lanjut menggunakan uji normalitas dan homogenitas. Berdasarkan uji yang dilakukan membuktikan bahwa kerapatan biopelet normal dengan nilai Lmax sebesar 0,12 yang kurang dari nilai L tabel 5% dan 1% serta kerapatan biopelet bersifat homogen yang dilihat dari nilai X hitung sebesar 4,085 yang lebih besar dibandingkan X tabel 5% dan 1%. Nilai kadar air biopelet juga dilakukan mengujian anova untuk mengetahui perbedaan setiap intervensi dimana uji anova disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Uji Anova Kadar Air

Sumber Keragaman	Derajat bebas (db)	JK	KT	Nilai F			
				F hitung		F tabel	
						5%	1%
Intervensi (p)	4	138,064	34,516	5,823	*	3.48	5,99
Galat (g)	10	59,275	5,927				
Total	14	197,339					

Tabel 6. membuktikan adanya perbedaan signifikan dari setiap intervensi. Hal ini bisa dilihat dari nilai F hitung (5,823) > F tabel 5%. Karena nilai kerapatan biopelet berbeda sangat nyata maka dilakukan uji lanjutan menggunakan Uji Duncan yang membuktikan bahwa terdapat intervensi yang berbeda sangat nyata dan nyata. Intervensi yang berbeda sangat nyata terdapat pada intervensi C dengan intervensi E, sedangkan intervensi yang berbeda nyata terdapat pada intervensi B dengan D dan E. Analisis uji Duncan kerapatan biopelet disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. **.** Uji Duncan Kadar Air Biopelet

Intervensi	Rerata	Nilai beda			
		B	C	A	D
B	19,38				
C	15,33	4,06			
A	13,66	5,72	3,30		
D	12,02	7,36	4,71	1,638	
E	10,61	8,77	15,28	1,409	3,047
DUNCAN	**0,05**	**6,327**	**6,348**	**6,348**	**6,348**
	0,01	**11,611**	**11,696**	**11,696**	**11,696**

Tingkat kadar air mempengaruhi nilai kalor. Semakin rendah kadar air, semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan. Rendahnya kualitas kadar air akan memudahkan proses dalam penyalaan dan menurunkan jumlah asap saat pembakaran. Nilai kadar air dipengaruhi oleh tekanan yang diberikan saat pencetakan biopelet. Tinggi tekanan saat pencetakan biopelet menyebabkan biopelet semakin padat, kerapatan tinggi, halus dan seragam, dengan demikian partikel biomassa bisa saling melengkapi pori-pori yang kosong dan mengurangi molekul air yang dapat menempati pori-pori tersebut. (Rahman, 2011).

Kadar Abu

Kadar abu mempengaruhi residu yang tersisa setelah pembakaran, semakin tinggi kadar abu maka akan semakin cepat proses terbakarnya biopelet yang dibuat, hasil pengujian kadar abu dipaparkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai Kadar Abu

Ulangan	Intervensi					SNI
	A	B	C	D	E	
1	0,750	4,520	8,680	12,970	17,970	
2	0,780	4,750	8,450	12,250	18,250	< 1,5 %
3	0,940	5,270	8,460	12,080	17,480	
Jumlah	2,470	14,540	25,590	37,300	53,700	
Rata-rata	0,823	4,847	8,530	12,433	17,900	

Keterangan:

A = 100% serbuk kayu mahoni
B = 75% serbuk kayu mahoni 25% sekam padi
C = 50% serbuk kayu mahoni 50% sekam padi
D = 25% serbuk kayu mahoni 75% sekam padi
E = 100% sekam padi

Hasil perhitungan dilihat bahwa kadar abu biopelet tertinggi ditemukan pada intervensi E dengan nilai sebesar 17,900%, sedangkan kadar abu terendah tercatat pada intervensi A dengan nilai 0,823%. Namun demikian seluruh nilai kadar abu masuk syarat SNI. Abu adalah residu dari proses pembakaran yang tidak lagi mengandung unsur karbon.

Hasil Perhitungan kadar abu biopelet dilakukan pengujian lebih lanjut menggunakan uji normalitas dan homogenitas. Berdasarkan uji yang dilakukan membuktikan bahwa kerapatan biopelet normal dengan nilai Lmax sebesar 0,123 yang kurang dari nilai L tabel 5% dan 1% serta kerapatan biopelet bersifat homogen yang dilihat dari nilai X hitung sebesar 4,841 yang lebih besar dibandingkan X tabel 5% dan 1%. Nilai kadar abu biopelet juga dilakukan mengujian anova untuk melihat perbedaan setiap intervensi dimana uji anova disajikan pada Tabel 9 dan Analisis uji Duncan kerapatan biopelet disajikan pada Tabel 10.

Tabel 9. Uji Anova Kadar Abu

Sumber Keragaman	Derajat bebas (db)	JK	KT	Nilai F		
				F hitung	F tabel	
					5%	1%
Intervensi (p)	4	525.85	131.462	1194.9**	3,48	5,99
Galat (g)	10	1.1002	0.11002			
Total	14	526.95				

Table 10. Uji Duncan Kadar Abu Biopelet

Intervensi	Rerata	Nilai beda			
		E	D	C	B
E	17,90				
D	12,43	5,47			
C	8,53	9,37	7,59		
B	4,85	13,05	11,61	3,683	
A	0,82	17,08	12,38	4,023	7,707
DUNCAN	**0,05**	**0,862**	**0,865**	**0,865**	**0,865**
	0,01	**1,582**	**1,593**	**1,593**	**1,593**

Silika merupakan bahan penting dalam abu yang dapat memberi dampak negatif kepada nilai kalor biopelet karena tidak terbakar selama proses pembakaran, sehingga dapat menurunkan kualitasnya (Hendra, 2012). Perekat tepung tapioka, yang mengandung molekul karbohidrat seperti amilopektin dan amilosa, terdiri dari unsur karbon, oksigen, dan hidrogen, strukturnya dapat berubah menjadi abu setelah proses pembakaran. Abu ini adalah bagian dari biomassa yang tidak mudah terbakar dan memiliki pengaruh terhadap transfer panas ke permukaan biopelet serta difusi oksigen selama pembakaran (Katimbo et al., 2014). Kadar abu yang tinggi pada biopelet dapat berdampak pada emisi debu yang berkontribusi pada polusi udara serta mengurangi volume dan efisiensi pembakaran. Tingginya kadar abu juga mengakibatkan penurunan nilai kalor biopelet, yang secara langsung mempengaruhi laju pembakaran dengan mengurangi transfer panas ke dalam biopelet dan difusi oksigen ke permukaannya selama proses pembakaran.

Zat Terbang

Hasil pengujian zat terbang biopelet dipaparkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Nilai Zat Terbang

Ulangan	Intervensi					SNI
	A	B	C	D	E	
1	5,670	3,810	6,410	20,010	24,560	
2	5,530	3,220	8,190	20,510	26,190	<80%
3	5,870	3,600	1,508	20,100	24,320	
Jumlah	17,070	10,630	16,108	60,620	75,070	
Rata-rata	5,690	3,543	5,369	20,207	25,023	

Keterangan :
A = 100% serbuk kayu mahoni
B = 75% serbuk kayu mahoni 25% sekam padi
C = 50% serbuk kayu mahoni 50% sekam padi
D = 25% serbuk kayu mahoni 75% sekam padi
E = 100% sekam padi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai zat terbang tertinggi didapatkan pada intervensi B, mencapai 9.999%, sementara nilai zat terbang terendah tercatat pada intervensi E dengan 5.528%. Zat terbang adalah bahan yang bisa menguap setelah senyawa-senyawa lainnya terurai dalam suatu materi, kecuali air (Hendra, 2012). tangan dan pengetahuan tentang pengobatan tradisional yang dia pelajari dari keluarganya.

Hasil Perhitungan zat terbang biopelet dilakukan pengujian lebih lanjut menggunakan uji normalitas dan homogenitas. Berdasarkan uji yang dilakukan membuktikan bahwa kerapatan biopelet tidak normal dengan nilai Lmax sebesar 0,259 yang melebihi nilai L tabel 5% dan 1% serta kerapatan biopelet bersifat homogen yang dilihat dari nilai X hitung sebesar 18,215 yang lebih besar dibandingkan X tabel 5% dan 1%. Nilai zat terbang biopelet juga dilakukan mengujian anova untuk melihat perbedaan setiap intervensi dimana uji anova dipaparkan pada Tabel 12.

Table 12. Uji Anova Zat Terbang

Sumber Keragaman	Derajat bebas (db)	JK	KT	Nilai F		
				F hitung	F table	
					5%	1%
Intervensi (p)	4	525.85	131.462	1194.9**	3,48	5,99
Galat (g)	10	1.1002	0.11002			
Total	14	526.95				

Hasil analisis sidik ragam dapat dilihat adanya pengaruh signifikan pada intervensi. Hal ini dibuktikan dari nilai F hitung (1194,9) > F tabel 5% dan 1% sehingga harus dilakukan pengujian lebih lanjut. Pengujian lanjutan yang menggunakan uji Duncan membuktikan bahwa terdapat intervensi yang berbeda sangat signifikan dan intervensi yang berbeda signifikan. Intervensi yang berbeda sangat signifikan dapat dilihat pada intervensi E dengan A, C, dan B, serta intervensi D dengan A, C, dan B. Sedangkan intervensi yang berbeda signifikan dapat pada intervensi E dengan D. Pengujian Duncan pada zat terbang disajikan pada Tabel 13.

Table 13. Uji Duncan Zat Terbang Biopelet

Intervensi	Rerata	Nilai beda			
		E	D	A	C
E	25,02				
D	20,21	4,82			
A	5,69	19,33	14,84		
C	5,37	19,65	16,66	0,321	
B	3,54	21,48	20,16	1,826	2,147
Duncan	**0,05**	**4,222**	**4,236**	**4,236**	**4,236**
	0,01	**7,748**	**7,806**	**7,806**	**7,806**

Karbon Terikat

Hasil nilai kadar karbon terikat yang terkandung dalam biopelet serbuk serasah kelakai dan serbuk kayu galam disajian pada Tabel 14.

Tabel 14. Nilai Kadar Karbon Terikat

Ulangan	Intervensi					SNI
	A	B	C	D	E	
1	79,150	73,173	67,663	56,352	45,300	
2	80,131	69,406	65,851	56,743	45,778	14%
3	80,196	74,102	78,810	52,917	48,310	
Jumlah	239,477	216,681	212,324	166,011	139,388	
Rata-rata	79,826	72,227	70,775	55,337	46,463	

Keterangan:
A = 100% serbuk kayu mahoni
B = 75% serbuk kayu mahoni 25% sekam padi
C = 50% serbuk kayu mahoni 50% sekam padi
D = 25% serbuk kayu mahoni 75% sekam padi
E = 100% sekam padi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai karbon terikat mencapai puncaknya pada intervensi A dengan persentase 79,826%, sementara intervensi E menunjukkan nilai karbon terikat terendah, yaitu 46,463%.. Nilai zat terbang biopelet juga dilakukan mengujian anova untuk mengetahui perbedaan setiap intervensi dimana uji anova dipaparkan pada Tabel 15

Tabel 15. Uji Anova Karbon Terikat

Sumber Keragaman	Derajat bebas (db)	JK	KT	Nilai F		
				F hitung	F tabel	
					5%	1%
Intervensi (p)	4	227.063	556.776	44.316 **	3.48	5.99
Galat (g)	10	125.636	12.564			
Total	14	235.669				

Uji lanjutan menggunakan Duncan membuktikan bahwa terdapat intervensi yang berbeda sangat signifikan dan berbeda signifikan. Intervensi yang berbeda sangat signifikan dapat dilihat pada intervensi D dengan A, B, dan E, serta intervensi E dengan A dan B. Sedangkan intervensi berbeda signifikan dapat dilihat pada intervensi C dengan B dan D. Pengujian Duncan pada karbon terikat disajikan pada Tabel 16.

Table 16. Uji Duncan Karbon Terikat Biopelet.

Intervensi	Rerata	Nilai beda			
		A	B	C	D
A	79,83				
B	72,23	7,60			
C	70,77	9,05	16,89		
D	55,34	24,49	25,76	15,437	
E	46,46	33,36	72,18	8,875	24,312
Duncan	**0,05**	**9,211**	**9,242**	**9,242**	**9,242**
	0,01	**16,903**	**17,028**	**17,028**	**17,028**

Kadar karbon terikat pada semua intervensi belum mencapai standar SNI, Jerman, dan Amerika karena nilai tersebut masih tinggi sesuai hasil uji. Kadar karbon terikat cenderung bertolak belakang dengan zat terbang (Hendra dan Darmawan, 2002) mengemukakan bahwa tingginya kadar zat terbang cenderung mengurangi jumlah karbon terikat. Selain itu, kadar karbon terikat yang tinggi atau rendah mempengaruhi nilai kalor. Onu et al. (2010) menyatakan bahwa kualitas kalor yang dihasilkan berdasarkan pada tinggi rendahnya karbon terikat

Nilai Kalor

Nilai kalor ditentukan oleh kadar air, kerapatan, kadar abu, kandungan zat terbang, dan karbon terikat. Biopelet akan menghasilkan kalor yang tinggi jika memiliki kadar air yang rendah, karena hal ini membuat proses pembakarannya lebih efisien. Nilai kalor biopelet yang dihasikan dari pengujin ini dipaparkan pada Tabel 17.

Tabel 17. Nilai Kalor

Ulangan	Intervensi					SNI
	A	B	C	D	E	
1	4.003,600	3.850,320	3.952,050	3.936,030	3.865,990	>
2	4.005,720	3.862,550	3.976,020	3.940,210	3.877,900	4000
3	4.003,960	3.821,380	3.955,670	3.965,670	3.859,650	kal/g
Jumlah	12.013,280	11.534,250	11.883,740	11.841,910	11.603,540	
Rata-rata	4.004,427	3.844,750	3.961,247	3.947,303	3.867,847	

Keterangan :
A = 100% serbuk kayu mahoni
B = 75% serbuk kayu mahoni 25% sekam padi
C = 50% serbuk kayu mahoni 50% sekam padi
D = 25% serbuk kayu mahoni 75% sekam padi
E = 100% sekam padi

Nilai kalor adalah indikator utama yang menentukan kualitas biopelet serta memainkan peran penting dalam keefektifan bahan bakar (Ali dan Restuhadi, 2010). Basu (2010) menyatakan bahwa kandungan kandungan air, zat terbang, abu, dan karbon terikat dapat berpengaruh terhadap nilai kalor.

Nilai kalor tertinggi dihasilkan pada intervensi A dengan rata-rata nilai kalor 4004,43% dan terendah pada intervensi dengan rata-rata nilai kalor E 3844,75%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa yang menuhi standar SNI.

Berdasarkan analisis keragaman anova, intervensi yang diberikan memberikan

pengaruh nyata karena nilai F hitung (5,94) > F tabel pada taraf 5% (2,90) dan 1%(4,54). Nilai kalor biopelet juga dilakukan mengujian anova untuk mengetahui melihat setiap intervensi dimana uji anova disajikan pada Tabel 18.

Tabel 18. Uji Anova Nilai Kalor

SK	DB	JK	KT	F hitung	F tabel		Ket
					5%	1%	
Intervensi (p)	4	53454,30	13363,57	70,4606	3,4780	5,9943	**
Galat (g)	10	1896,60	189,66				
Total	14	55350,90					

Keterangan :
** = Berbeda sangat nyata
KK = 0,3 %

Nilai kalor yang berbeda nyata perlu dilakukan uji lanjutan memakai Duncan. Uji Duncan membuktikan bahwa setiap intervensi yang berbeda sangat signifikan. Pengujian Duncan pada karbon terikat dipaparkan pada Tabel 18.

Tabel 18. Uji Duncan Kalor Biopelet

Intervensi	Rata-rata	Nilai Beda				
		A	B	C	D	E
A	4004,43					
B	3961,25	43,1767*				
C	3947,12	57,3067**	14,1300tn			
D	3867,85	136,5767**	93,4000**	79,2700**		
E	3844,75	159,6767**	116,5000**	102,3700**	23,1000tn	
BNJ	0,05	34,4283				
	0,01	45,8779				

Keterangan :
tn = Tidak berbeda nyata
* = Berbeda nyata
** = Berbeda sangat nyata

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kerapatan tertinggi dicapai pada intervensi A dengan persentase 0,6336%, sedangkan kerapatan terendah terjadi pada intervensi E dengan persentase 0,4423%, nilai kadar air tertinggi diperoleh di intervensi B 19.2820% dan yang terendah diperoleh di

intervensi E dengan nilai 10.6140%, nilai kadar abu yang diperoleh dengan nilai tertinggi A dengan nilai 0.634% dan nilai terendah ada pada intervensi E dengan nilai 0.442, nilai zat terbang tertinggi diperoleh pada intervensi B 9.999% dan yang terendah pada intervensi E 5.538%, nilai karbon terikat tertinggi diperoleh pada intervensi A dengan nilai 79.8257% dan terendah pada intervensi E dengan nilai 46.4626%, nilai kalor tertinggi terdapat pada intervensi A dengan nilai 4004.43 kal/g dan yang terendah pada intervensi 3844.75 kal/g,.

Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai pembuatan biopelet dengan menggunakan serbuk kayu mahoni dan sekam padi untuk mengetahui hasil yang di dapat apakah sama dengan penelitian sebelumnya atau berbeda, karena penelitian pembuatan biopelet menggunakan serasah tubuhan kelakai baru pertama kali dilakukan. Penelitian-penelitian selanjutnya disarankan lebih di perhatikan dalam proses pembuatan biopeletnya agar

hasil yang didapat lebih baik dari penelitian sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

Adapa P, Tabil L, Schoenau G. 2009. Compression Characteristics of Selected Ground Agricultural Biomass. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal 9: 1347.

Basu P. 2010. Biomass Gasification and Pyrolysis, Practical Desaign and Theory. (US): Academic Pr

Hahn B.2004.Existing guidelines and Quality Assurance for Fuel pellets.Austria; Umbera..

Hendra, D. (2012). Rekayasa pembuatan mesin pelet kayu dan pengujian hasilnya. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 30(2): 144–154

Masturin, A. 2002. Sifat Fisik dan Kimia Briket Arang dari Campuran Arang Limbah Gergajian Kayu. Skripsi. (Tidak dipublikasikan). Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor

Rahman. 2011. Uji Keragaman Biopelet dari Biomassa Limbah Sekam Padi (Oryza sativa sp.) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbaharukan. [Skripsi] Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor

[SNI] Standar Nasional Indonesia. (2014). Pelet kayu. (SNI 8021-2014). Badan Standardisasi Nasional. Jakarta

Suprianto, 2003. Analisis Sifat Fisik dan Kimia Briket Arang dari Campuran Kayu Galam dan Tempurung Kemiri. [Skripsi]. Banjarbaru: Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat,

Zikri. A., Meigita.C., Samosir.J.A. 2018. *Karakteristik Biopelet Dari Variasi Bahan Baku Sebagai Bahan Bakar Alternatif. Politeknik Negeri Sriwijaya,* Jurnal Kinetika Vol. 9, No. 01 (Mar 2018): 26-32.