



**KARAKTERISTIK BIOPELLET DARI CAMPURAN LIMBAH CANGKANG
KEMIRI (*Aleurites moluccana*) DENGAN SERBUK KAYU JATI (*Tectona grandis* Linn)**

*Characteristics of Biopellet From Mixture of Candlenut (*Aleurites moluccana*) Shell Waste With
Teak Wood Powder (*Tectona grandis* Linn)*

Ilham Muziburrahman¹, Hairil Anwar¹, Andi Tri Lestari^{1*}

¹ Jurusan Kehutanan, Universitas Mataram

*e-mail: atlestari@unram.ac.id

Abstract

Biopellets are one of the alternative energies from biomass. The purpose of this study was to determine the physical properties and quality of biopellets from the combination of hazelnut shell raw materials and teak sawdust. The highest density was obtained in A4B4 treatment of 0.42 gr/cm³ and the lowest in A5B5 treatment of 0.26 gr/cm³. The highest water content of A3B3 treatment was 0.23% and the lowest in A1B1 treatment was 0.13%. The highest ash content of A1B1 treatment was 12.98% and the lowest was A4B4 treatment 5.28%. The highest level of flying substance A2B2 treatment was 32.73% and the lowest A4B4 treatment was 27.99%. The highest bound carbon in A4B4 treatment was 66.59% and the lowest in A1B1 treatment was 55.50%. The highest calorific value of A2B2 treatment is 17.85 MJ/Kg and the lowest is A1B1 treatment 17.21 MJ/Kg.

Keywords: biopellet, candlenut shell, physical properties, quality, teak wood powder

Abstrak

Biopellet merupakan salah satu energi alternatif dari biomassa. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui sifat fisis dan kualitas biopellet dari kombinasi bahan baku cangkang kemiri dan serbuk kayu jati. Diperoleh kerapatan tertinggi pada perlakuan A4B4 0,42 gr/cm³ dan terendah pada perlakuan A5B5 sebesar 0,26 gr/cm³. Kadar air tertinggi perlakuan A3B3 0,23% dan terendah pada perlakuan A1B1 0,13%. Kadar abu tertinggi perlakuan A1B1 12,98% dan terendah perlakuan A4B4 5,28%. Kadar Zat Terbang tertinggi perlakuan A2B2 32,73% dan terendah perlakuan A4B4 27,99%. Karbon terikat tertinggi pada perlakuan A4B4 66,59% dan terendah perlakuan A1B1 55,50%. Nilai kalor tertinggi perlakuan A2B2 17,85 MJ/Kg dan terendah perlakuan A1B1 17,21 MJ/Kg.

Kata Kunci: biopellet, cangkang kemiri, sifat fisik, kualitas, serbuk kayu jati

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kekayaan sumber daya alam berupa gas bumi dan energi fosil, akan tetapi energi fosil mengalami penurunan akibat pola penggunaan masyarakat yang konsumtif. Menurut Sidiq (2017) penggunaan energi fosil pertahunnya sampai dengan 7% melebihi penggunaan energi dunia yang hanya sebesar 2,6%. Selain itu penggunaan energi fosil berdampak negatif terhadap

lingkungan (Qadry *et al.*, 2018). Mengingat energi merupakan faktor penting dalam pembangunan berkelanjutan (Khan *et al.*, 2020). Maka dibutuhkan salah satu energi alternatif untuk mengganti peran energi fosil.

Biomassa merupakan salah satu dari sumber energi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan. Akan tetapi biomassa memiliki kelemahan yaitu nilai kerapatan yang rendah, guna meningkatkan



nilai kerapatan biomassa, mengurangi penyimpanan dan memperbaiki kualitas pembakarannya maka perlu diolah menjadi produk berupa biopellet (Prabawa dan Miyono, 2017).

Cangkang kemiri merupakan limbah biomassa yang belum dikembangkan secara optimal. Pertahunnya produksi kemiri di Indonesia mencapai 100,700 ton dan menghasilkan limbah cangkang sebesar 66,1% (Mistar *et al.*, 2023). Cangkang kemiri memiliki kandungan lignin, pentose, dan holoselulose (Dewi dan Huda, 2018).

Selain cangkang kemiri limbah biomassa yang masih belum dimanfaatkan secara optimal yaitu serbuk kayu jati. Menurut (Mutiara *et al.*, 2016) terdapat 0,78 juta m³/tahun limbah serbuk kayu gergaji yang dihasilkan. Serbuk gergaji kayu jati memiliki kandungan selulosa, hemilosa dan lignin (Zubaidah *et al.*, 2017).

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan diatas, maka dalam penelitian ini dicoba pemanfaatan limbah cangkang kemiri dan serbuk kayu jati menjadi biopellet. Tujuan dari pada penelitian ini guna mengetahui sifat fisis dan kualitas biopellet yang dihasilkan dari kombinasi limbah cangkang kemiri dan serbuk kayu jati. Pemilihan kombinasi mengacu pada (Al Qadry *et al.*, 2018) yang dimana presentasi yang digunakan sebesar 100%:0, 0%:100%, 75%:25%, 25%:75 dan 50%:50%. Sehingga diharapkan dapat meningkatkan nilai ekomis dan mengurangi penumpukan limbah dari kedua jenis biomassa tersebut.

METODE PENELITIAN

Pengambilan limbah cangkang kemiri bertempat di Pancor Dao, Desa Ai'k Darek, Kecamatan Batu klang, Kabupaten Lombok Tengah dan serbuk gergaji kayu jati di Desa Tonda, Kecamatan Madapangga, Kabupaten Bima. Pengujian biopellet dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan (THH), Lab. Kimia dan Biokimia Pangan, dan Lab. Bio-Proses Universitas Mataram. Adapun bahan baku yang dimanfaatkan antara lain yaitu limbah cangkang kemiri, limbah serbuk kayu jati dan molasses dengan konsentrasi 10%. Adapun alat yang digunakan antara lain alat cetak biopellet, bomb calorimeter, blender, carbolite furnace, cawan porselin, desikator, jangka sorong, kompor portable, oven, ayakan, dan timbangan digital.

Proses Pembuatan Biopellet

Bahan baku limbah cangkang kemiri dan serbuk kayu jati terlebih dahulu dihaluskan menggunakan blender, bahan baku yang sudah dihaluskan selanjutnya diayak menggunakan ayakan sortiran lolos 40 mesh tertahan 60 mesh Winata, (2013). Bahan baku yang telah diayak kemudian dicampur dengan perekat molasses konsentrasi perekat yang digunakan mengacu pada (Nurhilal dan Suryaningsih, 2018) dimana konsentrasi yang digunakan sebesar 10%. Proses selanjutnya yaitu pencetakan bahan baku menjadi biopellet menggunakan alat pellet.

Parameter Pengujian Biopellet

Pengujian sifat fisis dan kualitas biopellet mengacu pada SNI 8675:2018 meliputi:

1. Nilai Kerapatan

Nilai kerapatan menurut SNI 8675:2018 adalah minimal 0,60 gr/cm³.



Untuk menentukan nilai kerapatan biopellet dapat menggunakan rumus:

$$\text{Kerapatan (\%)} = \frac{\text{Massa biopellet (gr)}}{\text{Volume biopellet (cm}^3\text{)}} \times 100\%$$

2. Nilai Kadar Air

Nilai kadar air menurut SNI 8675:2018 adalah maksimal 10%. Untuk menentukan nilai kadar air biopellet dapat menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Air(\%)} = \frac{\text{Massa Awal(M}_0\text{)} - \text{Massa Akhir(M)}}{\text{Massa Akhir(M)}} \times 100\%$$

3. Nilai Kadar Abu

Nilai kadar abu menurut SNI 8675:2018 maksimal 5%. Untuk menentukan nilai kadar abu biopellet dapat menggunakan rumus:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{W_o - W}{W_{dso}} \times 100\%$$

W_o= berat cawan + berat sampel

W= berat abu + berat cawan

W_{dso}= berat sampel sebelum digabungkan.

4. Nilai Kadar Zat Terbang

Nilai kadar zat terbang menurut SNI 8675:2018 adalah maksimal 75%. Untuk menentukan nilai kadar zat terbang biopellet dapat menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Zat Terbang (KZT) (\%)} = \frac{B - C}{W} \times 100\%$$

B= berat sampel sesudah pengujian kadar air

C= berat sampel sesudah dipanaskan dalam tanur

W= berat sampel sebelum pengujian kadar air

5. Nilai Kadar Karbon Terikat

Nilai kadar karbon terikat menurut SNI 8675:2018 adalah minimal 14%. Untuk menentukan nilai kadar karbon terikat biopellet dapat menggunakan rumus:

$$\text{FC\%} = 100\% - (\text{kadar air\%} + \text{kadar abu\%} + \text{KZT\%})$$

6. Nilai Kalor

Nilai kalor menurut SNI 8675:2018 adalah minimal 16,5 MJ/kg. Untuk menentukan nilai kalor biopellet diuji menggunakan *Oxygen Bomb Calorimeter* dengan nomor seri IKA C5003 Control.

Rancangan Percobaan

Metode rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini yaitu jenis Rancangan Acak Lengkap (RAL) *non factorial* dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan sehingga menghasilkan kombinasi 15 sampel. Adapun rancangan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan penelitian (Research design)

Faktor	Perlakuan	Ulangan		
		1	2	3
F	A1B1	A1B1U1	A1B1U2	A1B1U3
	A2B2	A2B2U1	A2B2U2	A2B2U3
	A3B3	A3B3U1	A3B3U2	A3B3U3
	A4B4	A4B4U1	A4B4U2	A4B4U3
	A5B5	A5B5U1	A5B5U2	A5B5U3

Sumber: Data Primer (2023).

Keterangan:

F = Komposisi

U = Ulangan

A = Cangkang Kemiri

B = Serbuk Gergaji Kayu Jati

A1B1 = Biopellet dengan komposisi 75% cangkang kemiri dengan 25% serbuk gergaji kayu jati

A2B2 = Biopellet dengan komposisi 50% cangkang kemiri dengan 50% serbuk gergaji kayu jati

A3B3 = Biopellet dengan komposisi 25% cangkang kemiri dengan 75% serbuk gergaji kayu jati

A4B4 = Biopellet dengan komposisi 100% cangkang kemiri

A5B5 = Biopellet dengan komposisi 100% serbuk gergaji kayu jati

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Kerapatan (*Densitas*)

Hasil perhitungan mengenai kerapatan (gr/cm^3) menunjukkan perbandingan antara berat volume biopellet kombinasi cangkang kemiri dan serbuk kayu jati, nilai kerapatan biopellet dapat mempengaruhi nilai kalor seta laju pembakaran yang dihasilkan. Hasil

pengujian nilai kerapatan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian nilai kerapatan (*Density test results*)

Perlakuan	Ulangan			Rata-rata gr/cm ³	SNI	Keterangan
	1	2	3			
A1B1	0,40	0,38	0,43	0,40	Min. 0,60 gr/cm ³	Tidak Memenuhi
A2B2	0,41	0,40	0,41	0,41		Tidak Memenuhi
A3B3	0,35	0,31	0,34	0,33		Tidak Memenuhi
A4B4	0,42	0,40	0,44	0,42		Tidak Memenuhi
A5B5	0,24	0,29	0,24	0,26		Tidak Memenuhi
Rata-rata (gr/cm ³)						
SNI 8675:2018						

Sumber: Data Primer (2023).

Berdasarkan Tabel 2, menunjukkan nilai kerapatan biopellet dari penelitian ini berkisar sekitar 0,26 gr/cm³ - 0,42 gr/cm³. Biopellet dengan nilai kerapatan terendah terdapat pada perlakuan A5B5 menggunakan komposisi serbuk gergaji kayu jati 100% memiliki rata-rata 0,26 gr/cm³. Sedangkan yang tertinggi terdapat pada perlakuan A4B4 menggunakan komposisi cangkang kemiri 100% memiliki rata-rata 0,42 gr/cm³. Dengan penambahan konsentrasi serbuk kayu jati dapat menurunkan nilai kerapatan yang dihasilkan apabila jika dibandingkan dengan biopellet dari kombinasi 100% cangkang kemiri. Hal ini disebabkan oleh massa jenis dari kedua bahan baku berbeda. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Istiani *et al.*, (2021) hasil penelitian ini tidak berbeda jauh yang dimana nilai kerapatan yang diperoleh rata-rata 0,23 gr/cm³ - 0,36 gr/cm³ dengan komposisi limbah cangkang kemiri, serbuk gergaji dan limbah batang sagu.

Jika mengacu pada SNI 8675:2018 yang dipersyaratkan, kerapatan biopellet

untuk skala rumah tangga min. 0,60 gr/cm³, sehingga semua nilai kerapatan biopellet pada penelitian ini tidak memenuhi SNI. Hal yang mempengaruhi rendahnya nilai kerapatan disebabkan oleh gesekan dan tekanan pada alat pencetak dengan semakin kuatnya tekanan maka biopellet yang dihasilkan semakin rapat. Hal ini diperkuat oleh Damayanti *et al.*, (2017) faktor utama yang dapat mempengaruhi nilai kerapatan biopellet terjadi ialah rendahnya tekanan pada saat pengepresan. Guna melihat adanya pengaruh kombinasi bahan baku terhadap kerapatan biopellet maka perlu dilakukan uji anova dengan taraf kepercayaan sebesar 5%. Adapun hasil uji anova terdapat pada Tabel 3.

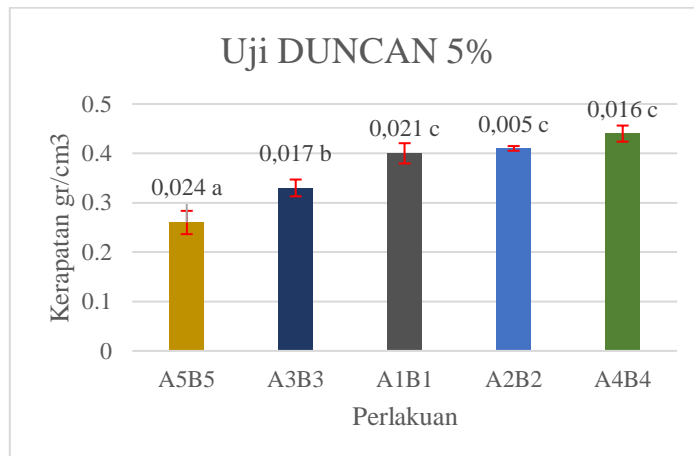
Tabel 3. Hasil analisis ANOVA nilai kerapatan (*Density ANOVA analysis results*)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Db	Rata-rata kuadrat	F-hitung	Sig
Perlakuan	0.057	4	0.014	*	0.001
Galat	0.005	10	0.000		
Total koreksi	0.062	14			

Sumber: Data Primer (2023)

Tabel 3 menunjukkan bahwa adanya perbedaan nyata antara perlakuan ditandai dengan nilai signifikansi $0,001 < 0,05$. Maka uji lanjut Duncan perlu dilakukan. Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan faktor kombinasi bahan baku menunjukkan notasi berbeda pada semua perlakuan. Ditandai dengan perlakuan A5B5 bernotasi a atas A3B3

bernotasi b, perlakuan A3B3 bernotasi b atas A1B1, A2B2, dan A4B4 bernotasi c, kemudian perlakuan A5B5 bernotasi a atas A1B1, A2B2, dan A4B4 bernotasi c. Sedangkan pada perlakuan A1B1, A2B2 dan A4B4 tidak terdapat perbedaan nyata. Nilai kearpapatan yang dihasilkan akan berdampak pada kualitas fisik dan kualitas biopellet.



Gambar 1. Hasil uji lanjut Duncan pada nilai kerapatan (*Duncan test results on density*)

Biopellet yang memenuhi SNI 8675:2018 yang dipersyaratkan dapat meningkatkan kualitas biopellet dihasilkan. Hal ini diperkuat oleh (Adapa *et al.*, 2009 *cit* Winata, 2013) bahwa nilai kerapatan perlu untuk diketahui karena berdampak pada kualitas biopellet. Karena biopellet dengan kualitas

memenuhi standar dapat memudahkan proses penanganan, transportasi dan penyimpanan.

Kadar Air (*Moisture*)

Kualitas biopellet dipengaruhi oleh kadar air, cangkang kemiri kadar air awal sebesar 3.82% (Efendiet *al.*, 2016). Sedangkan Salim (2016) mengatakan



kadar air air awal sebesar 3,63%-4,53% dengan rata-rata 3,93%. Hasil pengujian

nilai kadar air biopellet dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian nilai kadar air (Water content test results)

Perlakuan	Ulangan			Rata-rata (%)	SNI	Keterangan
	1	2	3			
A1B1	0,13	0,11	0,16	0,13	Maks. 10%	Memenuhi
A2B2	0,19	0,11	0,22	0,17		Memenuhi
A3B3	0,16	0,10	0,44	0,23		Memenuhi
A4B4	0,12	0,19	0,14	0,15		Memenuhi
A5B5	0,14	0,15	0,13	0,14		Memenuhi
Rata-rata (%)						
SNI 8675:2018						

Sumber: Data Primer (2023)

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan nilai kadar air biopellet yang dihasilkan berkisar sekitar 0,13% - 0,23%. Diperoleh nilai kadar air terendah sebesar 0,13% pada perlakuan A1B1. Sedangkan nilai kadar air tertinggi sebesar 0,23% pada perlakuan A3B3. Nilai kadar air biopellet yang tinggi dapat mengakibatkan proses pembakaran lambat dan suhu temperatur pembakaran menurun (Djeni, 2012). Menurut (Lestander *et al.*, 2012) nilai kadar air berpengaruh terhadap kualitas biopellet jika dibandingkan dengan kombinasi bahan baku itu sendiri.

Jika mengacu pada SNI 8675:2018 nilai kadar air untuk biopellet rumah tangga maksimal 10%. Hasil menunjukan bahwa kadar air pada penelitian ini telah

memenuhi standar. Apabila jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan Ghiffar, (2022) kadar air biopellet yang dihasilkan antara 5,44% - 11,11%. Serta hasil penelitian Prasetyo, (2022) memiliki rata-rata kadar air biopellet antara 3,03% - 4,25% hasil yang didapatkan berbedah jauh. Faktor yang mempengaruhi kadar air tinggi salah satunya yaitu penambadahan air dan perekat pada proses 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.

Tabel 5. Hasil Analisis ANOVA Kadar Air (Results of ANOVA Analysis of Water Content)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Rata-rata kuadrat	F-hitung	Sig
Perlakuan	0,20	4	0,005	<i>tn</i> ,	0,642
Galat	0,76	10	0,008		
Total koreksi	0,96	14			

Sumber: Data Primer 2023

Guna melihat adanya pengaruh kombinasi bahan baku terhadap kadar air biopellet maka perlu dilakukan uji anova dengan taraf kepercayaan sebesar 5%.

Adapun hasil uji anova terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata antara



perlakuan ditandai dengan nilai signifikansi $0,642 > 0,05$ sehingga tidak diperlukan uji lanjut Duncan.

Tabel 6. Hasil pengujian kadar abu (Ash content test results)

Perlakuan	Ulangan (%)			Rata-rata (%)	SNI	Keterangan
	1	2	3			
A1B1	12,94	13,09	12,90	12,98	Maks. 5%	Tidak Memenuhi
A2B2	8,90	10,00	9,10	9,33		Tidak Memenuhi
A3B3	5,92	7,02	6,55	6,50		Tidak Memenuhi
A4B4	6,72	5,12	3,98	5,28		Tidak Memenuhi
A5B5	3,68	7,40	12,01	7,70		Tidak Memenuhi
Rata-rata (%)						
SNI 8675:2018						

Sumber: Data Primer (2023)

Nilai Kadar Abu (Ash)

Kadar abu terdiri dari komponen utama seperti kalsium, magnesium, potassium dan silika, kadar abu dihasilkan dari proses pembakaran yang tidak memiliki unsur karbon dan nilai kalor (Christanty, 2014). Hasil pengujian nilai kadar abu biopellet dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan nilai kadar abu biopellet yang dihasilkan berkisar sekitar 5,28% - 12,98%. Diperoleh nilai kadar abu terendah sebesar 5,28% pada perlakuan A4B4, sedangkan nilai kadar abu tertinggi sebesar 12,98% pada perlakuan A1B1. Jika mengacu pada SNI 8675:2018 nilai kadar abu untuk biopellet untuk rumah tangga maksimal 5% hasil menunjukan bahwa kadar abu pada penelitian ini tidak memenuhi standar. Hasil yang didapatkan tidak

berbeda jauh jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan Damayanti *et al.*, (2017) dimana diperoleh nilai kadar abu sebesar 8,5% - 12,23%. Tinggi rendahnya kadar abu dapat di pengaruhi oleh jenis biomassa yang digunakan serta komponen penyusun, silika merupakan komponen yang berperan penting untuk mempengaruhi nilai kadar abu biopellet karena mengandung abu terbang (*fly ash*). Hal ini diperkuat oleh Sari (2009) *cit* Hasna *et al.*, (2019) yang menyatakan kandungan mineral bahan seperti N, P, K, Ca, Mg, dan S dapat mempengaruhi nilai kadar abu biopellet. Biopellet dengan kadar abu yang tinggi memiliki kualitas yang buruk ini menyebabkan panas dari hasil pembakaran semakin menurun disebabkan karena adanya penumpukan abu yang tidak dapat terbakar.

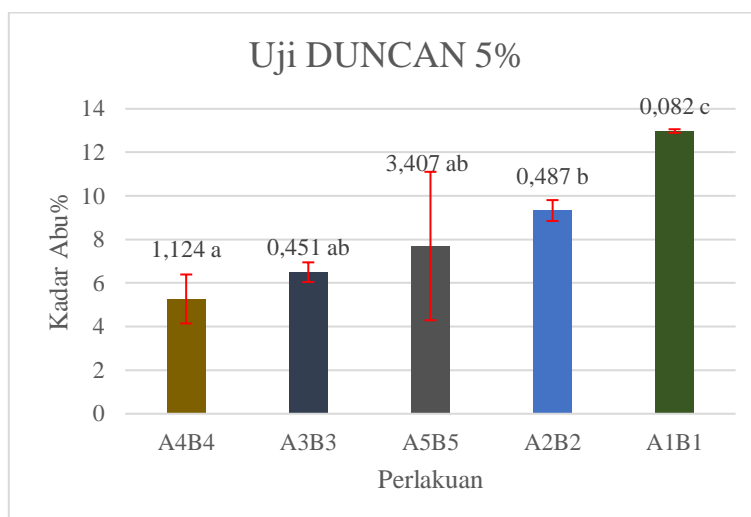
Tabel 7 Hasil Analisis ANOVA Nilai Kadar Abu (Results of ANOVA Analysis of Ash Content)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Rata-rata kuadrat	F-hitung	Sig
Perlakuan	107.101	4	26.775	*	0.007
Galat	39.932	10	3.993		
Total koreksi	147.033	14			

Sumber: Data Primer (2023)

Guna melihat adanya pengaruh kombinasi bahan baku terhadap kadar abu biopellet maka perlu dilakukan uji anova dengan taraf kepercayaan sebesar 5%. Adapun hasil uji anova terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7 menunjukkan bahwa adanya perbedaan nyata antara perlakuan ditandai dengan nilai signifikansi $0,001 < 0,05$. Maka uji lanjut Duncan perlu dilakukan.



Gambar 2. Hasil Uji Lanjut Duncan Kadar Abu (*Duncan's Advanced Test Results For Ash Content*)

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan faktor kombinasi bahan baku menunjukkan notasi berbeda pada semua perlakuan. Ditandai dengan perlakuan A4B4 bernotasi a dengan perlakuan A3B3 dan A5B5 bernotasi ab, perlakuan A4B4 bernotasi a dengan perlakuan A2B2 bernotasi b, perlakuan A4B4 bernotasi a dengan perlakuan A1B1 bernotasi c. Sedangkan pada perlakuan A3B3 terhadap perlakuan A5B5 tidak berbeda nyata. Artinya antar perlakuan tersebut menghasilkan kadar abu biopellet yang berbeda secara signifikan. Pada faktor kombinasi bahan baku, dengan di tambahkannya serbuk kayu jati pada biopellet dapat meningkatkan nilai kadar abu terlihat dari nilai rata-ratanya yang lebih tinggi. Bila dibandingkan dengan biopellet

dengan kombinasi cangkang kemiri memiliki kadar abu yang paling rendah terlihat dari nilai rata-ratanya yang lebih rendah dibandingkan kombinasi lainnya.

Nilai Kadar Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Biopellet dengan kadar zat terbang yang tinggi dapat mempengaruhi efisiensi pembakaran dan dapat menimbulkan asap pada saat proses pembakaran, sebaliknya biopellet dengan kadar zat terbang yang rendah dapat meningkatkan efisiensi pembakaran pada proses pembakaran sedikit menimbulkan asap. Menurut (Latief dan Susila, 2015) yang menyatakan proses karbonisasi dapat berpengaruh terhadap komponen zat terbang dari bahan dan karbon tetap



tertinggal dalam bahan. Hasil pengujian nilai kadar zat terbang biopellet dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Nilai Kadar Zat Terbang (Results of Testing for Volatile Substance Levels)

Perlakuan	Ulangan (%)			Rata-rata (%)	SNI	Ket.
	1	2	3			
A1B1	37,43	14,98	41,77	31,39	Maks. 75%	Memenuhi
A2B2	33,46	33,15	31,57	32,73		Memenuhi
A3B3	25,50	32,76	31,72	29,99		Memenuhi
A4B4	27,76	27,60	28,61	27,99		Memenuhi
A5B5	29,59	33,71	33,05	32,12		Memenuhi
Rata-rata (%)						
SNI 8675:2018						

Sumber: Data Primer (2023)

Berdasarkan Tabel 8 menunjukkan nilai kadar zat terbang biopellet yang dihasilkan berkisar sekitar 27,99% - 32,73%. Diperoleh nilai kadar zat terbang terendah sebesar 27,99% pada perlakuan A4B4. Sedangkan nilai kadar zat terbang tertinggi sebesar 32,73% pada perlakuan A2B2. Jika mengacu pada SNI 8675:2018 nilai kadar zat terbang untuk biopellet untuk rumah tangga maksimal 75% hasil menunjukan bahwa kadar zat terbang pada penelitian ini memenuhi standar. Tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Lubis *et al.*, (2016) kadar zat terbang yang didapatkan 31,67-50,81% dan Efendi (2022) kadar zat terbang yang didapatkan 25,42%-26%.

Kadar zat terbang erat kaitanya dengan kadar air biopellet, karena biopellet dengan kadar air yang tinggi menyebabkan kadar zat terbang tinggi. Selain itu proses pemadatan juga dapat mempengaruhi kadar zat terbang

biopellet sehingga dapat mempengaruhi pada proses pembakaran. Karbonisasi dapat mengurangi kadar zat terbang disebabkan tidak adanya oksigen dalam proses karbonisasi sehingga menyebabkan hilangnya komponen zat terbang dari bahan baku dan karbon tetap tertinggal dalam bahan (Winata, 2013). Biopellet dengan kadar zat terbang yang tinggi memudahkan proses penyalaan dan permbakaran, Namun memiliki kelemahan yaitu asap yang dihasilkan banyak (Satmoko, 2013).

Guna melihat adanya pengaruh kombinasi bahan baku terhadap kadar air biopellet maka perlu dilakukan uji anova dengan taraf kepercayaan sebesar 5%. Adapun hasil uji anova terdapat pada Tabel 9. Tabel 9 menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata antara perlakuan ditandai dengan nilai signifikansi $0,912 > 0,05$ sehingga tidak diperlukan uji lanjut Duncan.



Tabel 9. Hasil analisis ANOVA kadar zat terbang (*Results of ANOVA analysis of volatile matter levels*)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Rata-rata kuadrat	F-hitung	Sig
Perlakuan	43,004	4	10,751	<i>tn</i>	0,912
Galat	456,778	10	45,687		
Total koreksi	499,783	14			

Sumber: Data Primer (2023)

Nilai Kadar Karbon Terikat (*Fixed Carbon*)

Karbon terikat adalah unsur karbon yang ada pada biopellet, nilai karbon terikat didapatkan setelah ditentukan nilai kadar air, nilai kadar abu, dan nilai kadar zat terbang. Hasil pengujian nilai kadar karbon terikat biopellet dapat dilihat pada Tabel 10. Berdasarkan Tabel 10 menunjukkan nilai kadar karbon terikat biopellet yang dihasilkan berkisar sekitar 55,50% - 66,59%. Diperoleh nilai kadar karbon terikat terendah sebesar 55,50 pada perlakuan A1B1. Sedangkan nilai kadar karbon terikat tertinggi sebesar 66,59% pada perlakuan A4B4.

Jika mengacu pada SNI 8675:2018 nilai kadar karbon terikat untuk biopellet untuk rumah tangga minimal 14% hasil menunjukan bahwa kadar karbon terikat pada penelitian ini memenuhi standar.

Apabila jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Efendi (2022) hasil yang didapatkan tidak berbeda jauh, dimana nilai kadar karbon terikat berkisar antara 63,56%-63,84%. Tingginya nilai kadar karbon terikat dapat dipengaruhi oleh tingginya kadar abu dan kadar zat terbang. Diperkuat oleh (Mustamu *et al.*, 2018) yang menyatakan kadar karbon terikat erat kaitanya dengan kadar zat terbang.

Tabel 10. Hasil Pengujian Nilai Kadar Karbon Terikat (*Bound Carbon Content Test Results*)

Perlakuan	Ulangan (%)			Rata-rata (%)	SNI	Ket.
	1	2	3			
A1B1	49,50	71,82	45,17	55,50	Min. 14%	Memenuhi
A2B2	57,45	56,74	59,11	57,77		Memenuhi
A3B3	68,42	60,12	61,29	63,28		Memenuhi
A4B4	65,40	67,09	67,29	66,59		Memenuhi
A5B5	66,59	58,74	54,81	60,05		Memenuhi
Rata-rata (%)						
SNI 8675:2018						

Sumber: Data Primer (2023).



Guna melihat adanya pengaruh kombinasi bahan baku terhadap kadar karbon terikat biopellet maka perlu dilakukan uji anova dengan taraf kepercayaan sebesar 5%. Adapun hasil uji anova terdapat pada Tabel 11. Tabel 11

menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata antara perlakuan ditandai dengan nilai signifikansi $0,407 > 0,05$ sehingga tidak diperlukan uji lanjut Duncan.

Tabel 11. Hasil Analisis ANOVA Kadar Karbon Terikat (*Results of ANOVA Analysis of Bound Carbon Content*)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Rata-rata kuadrat	F-hitung	Sig
Perlakuan	232,368	4	58,092	<i>tn</i>	0.407
Galat	526.477	10	52,648		
Total koreksi	758.845	14			

Sumber: *Data Primer (2023)*

Nilai Kalor (*Calori Meter*)

Penentuan kualitas utama dalam biopellet adalah nilai kalor. Menurut (Adhi *et al.*, 2018) nilai kalor merupakan panas yang dihasilkan pada proses pembakaran berupa abu, nitrogen, SO₂,

air, dan gas CO₂, dan tidak termasuk vapor atau air menguap. Pengujian nilai kalor menggunakan *Oxygen Bomb Calorimeter* dengan nomor seri alat IKA C5003 *Control*. Hasil pengujian nilai kalor dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Pengujian Nilai Kalor (*Calorific Value Test Results*)

Perlakuan	Ulangan (Mj/Kg)			Rata-rata MJ/Kg	SNI	Ket.
	1	2	3			
A1B1	17.40	17.20	17.04	17.21		Memenuhi
A2B2	17.25	18.44	17.87	17.85		Memenuhi
A3B3	18.10	16.51	17.87	17.49	Min.	Memenuhi
A4B4	17.56	17.76	17.64	17.65	16,5	Memenuhi
A5B5	17.99	17.73	17.15	17.62	MJ/Kg	Memenuhi
Rata-rata MJ/Kg						
SNI 8675:2018						

Sumber: *Data Primer (2023)*

Berdasarkan Tabel 12 menunjukkan nilai kalor biopellet yang dihasilkan berkisar sekitar 17,21 Mj/Kg – 17,85 Mj/Kg. Diperoleh nilai kalor terendah sebesar 17,21 Mj/Kg pada perlakuan A1B1, sedangkan nilai kalor tertinggi sebesar 17,85 Mj/Kg pada perlakuan A4B4. Jika mengacu pada SNI 8675:2018 nilai kalor untuk biopellet untuk rumah tangga minimal 16,5 Mj/Kg

hasil menunjukan bahwa nilai kalor pada penelitian ini memenuhi standar.

Apabila jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Istiani *et al.*, (2021) biopellet cangkang kemiri dengan campuran batang sagu didapatkan nilai kalor sebesar 16.88 Mj/Kg - 17.92 MJ/Kg tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian ini. Akan tetapi jika dibandingkan dengan hasil



penelitian Prasetyo, (2022) hasil yang didapatkan berbedah jauh dimana biopellet dengan komposisi 100% sekam

padi menghasilkan nilai kalor sebesar 14,59 Mj/Kg.

Tabel 13. Hasil Analisis ANOVA Nilai Kalor (*Calorific Value Test Results*)

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Rata-rata kuadrat	F-hitung	Sig
Perlakuan	0.669	4	0.167	<i>tn</i>	0.650
Galat	2.641	10	0.264		
Total koreksi	3.310	14			

Sumber: Data Primer (2023)

Biopellet dengan nilai kalor yang tinggi dihasilkan dari dari biopellet dengan kadar air rendah dan kerapatan yang tinggi (Yanti, 2013). Karena panas yang dihasilkan pada biopellet terlebih dahulu digunakan untuk mengeluarkan air yang terkandung pada biopellet sebelum kemudian menghasilkan panas yang dapat dipergunakan sebagai panas pembakaran.

Guna melihat adanya pengaruh kombinasi bahan baku terhadap nilai kalor biopellet maka perlu dilakukan uji anova dengan taraf kepercayaan sebesar 5%. Adapun hasil uji anova terdapat pada Tabel 13.

Tabel 13 menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata antara perlakuan ditandai dengan nilai signifikansi $0,650 > 0,05$ sehingga tidak diperlukan uji lanjut Duncan.

KESIMPULAN

Dapat ditarik kesimpulan bahwa perlakuan A1B1 diperoleh kerapatan $0,40 \text{ gr/cm}^3$, kadar air 0,13%, kadar abu 12,98%, kadar zat terbang 31,39%, kadar karbon terikat 55,50%, dan nilai kalor 17,21 Mj/Kg. Perlakuan A2B2 diperoleh kerapatan $0,41 \text{ gr/cm}^3$, kadar air 0,17%, kadar abu 9,33%, kadar zat terbang 32,73%, kadar karbon terikat 57,77%, dan nilai kalor 17,85 Mj/Kg. Perlakuan A3B3 diperoleh kerapatan

$0,33 \text{ gr/cm}^3$, kadar air 0,23%, kadar abu 6,50%, kadar zat terbang 29,99%, kadar karbon terikat 63,28%, dan nilai kalor 17,49 Mj/Kg. Perlakuan A4B4 diperoleh kerapatan $0,42 \text{ gr/cm}^3$, kadar air 0,15%, kadar abu 5,28%, kadar zat terbang 27,99%, kadar karbon terikat 66,59%, dan nilai kalor 17,65 Mj/Kg. Perlakuan A5B5 diperoleh kerapatan $0,26 \text{ gr/cm}^3$, kadar air 0,14%, kadar abu 7,70%, kadar zat terbang 32,12%, kadar karbon terikat 60,05%, dan nilai kalor 17.62 MJ/Kg.

Pemilihan bahan baku dan proses pembuatan biopellet perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi sifat fisis dan kualitas dari biopellet yang dihasilkan. Sebaiknya menggunakan jenis bahan baku yang memiliki kandungan silika yang rendah dan menggunakan konsentrasi perekat dibawah 10% serta menggunakan daya pengempaan yang tinggi agar biopellet yang dihasilkan memiliki tingkat kerapatan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian A., Sulaeman R., & Oktorini Y. 2015. "Karakteristik Wood Pellet Dari Limbah Kayu Karet (*Hevea Brazilliensis Muell. Arg*) Sebagai Alternatif Sumber Energi Terbarukan". Jurnal Penelitian Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.



- 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., dan Prasetyo, J. 2017. Studi Pengaruh Ukuran Partikel dan Penambahan Perikat Tapioka Terhadap Karakteristik Biopellet dari Kulit Cokelat (*Theobroma cacao L.*) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. *Jurnal Teknotan* Vol.11 (1): 51-60.
- Efendi., R, Hermanto, Sungkono. 2016. “Analisis Karakteristik Briket Dari Cangkang Kemiri Sebagai Bahan Bakar Alternatif”. *Jurnal Teknik Mesin FT-UMI*. Vol. 4. No. 1.
- Ghiffari, A., A. 2022. “Sifat Fisikokimia Dan Nilai Kalor Biopellet Terbuat Dari Campuran Sabut Kelapa Dan Limbah Tepung Porang Menggunakan Mesin *Bio-Fuel Pellet* Sistem Kontinyu”. Skripsi. Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.
- Hasna, A. H., Sutapa, J. P. G., dan Irawati, D. 2019. Pengaruh Ukuran Serbuk dan Penambahan Tempurung Kelapa Terhadap Kualitas Pelet Kayu Sengon. *Jurnal Ilmu Kehutanan* Vol.13: 170-180
- Istiani W., Evi S., dan Sonia S. 2021. “Biopellet Dari Limbah Cangkang Kemiri (*Aleurites Moluccana*) Dengan Campuran Biomassa Limbah Batang Sagu (*Metroxylon Sagu*) Dan Serbuk Gergaji Sebagai Sumber Energi Alternatif”.
- Wahana *Forestra: Jurnal Kehutanan* Vol. 16 No. 02.
- Khan, H., Khan, I., & Binh, T. T. (2020). *The heterogeneity of renewable energy consumption, carbon emission and financial development in the globe: A panel quantile regression approach*. *Energy Reports*, 859-867.
- Latief, Ahmad; & Susila, I Wayan. 2015. Pemanfaatan Bungkil dan Kulit Biji Karet Sebagai Bahan Bakar Alternatif Biobriket dengan Perikat Tetes Tebu. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya* 03(03): 7-15.
- Lubis, A.,S, Romli, M, Yani, M, Pari,G. 2016. “Mutu Biopellet Dari Bagas, Kulit Kacang Tanah Dan Pod Kakao”. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 26 (1): 77-86. Institut pertanian Bogor.
- Mahdie M.F, Subari D., Sunardi, Ulfah D. 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*. 4(3).
- Mustamu, S., Hermawan, D., & Pari, G. (2018). Karakteristik biopellet Dari limbah padat kayu putih dan gondorukem. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(3), 191-204.
- Prasetyo, D. M. 2022. karakteristik Sifat Fisis Biopellet Dari Bahan Sekam Padi dan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandis Linn. F.*). Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram.
- Satmoko M. E. A., Saputro D. D., Budiyo A., 2013. Karakterisasi Briket dari Limbah Pengolahan



- Kayu Sengon dengan Metode Cetak Panas. *Journal of Mechanical Engineering*, 2(1).
- Sidiq, M.H. 2017. Karakteristik Briket Arang dari Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*) dan Ulin (*Eusideroxylon zwageri*). Bogor. Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Winata A. 2013. Karakteristik Biopellet dari Campuran Serbuk Kayu Sengon dengan Arang Sekam Padi sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. Skripsi. Bogor : IPB
- Zulfian, F. D., Setyawati, D., dan Nurhaida, R. E. 2015. "Kualitas Biopellet dari Limbah Batang Kelapa Sawit Pada Berbagai Ukuran Serbuk dan Jenis Perekat". *Jurnal Hutan Lestari* 3(2) : 208–216.
- Qadry A. G. M., Saputro D. D., dan Widodo D. R. 2018. Karakteristik Dan Uji Pembakaran Biopellet Campuran Cangkang Kelapa Sawit Dan Serbuk Kayu Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Vol. 16 (2): Hal 177-178.
- Mutiara, T. Fajri, R. Nurjannah, I. 2016. Karakterisasi karbon aktif dari serbuk Kayunangka limbah industri penggergajian dan evaluasi kapasitas penyerapan dengan methylene blue number. *Tenoin*, 22(6), 452–460.
- Zubaidah. S, Khaldun. I, Hanum. L. 2017. Uji daya serap serbuk gergaji kayu pinus (*Pinus mercurii*) terhadap logam timbal (II) menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (SSA). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Kimia (JIMPK)*. 2(2), 107-166).
- Prabawa, I. D. G. P., dan Miyono, M. 2017. Mutu Biopellet dari Campuran Cangkang Buah Karet dan Bambu Ater (*Gigantochloa atter*) (The Quality of Biopellet from Rubber Seed Shell and Ater Bamboo (*Gigantochloa atter*)).
- Nurhilal, O. Suryaningsih, S. 2018. Pengaruh Komposisi Campuran Sabut dan Tempurung Kelapa terhadap Nilai Kalor Biobriket dengan Perekat Molases. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 2 (1): Hal 8-14.