

KARAKTERISTIK BIOPELET DARI CAMPURAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis*) DAN KAYU KALIANDRA(*Calliandra calothyrsus*)

Characteristics of Biopellets from a Mixture of Empty Palm Oil Bunches (Elaeis Guineensis) and Calliandra Wood (Calliandra Calothyrsus)

Sigit Wahyu Saputra, Violet, dan Rosidah Radam

Program Studi Kehutanan

Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. Palm oil industry waste in the form of empty palm oil bunches is very abundant in Indonesia. Empty palm oil bunches can be used for various needs, starting from paper raw materials to potentially promising renewable energy because they are abundant and can be converted into various forms of fuel such as charcoal briquettes or biopellets to replace household gas. This research aims to analyze the characteristics of biopellets made from empty oil palm fruit bunches and calliandra wood powder including water content, density, ash content, volatile matter, bound carbon, calorific value and determine which biopellet quality composition is the best in accordance with applicable standards. The methods used include collecting raw materials, making test samples, testing characteristics. Research result. research results made from composition A (100% oil palm empty bunch powder) B (75% oil palm empty bunch powder + 25% calliandra powder) C (50% oil palm empty bunch powder + 50% calliandra wood powder) D (Powder empty palm fruit bunches 25 % + calliandra wood powder 75 %) E (100% calliandra powder) respectively water content values (10%, 9.67%, 10.33%, 8.33%, 8.33%) density value (0.5179g/cm³, 0.5618 g/cm³, 0.633 g/cm³, 0.7251 g/cm³, 0.7224 g/cm³), ash content (1%, 7%, 10.33%, 18.67%, 26%) volatile matter (1%, 12%, 20.67%, 27.33%, 23%), carbon (88%, 71.33%, 58.67%, 45.33% , 42.67%), calories (3904.24 cal/g, 3703.37 cal/g, 4252.33 cal/g, 3654.83 cal/g, 3700.10 cal/g).

Keywords: Waste, Energy, Biopellets

ABSTRAK. Limbah industri kelapa sawit berupa tandan kosong kelapa sawit sangat melimpah di Indonesia. Tandan kosong kelapa sawit dapat dimanfaatkan untuk aneka kebutuhan, mulai dari bahan baku kertas hingga berpotensi sebagai energi terbarukan yang menjanjikan karena ketersediaannya melimpah dan dapat dikonversi menjadi berbagai bentuk bahan bakar seperti arang briket atau biopelet untuk menggantikan bahan bakar gas rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik biopelet yang terbuat dari limbah tandan kosong kelapa sawit dan serbuk kayu kaliandra meliputi kadar air, kerapatan, kadar abu, zat terbang, karbon terikat, nilai kalor dan mengetahui komposisi kualitas biopelet mana yang terbaik sesuai dengan standar yang berlaku. metode yang digunakan meliputi pengumpulan bahan baku, pembuatan sampel uji, pengujian karakteristik. Hasil penelitian. hasil penelitian yang terbuat dari komposisi A (Serbuk tandan kosong kelapa sawit 100%) B (Serbuk tandan kosong kelapa sawit 75 % + serbuk kaliandra 25%) C (Serbuk tandan kosong kelapa sawit 50 % + serbuk kayu kaliandra 50 %) D (Serbuk tandan kosong kelapa sawit 25 % + serbuk kayu kaliandra 75 %) E (Serbuk kaliandra 100%) berturut-turut nilai kadar air (10%, 9,67%, 10,33%, 8,33%, 8,33%) nilai kearpapatan (0,5179g/cm³, 0,5618 g/cm³, 0,633 g/cm³, 0,7251 g/cm³, 0,7224 g/cm³), kadar abu (1%, 7%, 10,33%, 18,67%, 26%) zat terbang (1%, 12%, 20,67%, 27,33%, 23%), karbon (88%, 71,33%, 58,67%, 45,33%, 42,67%), kalor (3904,24 kal/g, 3703,37 kal/g, 4252,33 kal/g, 3654,83 kal/g, 3700,10 kal/g).

Kata kunci: Limbah, Energi, Biopelet

Penulis untuk korespondensi, surel: sigitwahyusaputra02@gmail.com

PENDAHULUAN

Bahan bakar merupakan sumber energi yang menunjang kegiatan rumah tangga dan industri. Orang sering menggunakan bahan bakar fosil: minyak, batu bara, dan gas.

Meningkatnya permintaan energi mengurangi pasokan bahan bakar fosil sehingga menyebabkan harga bahan bakar fosil naik. Solusi dari menurunnya bahan bakar fosil yaitu mengembangkan energi biomassa sebagai energi alternatif yang ketersediaannya melimpah dan mudah diperoleh, salah satu

energi biomassa yaitu pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit, pengembangan yang dilakukan yaitu salah satunya dengan memproduksi energi alternatif seperti biopellet yang mempunyai bahan baku cukup melimpah seperti cangkang dari limbah kelapa sawit yang masih kurang dalam pemanfaatannya. TKKS yang begitu melimpah umumnya tidak mempunyai nilai ekonomis sehingga relatif tidak dimanfaatkan dan cenderung berpotensi mencemari lingkungan sekitar. Kebanyakan limbah tkks ini digunakan sebagai pupuk alami untuk tanaman kelapa sawit, selain itu dapat diolah menjadi bahan baku pembuatan biopellet.

Meskipun Indonesia memiliki bahan biopellet yang melimpah seperti limbah perkebunan, pertanian, perkayuan, dan industri lainnya, namun ketersediaan biopellet masih terbatas. Biopellet merupakan bahan bakar biomassa berbentuk pellet dengan ukuran, bentuk, kadar air dan energi yang seragam. Biopellet merupakan salah satu jenis energi biomassa yang pertama kali dibuat dari serbuk kayu pada tahun 1980an, biopellet sendiri dibuat dari sisa limbah serbuk kayu serta pemanfaatan limbah yang terbuang dari bahan-bahan yang bisa diperbaharui, hal inilah yang membuat serta memicu keinginan untuk meneliti hal ini (Arbelloncleanergy 2009).

Keunggulan biopellet ini adalah dapat meningkatkan jumlah panas yang dihasilkan pada proses pembakaran. Selain itu, ukuran dan keseragaman biopellet juga memudahkan pengangkutannya dari satu lokasi ke lokasi lain. Penelitian tentang karakteristik biopellet dengan komposisi tandan kosong kelapa sawit dan serbuk kayu belum banyak dilakukan penelitian, apakah dapat memenuhi standar SNI atau tidak. Penelitian ini diharapkan dapat melihat kualitas yang dihasilkan apakah memenuhi standar biopellet SNI 8021:2014 sebagai pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit dan kayu kaliandra yang diolah menjadi biopellet.

METODE PENELITIAN

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang digunakan berasal PTPN 13 Pelaihari, kayu kaliandra diperoleh dari Desa Tebing Siring, Kabupaten Tanah Laut. Penelitian dilakukan 3 (tiga bulan), meliputi pengumpulan bahan baku, pembuatan sampel uji, pengujian karakteristik, pengolahan data.

Analisis Data

Pengolahan data meliputi perhitungan parameter seperti: kadar air, kerapatan, kadar abu, zat terbang, karbon terikat dan kalor. Rancangan percobaan dalam penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL).

1. Perhitungan kadar air menggunakan rumus:

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

2. Kerapatan sampel dihitung dengan menggunakan rumus,

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

3. Penetapan kadar abu dapat dihitung dengan rumus,

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

4. Kadar zat terbang dapat ditentukan menggunakan rumus:

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

5. Kadar karbon terikat dihitung dengan rumus:

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

6. Penetapan nilai kalor

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

Rancangan percobaan dalam penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Komposisi dari perekat ini menggunakan serbuk tandan kosong kelapa sawit dan serbuk kayu kaliandra, dengan perlakuan sebagai berikut :

- A = serbuk tandan kosong kelapa sawit 100%
- B = serbuk tandan kosong kelapa sawit 75 % + 25 % serbuk kaliandra
- C = serbuk tandan kosong kelapa sawit 50 % + serbuk kayu kaliandra 50 %

D = serbuk tandan kosong kelapa sawit 25 %
+ serbuk kayu kaliandra 75 %
E = serbuk kaliandra 100%

Jumlah percobaan yang dilakukan adalah sebanyak 5 buah perlakuan dengan 3kali ulangan sehingga $5 \times 3 = 15$ satuan percobaan, adapun rancangan acak lengkap disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengamatan

Ulangan	Perlakuan				
	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
Jumlah					
Rata-rata					

Bentuk umum dari percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) menurut Hanafiah KA (2004) adalah:

$$Y_{ij} = \mu + \sigma_i + \varepsilon_{ij}$$

Pencatatan dan pengolahan data dari hasil penelitian dicatat pada tabel pengamatan yang

mengacu pada percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Nilai rata-rata yang telah diperoleh sebelumnya dilakukan uji sebaran data (normalitas) dan uji homogenitas ragam. Setelah melakukan uji normalitas dan homogen dilanjutkan dengan analisis keragaman untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi variabel yang diteliti, seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Keragaman Rancangan Acak Lengkap (RAL)

Sumber Keragaman	Derajat bebas (db)	JK	KT	Nilai F	
				F hitung 5%	F total 1%
Perlakuan (p)	n-1	JKp	JKp/dbp	KTp/KTg	
Galat (g)	P(n-1)	JKg	JKg/dbg	-	
Total	Pn-1	JKt	-	-	

Pengaruh perlakuan ditetapkan berdasarkan nilai F hitung dengan F tabel pada kriteria tingkat 5% dan 1% adalah:

1. F hitung $\geq$ F tabel, maka perlakuan berpengaruh terhadap variabel yang diteliti
2. F hitung $\leq$ F tabel, maka perlakuan tidak berpengaruh terhadap variabel yang diteliti.

Apabila terdapat pengaruh terhadap variabel yang diteliti maka perlu dilakukan uji dengan uji lanjutan untuk mengetahui beda pengaruh faktor perlakuan. Uji lanjutan yang akan digunakan tergantung nilai koefisien keragaman (KK). Penentuan nilai KK dihitung dengan rumus (Hanafiah KA, 2004) sebagai berikut:

$$KK = \frac{\sqrt{KTG}}{\bar{y}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian biopelet dari campuran tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) dan kayu kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) dengan menguji beberapa parameter kualitas pengujian (kadar air, kadar abu, kadar mudah menguap, nilai kalor, densitas, kadar karbon tetap) disajikan pada Tabel 3.

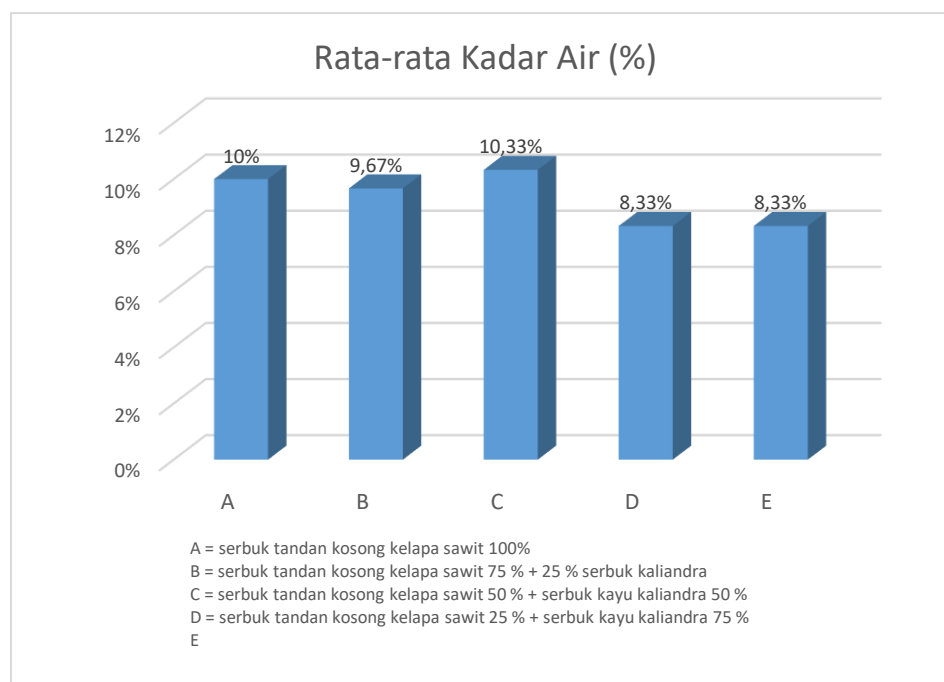
Tabel 3. Rata-rata Hasil Pengujian Biopelet dari Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) dan Kayu Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*)

No.	Parameter	Perlakuan					SNI 8021 - 2014	Ket
		A	B	C	D	E		
1	Kadar air (%)	10% ms	9,67% Ms	10,33% Ms	8,33% ms	8,33% ms	<12	tn
2	Kerapatan (g/cm ³)	0,5179 ^a tms	0,5618 ^a Tms	0,6339 ^{ab} tms	0,7251 ^b tms	0,7224 ^b tms	>0,8	**
3	Kadar abu (%)	1% ^a ms	7% ^b Tms	10,33% ^c tms	18,67% ^d tms	26% ^e tms	≤1,5	**
4	Zat terbang (%)	1% ^a ms	12% ^b Ms	20,67% ^c Ms	27,33% ^c ms	23,00% ^c ms	≤80	**
5	Karbon terikat (%)	88% ^a ms	71,33% ^a Ms	58,67% ^b Ms	45,33% ^c ms	42,67% ^d ms	≥14	**
6	Nilai kalor (Kal/g)	3902,24 ^a tms	3703,37 ^a Tms	4252,88 ^b Ms	3654,83 ^a tms	3700,10 ^a tms	≥4000	**

Kadar Air

Hasil perhitungan nilai rata-rata dari seluruh perlakuan pengujian kadar air berkisar (8,33%

- 10,33%), nilai kadar air biopelet sudah memenuhi standar SNI yang mensyaratkan ≤12.



Gambar 1. Grafik Nilai Kadar Air

Kadar air yang tinggi diduga disebabkan oleh pengeringan bahan baku yang tidak sempurna, ukuran partikel yang kecil mudah menyerap uap air, sehingga uap air yang dihasilkan dapat tersimpan. Dengan penambahan tapioka juga dapat menyerap

kelembapan yang terkandung pada bahan sehingga dengan cepat menurunkan kadar air bahan selama proses pengeringan (Damayanti dkk. 2017). Selanjutnya dilakukan uji anova terhadap kadar air biopelet yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji Anova Kadar Air

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5%	1%	
Perlakuan	4	10,667	2,667	3,077	Ns	3,478	5,994	0,052
Galat	10	8,667	0,867					
Total	14	19,333				KK = 9,97%		

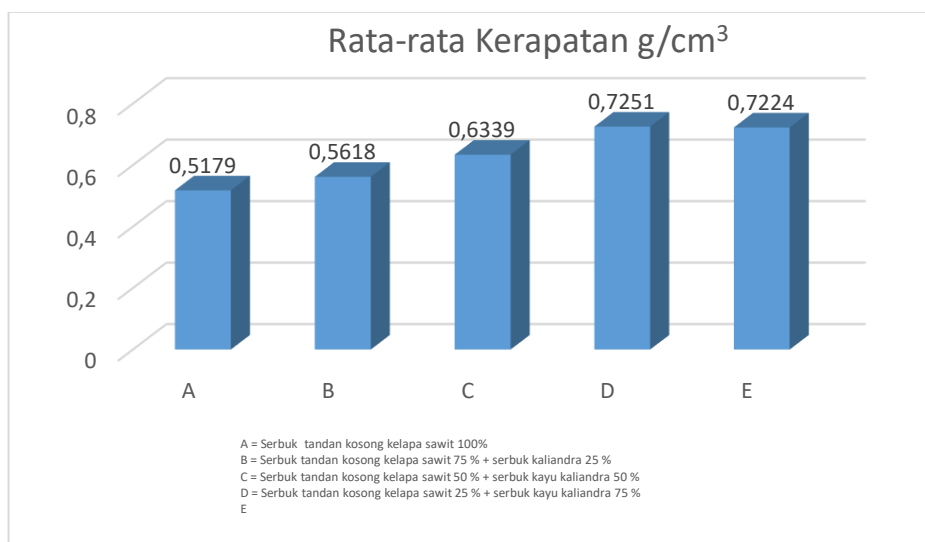
Keterangan; H_0 = Tidak ada pengaruh yang nyata terhadap pemberian perlakuan
 H_1 = Terdapat pengaruh yang nyata terhadap pemberian perlakuan

Berdasarkan Hipotesis yang ada dimana H_0 yaitu tidak ada pengaruh yang nyata terhadap pemberian perlakuan dan H_1 artinya kadar air biopelet tandan kosong kelapa sawit campuran serbuk kayu kaliandra diketahui bahwa perlakuan jenis perekat dan ukuran serbuk serta interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air. bahwa H_1 ditolak dan H_0 diterima. Artinya pemberian perlakuan pada taraf 95% tidak berpengaruh

nyata secara signifikan yang dibuktikan oleh nilai F hitung ($3,077 < F$ Tabel ($3,478$)).

Kerapatan

Hasil pengujian kerapatan biopelet yang didapatkan berkisar ($0,5179 \text{ g/cm}^3 - 0,7251 \text{ g/cm}^3$) nilai tersebut tidak memenuhi dalam standar SNI yang mensyaratkan $>0,8$.



Gambar 2. Grafik Nilai Kerapatan

Kerapatan biopelet dengan campuran serbuk tandan kosong kelapa sawit dan kayu kaliandra menunjukkan bahwa untuk perlakuan D (serbuk tandan kosong kelapa sawit 50% + serbuk kaliandra 25%) dan perlakuan E (serbuk kaliandra 100%) memiliki nilai kerapatan lebih tinggi dibandingkan perlakuan yang menggunakan serbuk tandan

kosong kelapa sawit dengan konsentrasi yang tinggi, hal tersebut disebabkan karena pada serbuk kaliandra mengandung lignin. Lignin bersifat termoplastik sehingga mampu digunakan sebagai bahan perekat. Selanjutnya dilakukan uji anova terhadap kerapatan biopelet disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji Anova terhadap Kerapatan (g/cm^3)

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5%	1%	
Perlakuan	4	0,104	0,0	6,445	**	3,478	5,994	0,004
Galat	10	0,040	0,00					
Total	14	0,145						

KK = 10,07%

Keterangan: H_0 = Tidak ada pengaruh yang nyata terhadap pemberian perlakuan
 H_1 = Terdapat pengaruh yang nyata terhadap pemberian perlakuan

Berdasarkan Hipotesis bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima. Artinya pemberian perlakuan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata pada taraf 95% maupun 91% yang dibuktikan oleh nilai F hitung ($6,445 > F$ tabel ($3,478$ dan

$5,994$). Dikarenakan terdapat pengaruh sangat nyata secara signifikan maka dilakukan uji lanjutan uji Duncan dengan keragaman 10,07% disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Uji Lanjutan Duncan terhadap Kerapatan (g/cm^3)

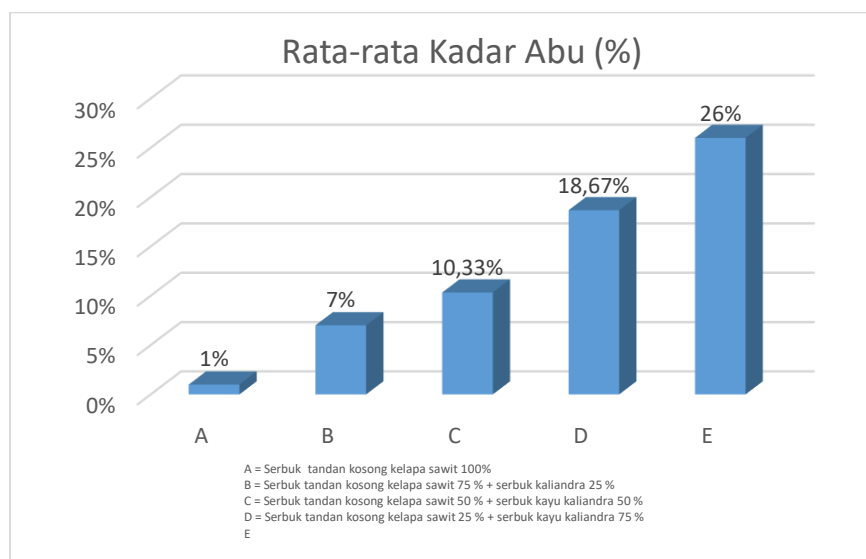
Perlakuan	N	Rerata		Notasi
		1	2	
A	3	0,5179		A
B	3	0,5618		A
C	3	0,6339	0,6339	Ab
E	3		0,7224	B
D	3		0,7251	B

Berdasarkan hasil uji lanjutan menggunakan uji duncan pada Tabel 6 untuk perlakuan A dengan B tidak berbeda nyata, A dengan D, E berbeda sangat nyata, perlakuan B dengan C berbeda nyata.

Kadar Abu

Nilai rata-rata kadar abu berkisar (1% - 26%), nilai kadar abu yang memenuhi SNI

8021 : 2014 terdapat pada perlakuan A (serbuk tandan kosong kelapa sawit 100%) memiliki nilai rata-rata 1% dimana nilai memenuhi standar SNI 8021 : 2014 yang mensyaratkan $<1,5\%$. sedangkan perlakuan B, C, D, E tidak memenuhi standar SNI 8021 : 2014 diduga dipengaruhi oleh bahan campuran berupa serbuk kayu kaliandra.



Gambar 3. Grafik Nilai Kadar Abu

Hasil pengujian kadar abu dengan komposisi campuran tandan kosong kelapa sawit dengan serbuk kaliandra menunjukkan bahwa untuk biopelet dengan komposisi serbuk kaliandra 100% memiliki kadar abu paling tinggi yaitu 26% terdapat pada perlakuan E (serbuk kaliandra 100%). Banyaknya abu yang dihasilkan tergantung

pada jenis bahan biomassa yang digunakan. Salah satu komponen abu adalah silika. Semakin tinggi kandungan silika bahan biomassa maka semakin banyak pula abu yang dihasilkan pada proses pembakarannya (Rahman, 2011). Selanjutnya dilakukan uji anova terhadap kadar yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Uji Anova Kadar Abu (%)

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5%	1%	
Perlakuan	4	1162,267	290,567	256,382	**	3,478	5,994	0,000
Galat	10	11,333	1,133					
Total	14	1173,600		KK = 8,45%				

Keterangan: H_0 = Tidak ada pengaruh yang nyata terhadap pemberian perlakuan
 H_1 = Terdapat pengaruh yang nyata terhadap pemberian perlakuan

Berdasarkan Hipotesis bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya kadar abu pada biopelet tandan kosong kelapa sawit dengan campuran serbuk kayu kaliandra berbeda sangat nyata pada taraf 95% maupun 91% yang dibuktikan oleh nilai F hitung (256,382) > F

tabel (3,478 dan 5,994). Dikarenakan terdapat pengaruh sangat nyata secara signifikan maka dilakukan pengujian lanjutan menggunakan Uji BNJ dengan taraf keragaman 8,45%, yang disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Uji Lanjutan BNJ Nilai Kadar Abu

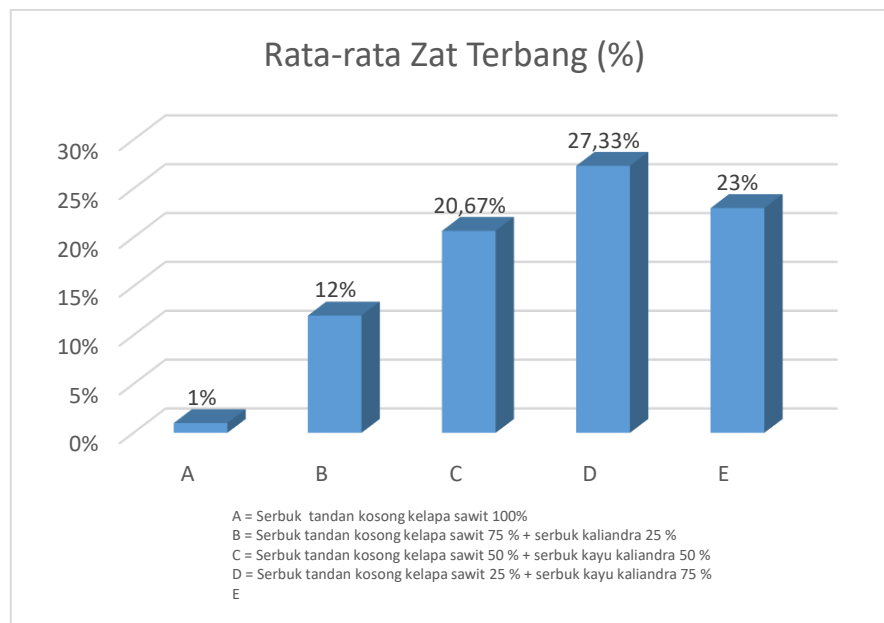
Perlakuan	N	Rerata					Notasi
		1	2	3	4	5	
A	3	1,00					A
B	3		7,00				B
C	3			10,33			C
D	3				18,67		D
E	3					26,00	E

Hasil menunjukkan bahwa variasi komposisi biopelet memberikan pengaruh sangat signifikan terhadap kadar abu. Hasil uji Beda Nyata Jujur menunjukkan bahwa variasi komposisi biopelet perlakuan A dengan B berbeda nyata, perlakuan C dengan D berbeda nyata, perlakuan D dengan E berbeda nyata.

Perlakuan A dengan D, E berbeda sangat nyata.

Zat Terbang

Nilai zat terbang berkisar (1% - 27,33%), nilai rata-rata seluruh perlakuan sesuai dalam standar SNI 8021:2014 yang mensyaratkan <80.



Gambar 4. Grafik Nilai Zat Terbang

Nilai zat terbang meningkat seiring dengan banyaknya pulp kayu kaliandra yang digunakan, Purnomo (2017) menambahkan bahwa nilai bahan mudah menguap tidak

terlalu mempengaruhi kualitas biopellet karena jika kadar abu dan nilai panasnya memuaskan. Nilai zat yang mudah menguap tidak banyak berpengaruh.

Tabel 9. Uji Anova terhadap Zat Terbang (%)

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5%	1%	
Perlakuan	4	1311,067	327,767	15,221	**	3,478	5,994	0,000
Galat	10	215,333	21,533					
Total	14	1526,400						

KK = 27,62%

Keterangan: H_0 = Tidak ada pengaruh yang nyata terhadap pemberian perlakuan
 H_1 = Terdapat pengaruh yang nyata terhadap pemberian perlakuan

Berdasarkan Hipotesis bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya zat terbang biopellet tandan kosong kelapa sawit dengan campuran serbuk kayu kaliandra berbeda sangat nyata, pada taraf 95% maupun 91% yang dibuktikan oleh nilai F hitung (15,221) > F

tabel (3,478 dan 5,994). Dikarenakan terdapat pengaruh sangat nyata secara signifikan maka dilakukan pengujian lanjutan menggunakan Uji Duncan dengan taraf 27,62%, yang disajikan pada Tabel 10.

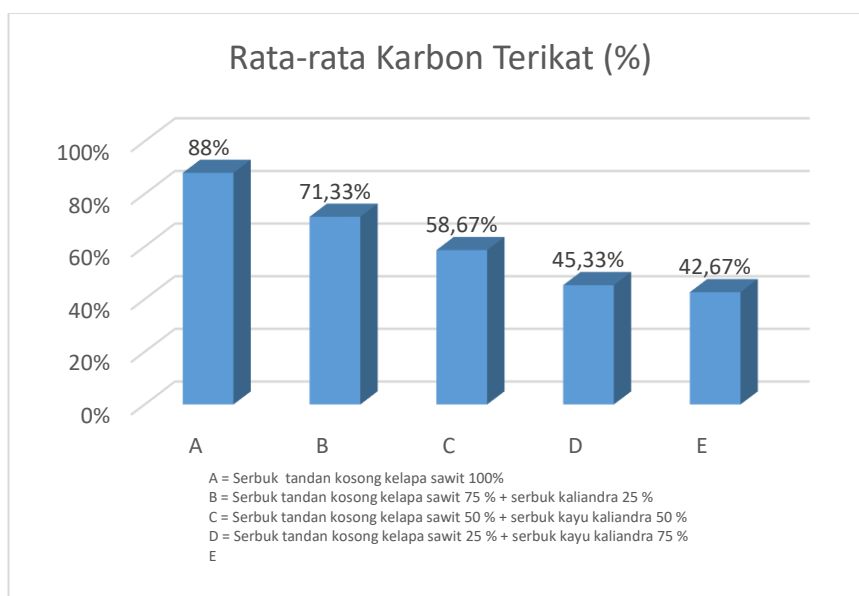
Tabel 10. Uji Lanjutan Duncan terhadap Zat Terbang (%)

Perlakuan	N	Rerata			Notasi
		1	2	3	
A	3	1,00			A
B	3		12,00		B
C	3			20,67	C
E	3			23,00	C
D	3			27,33	C

Hasil dari uji lanjutan Duncan terhadap zat terbang menunjukkan bahwa perlakuan A dengan B berbeda nyata, sedangkan perlakuan C, D, E tidak berbeda nyata.

Karbon Terikat

Kadar karbon terikat biopelet dengan campuran serbuk tandan kosong kelapa sawit dan serbuk kayu kaliandra berkisar (42,67% - 88%) nilai rata-rata pada seluruh perlakuan tidak memenuhi standar SNI 8021 : 2014 yang mensyaratkan minimum 14%.



Gambar 5. Grafik Nilai Karbon Terikat

Berdasarkan Gambar 5, diketahui bahwa semakin banyak taraf serbuk kaliandra yang ditambahkan untuk campuran biopelet maka semakin rendah nilai karbon yang didapatkan, hal ini dipengaruhi oleh rendahnya kandungan abu dan zat terbang menguap sehingga mengakibatkan tingginya kadar karbon terikat.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian Pari dan Sailah (2001) bahwa rendahnya nilai karbon terikat dipengaruhi oleh tingginya jumlah abu dan zat mudah menguap yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan uji anova terhadap karbon terikat biopelet yang disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Uji Anova Karbon Terikat (%)

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5%	1%	
Perlakuan	4	4267,733	1066,933	47,916	**	3,478	5,994	0,000
Galat	10	222,667	22,267	KK = 7,71%				
Total	14	4490,400						

Keterangan = H_0 = Tidak ada pengaruh yang nyata terhadap pemberian perlakuan

H_1 = Terdapat pengaruh yang nyata terhadap pemberian perlakuan

Berdasarkan Hipotesis bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya karbon terikat pada biopelet tandan kosong kelapa sawit dengan campuran serbuk kayu kaliandra berbeda sangat nyata, pada taraf 95% maupun 91% yang dibuktikan oleh nilai F hitung (47,916) > F

tabel (3,478 dan 5,994). Dikarenakan terdapat pengaruh sangat nyata secara signifikan maka dilakukan pengujian lanjutan menggunakan Uji BNJ dengan taraf KK 7,71%, yang disajikan pada Tabel 12.

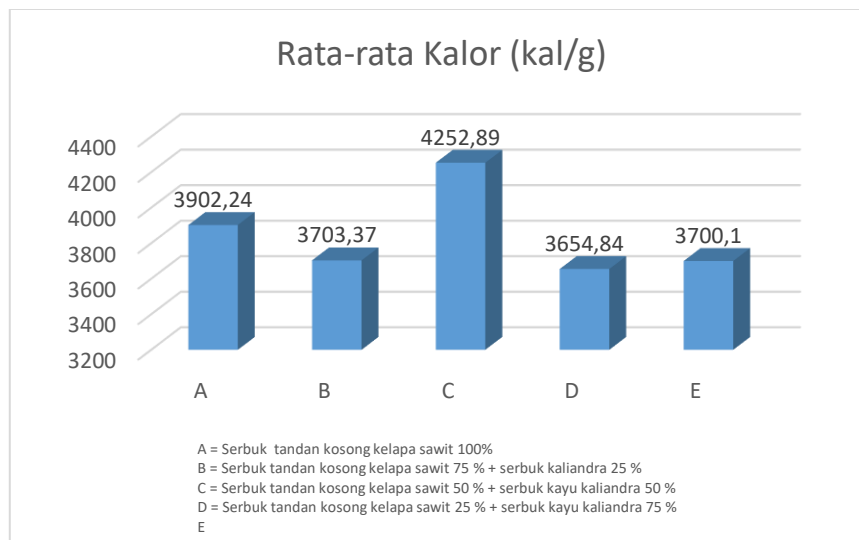
Tabel 12. Uji BNJ terhadap Karbon Terikat (%)

Perlakuan	N	Rerata				Notasi
		1	2	3	4	
E	3	42,67				A
D	3	45,33				A
C	3		58,67			B
B	3			71,33		C
A	3				88,00	D

Hasil uji Beda Nyata Jujur menunjukkan bahwa perlakuan E dengan D tidak berbeda nyata, perlakuan C dengan B berbeda nyata. Perlakuan A dengan perlakuan B berbeda nyata, sedangkan perlakuan A dengan E berbeda sangat nyata.

Kalor

Nilai kalor yang dihasilkan berkisar (3654,83 kal/g - 4252,88 kal/g) pada perlakuan A,B,D,E nilai kalor tidak memenuhi SNI 8021 : 2014 sedangkan nilai kalor pada perlakuan C memenuhi standar SNI 8021 : 2014 yang mensyaratkan nilai kalor sebesar >4.000 kal/g.



Gambar 6. Grafik Nilai Kalor

Nilai kalor dipengaruhi oleh beberapa parameter biopellet antara lain densitas, kadar abu, dan kadar air. Nilai kalor yang tinggi disebabkan oleh kepadatan bio pellet yang tinggi dan kadar abu yang rendah, dibuktikan pada tiga nilai kalor tertinggi di perlakuan A 3902,24kal/g, B 3703,37 kal/g, dan C

4252,89kal/g memiliki nilai kerapatan pada perlakuan A 0,5179 g/cm³, B 0,5618 g/cm³ dan C 0,6339 g/cm³, serta nilai kadar abu perlakuan A 1%, B 7%, C 10,33% (dapat dilihat pada Tabel 4). Selanjutnya dilakukan uji anova terhadap nilai kalor biopellet yang disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Uji Anova terhadap Nilai Kalor (%)

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5%	1%	
Perlakuan	4	740520,412	185130,1	15,866	**	3,478	5,994	0,000
Galat	10	116685,653	11668,57					
Total	14	857206,064						

Keterangan: H₀ = Tidak ada pengaruh yang nyata terhadap pemberian perlakuan
 H₁ = Terdapat pengaruh yang nyata terhadap pemberian perlakuan

Berdasarkan Hipotesis bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya kalor pada biopelet tandan kosong kelapa sawit dengan campuran serbuk kayu kaliandra berbeda sangat nyata, pada taraf 95% maupun 91% yang dibuktikan

oleh nilai F_{HITUNG} (15,866) > F_{TABEL} (3,478 dan 5,994). Dikarenakan terdapat pengaruh sangat nyata secara signifikan maka dilakukan pengujian lanjutan menggunakan Uji BNP dengan taraf KK 2,81%, yang disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Uji Lanjutan BNP terhadap Nilai Kalor (%)

Perlakuan	N	Rerata		Notasi
		1	2	
D	3	3654,84		A
E	3	3700,10		A
B	3	3703,37		A
A	3	3902,24		A
C	3		4252,89	B

Hasil uji Beda Nyata Jujur diperoleh bahwa perlakuan A, B, D, tidak berbeda nyata. Sedangkan perlakuan A, B, D, E dengan perlakuan C berbeda nyata.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil analisa kualitas biopelet dari campuran serbuk kayu kaliandra dengan tandan kosong kelapa sawit bahwa kadar air yang diperoleh dari penelitian ini yaitu (8,33-10,33%) seluruh perlakuan telah memenuhi SNI $\leq 12\%$. Hasil pengujian kerapatan yang didapat (0,5179-0,7251g/cm³) seluruh perlakuan belum memenuhi SNI yang mensyaratkan >0,8 g/cm³. Hasil yang diperoleh dari pengujian kadar abu (1-26%) menunjukkan hanya perlakuan A yang memenuhi standar SNI yang mensyaratkan <1,5. Hasil yang diperoleh dari pengujian zat terbang yaitu (1-27,33%) memenuhi standar SNI mensyaratkan <80. Hasil dari nilai karbon terikat (42,67-88%) seluruhnya memenuhi standar SNI yang mensyaratkan maksimal 14%. Hasil dari pengujian nilai kalor hanya perlakuan C 4252,89kal/g yang masuk standar SNI mensyaratkan nilai kalor lebih besar dari 4.000 cal/g. Nilai kalor yang tinggi disebabkan oleh kepadatan biopelet yang tinggi dan kadar abu yang rendah. Nilai densitas yang tinggi mempengaruhi berkurangnya nilai kadar air akibat adanya tekanan pada lubang,rendahnya kadar air dapat meningkatkan nilai kalor.

Saran

Perlu penelitian lanjutan dengan perlakuan komposisi perekat yang berbeda dan menggunakan alat press hidrolik agar menghasilkan kekuatan pres yang lebih besar dari menggunakan press manual, agar dapat menghasilkan biopelet yang sesuai dan memenuhi standar SNI 8021:2014.

DAFTAR PUSTAKA

- Dayamanti R., Lusiana N., Prasetyo J., 2017. Studi Pengaruh Ukuran Partikel Dan Penambahan Perekat Tapioka Terhadap Karakteristik. Universitas Brawijaya.
- Hanafiah, KA. 2004. Rancangan Percobaan. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Pari dan Sailah. 2001. Pembuatan Arang Aktif Dari Sabut Kelapa Sawit Dengan Bahan Pengaktif NH_4HCO_3 dan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ Dosis Rendah. Jurnal Penelitian Hasil Hutan Bogor. Vol. 19 No 4 : 231-244.
- 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.
- Rahman. 2011. Uji keragaan biopelet dari biomassa limbah sekam padi (*Oryza sativa* sp.) sebagai bahan bakar alternatif terbarukan. Fateta, IPB, Bogor, Jurnal Rekayasa Mesin 4(3): 199-203.

