

**KARAKTERISTIK BIOPELET DARI BAHAN TEMPURUNG KELAPA  
(*Cocos nucifera*) DAN SERBUK KAYU JATI (*Tectona grandis*)  
DENGAN MENGGUNAKAN PEREKAT TAPIOKA**

**Ersa Annisa<sup>1)</sup>, Fakhruzy<sup>1\*)</sup>, Susilastri<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat  
Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia  
\*e-mail: fakhruzy8@gmail.com

*Abstract*

*Biopellets are solid products made from biomass in the form of small cylinders of uniform size that are used as alternative fuels. This study aims to evaluate the characteristics of biopellets made from a mixture of coconut shells and teak wood powder using tapioca as a binder, as well as to determine the most suitable concentration and mesh size. The method used was a complete randomized design (CRD) factorial with raw material and mesh size factors (20, 40, and 60), while the adhesive concentration was set at 10%. The test parameters included density, moisture content, ash content, volatile matter, fixed carbon, and calorific value. The results showed that all treatments produced a density of  $\geq 0.8 \text{ g/cm}^3$  and a moisture content of  $\leq 12\%$ , in accordance with the SNI 8021-2014 standard. The biopellets made from a mixture of coconut shells and teak powder with a mesh size of 60 had the lowest moisture and ash content, at 7.15% and 5.45%, respectively. The teak powder mesh 40 treatment showed the highest bound carbon content (45.61%), while the highest volatile matter was obtained in teak mesh 60 (59.75%). However, not all treatments met the standards for ash content ( $\leq 1.5\%$ ) and bound carbon ( $\geq 14\%$ ). Analysis of variance showed that the type of material, mesh size, and their interaction significantly affected most of the test parameters.*

**Keywords:** *Biopellets, Coconut Shells, Teak Powder.*

*Abstrak*

Biopellet adalah produk padat dari biomassa berbentuk silinder kecil dengan ukuran seragam yang digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik biopellet yang terbuat dari campuran tempurung kelapa dan serbuk kayu jati dengan penggunaan perekat tapioka, serta menentukan konsentrasi dan ukuran mesh yang paling cocok. Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan faktor bahan baku dan ukuran mesh (20, 40, dan 60), sementara konsentrasi perekat ditetapkan sebesar 10 %. Parameter uji meliputi kerapatan, kadar air, kadar abu, zat terbang, karbon terikat, dan nilai kalor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan menghasilkan kerapatan  $\geq 0,8 \text{ g/cm}^3$  dan kadar air  $\leq 12 \%$ , sesuai standar SNI 8021-2014. Biopellet campuran tempurung kelapa dan serbuk jati dengan ukuran mesh 60 memberikan kadar air dan kadar abu terendah, masing-masing sebesar 7,15 % dan 5,45 %. Perlakuan serbuk jati mesh 40 menunjukkan kadar karbon terikat tertinggi (45,61 %), sedangkan zat terbang tertinggi diperoleh pada jati mesh 60 (59,75 %). Namun demikian, tidak semua perlakuan memenuhi standar untuk kadar abu ( $\leq 1,5 \%$ ) dan karbon terikat ( $\geq 14 \%$ ). Analisis

varians menunjukkan bahwa jenis bahan, ukuran mesh, dan interaksinya secara sangat nyata mempengaruhi sebagian besar parameter uji.

**Kata kunci:** *Biopelet, Tempurung Kelapa, Serbuk Jati,*

## PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk Indonesia tidak diimbangi dengan ketersediaan energi fosil, yang ditandai dengan penurunan signifikan konsumsi gas alam sejak 2019 (BPS, 2024). Hal ini mendorong perlunya pengembangan energi terbarukan, salah satunya biopelet berbasis limbah biomassa. Tempurung kelapa dan serbuk kayu jati merupakan bahan baku potensial biopelet karena kandungan lignin dan nilai kalor yang tinggi (Afifah, 2021; Rizanti et al., 2022). Biopelet merupakan bahan bakar padat berbentuk silinder yang diproduksi dari biomassa melalui proses tekanan tinggi, menghasilkan kadar air rendah dan nilai kalor tinggi (Abdurrahman et al., 2020; Rohmah et al., 2022). Dengan efisiensi pembakaran serta kemudahan penyimpanan dan transportasi, biopelet memenuhi standar SNI dengan kadar air  $\leq 12\%$  dan nilai kalor  $\geq 16,5$  MJ/kg. Penggunaannya yang meluas di negara maju menunjukkan potensinya sebagai energi bersih dan berkelanjutan di Indonesia. Tempurung kelapa memiliki nilai kalor hingga 19.388,05 kJ/kg (Romli et al., 2018), sedangkan serbuk kayu jati sebagai limbah penggergajian kaya akan selulosa dan lignin (Rosamah et al., 2020). Keduanya berperan dalam menciptakan biopelet berkualitas tinggi yang efisien dan ramah lingkungan (Retnawati et al., 2023).

Tempurung kelapa (*Cocos nucifera*) mempunyai kandungan karbon tinggi dan energi yang besar setelah proses karbonisasi, menghasilkan biopelet dengan pembakaran yang lebih bersih dan efisien dibanding bahan bakar konvensional. Serbuk kayu jati (*Tectona grandis*), dengan kadar air yang rendah dan nilai energi yang tinggi, juga memberikan pelet berkualitas unggul. Perikat berbasis pati seperti tepung tapioka, dalam konsentrasi sekitar 5-10% dari total campuran, meningkatkan daya ikat partikel biomassa dan menghasilkan struktur pelet yang padat dan tahan lama, sekaligus menjaga pembakaran tetap bersih dengan asap minimal. Penggunaan bahan baku limbah dan perikat murah seperti tapioka tidak hanya mendukung sumber energi terbarukan, tapi juga meningkatkan nilai tambah ekonomi dalam pengelolaan limbah biomassa.

Penelitian ini dilaksanakan sebagai respons atas meningkatnya kebutuhan energi yang diiringi keterbatasan sumber daya fosil. Pemanfaatan tempurung kelapa dan serbuk kayu jati sebagai bahan baku biopelet dipandang sebagai solusi yang logis, berkelanjutan, dan efisien dalam penyediaan energi. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan teknologi produksi biopelet yang optimal melalui penentuan konsentrasi perikat yang tepat. Dengan menggabungkan kedua jenis biomassa dan penggunaan perikat tapioka, penelitian ini

diharapkan memberi kontribusi signifikan terhadap pengembangan energi terbarukan di Indonesia.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan, yaitu dari Januari 2025 hingga Februari 2025, yang mencakup tahapan persiapan bahan baku, pengerjaan, pengujian hingga pengolahan data. Alat yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini adalah wadah untuk menampung adonan selama proses pencampuran bahan-bahan penelitian, pengaduk untuk mencampur adonan hingga homogen, timbangan digital untuk mengukur bahan-bahan penelitian, cetakan sampel ukuran cetakan berdiameter 1 cm dengan panjang 3 cm, gelas ukur untuk mengukur volume larutan atau zat cair yang dibutuhkan dengan akurasi tinggi, aluminium foil sebagai pelapis antara sampel dan cetakan, kamera untuk mendokumentasikan proses penelitian dan hasilnya, alat tulis untuk mencatat data selama penelitian berlangsung, sarung tangan untuk melindungi tangan dari kontak langsung dengan bahan-bahan yang digunakan, oven untuk perhitungan kadar air pada sampel, serta kompor listrik untuk memanaskan air yang akan dicampurkan dengan perekat. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini tepung tapioka, tempurung kelapa, serbuk kayu jati, dan aquades.

Adapun lokasi penelitian berada di Laboratorium Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

#### 1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan RAL faktorial dua faktor, yaitu perbandingan bahan (tempurung kelapa dan kayu jati) serta ukuran mesh. Uji proksimat dilakukan untuk mengetahui kadar air, kadar abu, dan nilai kalor biopellet. Setiap perlakuan diulang tiga kali sehingga diperoleh 9 unit percobaan, sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Perlakuan Perbandingan Biopellet

Sampel	Persentase Tempurung Kelapa dan Serbuk Kayu Jati (%)	Perekat (%)	Ukuran Mesh
A (tempurung kelapa)	100	10	20, 40, 60
B (serbuk kayu jati)	100	10	20, 40, 60
C (tempurung kelapa dan serbuk kayu jati)	50:50	10	20, 40, 60

Data dianalisis untuk mengetahui pengaruh komposisi bahan terhadap karakteristik biopelet berdasarkan parameter efisiensi pembakaran, kadar air, kadar abu, dan nilai kalor. Analisis ini bertujuan mengidentifikasi komposisi bahan terbaik guna menghasilkan biopelet berkualitas sesuai standar bahan bakar alternatif.

## 2. Prosedur Pembuatan Biopelet

Bahan baku yang digunakan meliputi serbuk kayu jati, tempurung kelapa, tepung tapioka, dan air. Tempurung kelapa dan serbuk kayu digiling menggunakan *hammer mill*, dikeringkan hingga kadar air <12%, lalu diayak dengan ukuran mesh 20, 40, dan 60. Perekat dibuat dari campuran tepung tapioka (10% dari berat partikel) yang dipanaskan hingga berbentuk gel, kemudian dicampurkan dengan 100 g partikel. Campuran dicetak menjadi biopelet silinder berdiameter 1,5 cm dan panjang  $\pm 6$  cm, kemudian dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam. Selanjutnya, biopelet diuji kualitasnya meliputi kadar air, kerapatan, kadar zat terbang, kadar abu, karbon terikat, dan nilai kalor.

## 3. Pengujian Karakteristik Biopelet

**3.1 Kadar Air (%)**, sampel ditimbang kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu (103  $\pm 2^\circ\text{C}$ ) selama 24 jam hingga beratnya konstan, setelah dingin sampel ditimbang. SNI 8021: 2014 mensyaratkan maksimum 12%. Kadar air dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{B1-B2}{B2} \times 100$$

Keterangan : B1 = berat awal sebelum pengeringan. B2 = berat setelah dikeringkan.

**3.2 Kadar Abu (%)**, sampel dalam cawan porselen dipanaskan pada suhu 650°C selama 5 jam, kemudian didinginkan dalam desikator hingga stabil dan ditimbang. Kadar abu dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{\text{Berat Abu}}{\text{Berat Sampel}} \times 100$$

**3.3 Kadar Zat Terbang (%)**, sampel dalam cawan porselen dipanaskan pada suhu 950°C selama 7 menit, didinginkan dalam desikator hingga stabil, lalu ditimbang. Sesuai SNI 8021:2014, nilai maksimum adalah 80%. Kadar zat terbang dihitung dengan rumus:

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

Keterangan : B = berat sampel setelah peringan (g), C = berat setelah pemanasan (g), W = berat awal sampel sebelum pengujian kadar air (g)

**3.4 Karbon Terikat (%)**, kadar karbon terikat dihitung berdasarkan fraksi karbon dalam biopelet sesuai SNI 8021:2014 (minimum 14%), menggunakan rumus:

$$\text{Karbon Terikat (\%)} = 100 - (\text{Kadar Air} + \text{Kadar Zat Terbang} + \text{Kadar Abu})$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Kerapatan

Kerapatan menggambarkan massa per volume yang menunjukkan kepadatan partikel penyusun biopelet. Kerapatan tinggi menghasilkan biopelet lebih padat, pembakaran lebih lama, serta mempermudah penanganan, penyimpanan, dan distribusi (Winata, 2013). Nilai kerapatan diperoleh dari massa serta dimensi biopelet, sebagaimana ditampilkan pada tabel 2.  $\text{gr/cm}^3 > 0,8\text{gr/m}^3$

Tabel 2. Nilai Kerapatan Tiap Perlakuan (%)

Perlakuan	Ulangan			Rerata $\text{gr/cm}^3$	SNI $>0,8\text{gr/m}^3$
	1	2	3		
T20	0,90	0,90	0,90	0,87	-
T40	0,90	0,90	0,90	0,90	-
T60	0,90	0,90	0,90	0,90	-
J20	0,90	0,90	0,90	0,90	-
J40	0,90	0,90	0,90	0,90	-
J60	0,90	0,90	0,90	0,90	-
M20	0,90	0,90	0,90	0,90	-
M40	0,90	0,90	0,90	0,90	-
M60	0,90	0,90	0,90	0,90	-
Total				0,90	-

Keterangan:

T20 = Tempurung dengan mesh 20

J20 = Jati dengan mesh 20

M20 = Campuran tempurung kelapa dan jati dengan mesh 20

Rata-rata kerapatan biopelet berkisar  $0,87\text{--}0,90 \text{ g/cm}^3$ . Nilai terendah terdapat pada perlakuan tempurung kelapa mesh 20 ( $0,87 \text{ g/cm}^3$ ), sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada seluruh perlakuan lainnya. Berdasarkan SNI 8021:2014 ( $\geq 0,8 \text{ g/cm}^3$ ), seluruh perlakuan memenuhi standar kerapatan. Analisis ANOVA dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi perekat terhadap kerapatan biopelet, sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Anova Kerapatan

SK	DB	JK	KT	F-Hit	F-Tab		Ket
					0,05	0,01	
Perlakuan	8	0,00	0,00	1,00	2,51	3,71	TN
V	2	0,00	0,00	1,00	3,55	6,01	TN
P	2	0,00	0,00	1,00	3,55	6,01	TN
VP	4	0,00	0,00	1,00	2,93	4,58	TN
Galat	18	0,01	0,00				
Total	26	0,01					

Keterangan:

\*\*=Sangat berpengaruh nyata

\*=Berpengaruh nyata

TN=Tidak berpengaruh nyata

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa jenis bahan dan ukuran mesh tidak berpengaruh nyata terhadap kerapatan biopelet, sehingga uji lanjut DNMRT tidak diperlukan. Temuan ini sejalan dengan Fakhruzy (2018) yang menyatakan bahwa perekat tapioka berperan dalam pembentukan biopelet padat, meskipun antarperlakuan tidak menunjukkan perbedaan mencolok.

## 2. Kadar Air

Kadar air bahan baku berperan penting dalam produksi biopelet agar sesuai dengan kadar kesetimbangan (*equilibrium*) sehingga mencegah pengebangan pellet akibat kelembaban saat penyimpanan dan distribusi. Kadar air yang tinggi juga meningkatkan risiko serangan mikroorganisme dan jamur (Rudolfsson, 2016). Selain itu kadar air berlebih memperpanjang waktu nyala karena energi awal digunakan untuk menguapkan air bervariasi pada setiap perlakuan, sebagaimana ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai Kadar Air Tiap Perlakuan

Perlakuan	Ulangan			Rerata %	SNI 12%
	1	2	3		
T20	8,71	8,66	8,49	8,62	√
T40	10,02	10,18	10,32	10,17	√
T60	11	11,56	12,56	11,71	√
J20	10,40	10,24	10,09	10,24	√

Perlakuan	Ulangan			Rerata %	SNI 12%
	1	2	3		
J40	10,38	10,83	10,65	10,62	√
J60	8,65	9,05	9,51	9,07	√
M20	6,99	6,19	6,28	6,49	√
M40	8,04	7,69	7,78	7,84	√
M60	7,23	7,18	7,03	7,15	√
Total				9,10	9

Keterangan:

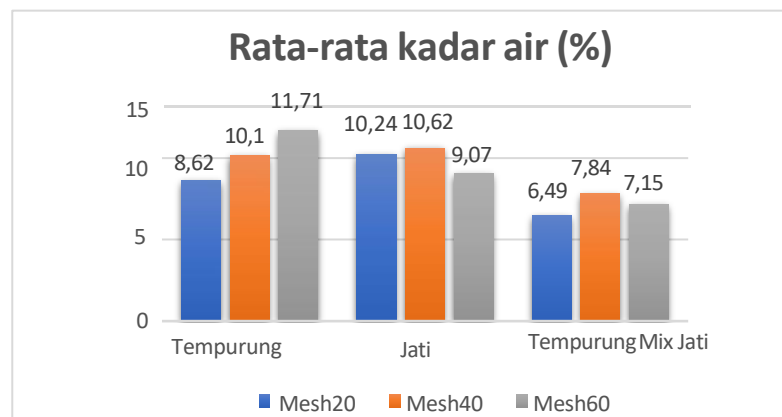
T20 = Tempurung dengan mesh20

J20 = Jati dengan mesh 20

M20 = Campuran tempurung kelapa dan jati dengan mesh 20

Rata-rata kadar air biopelet berkisar 6,49 – 11,71%. Kadar air terendah diperoleh pada perlakuan tempurung kelapa dan jati mesh 20 (6,49%), sedangkan tertinggi pada tempurung kelapa mesh 60 (11,71%). Ukuran mesh halus (40 - 60) cenderung meningkatkan kadar air pada tempurung kelapa akibat luas permukaan partikel yang lebih besar. Biopelet dari serbuk jati menunjukkan kadar air relatif lebih tinggi disbanding tempurung dan campurannya, terutama pada mesh 20 – 40. Sebaliknya, biopelet campuran jati dan tempurung kelapa memiliki kadar air terendah, dengan mesh halus (40 – 60) menghasilkan efisiensi pengeringan yang lebih baik.

Adapun nilai rata-rata kadar air dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



**Gambar 1. Rata-rata Kadar Air**

Berdasarkan ANI 8021 – 2014, kadar air maksimum biopelet  $\leq 12\%$ , sehingga seluruh perlakuan memenuhi standar. Kadar air dipengaruhi penambahan air dan perekat saat pembentukan, di mana kadar air tinggi menyebabkan biopelet kurang stabil.

Hasil ini sejalan dengan Rudolfsson (2016) yang melaporkan partikel kasar (mesh rendah) mempercepat pengeringan karena luas permukaan lebih kecil. Campuran tempurung dan jati juga menurunkan kadar air kecil akibat kombinasi sifat fisiknya. Analisis keragaman pengaruh bahan dan ukuran mesh disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Anova Kadar Air

SK	DB	JK	KT	F-Hit	F-Tab		Ket
					0,05	0,01	
Perlakuan	8	72,11	9,01	70,24	2,00	3,71	**
V	2	-1981,89	-990,95	-7721,98	2,51	3,71	TN
P	2	-1986,90	-993,45	-7741,48	2,51	3,71	TN
VP	4	4040,9	1010,23	7872,21	2,51	3,71	**
Galat	18	2,31	0,13				
Total	26	74,42					

Keterangan:

\*\*=Sangat berpengaruh nyata

\*=Berpengaruh nyata

TN=Tidak berpengaruh nyata

Tabel 3 menunjukkan bahwa jenis bahan dan ukuran mesh berpengaruh sangat nyata terhadap keteguhan tekan biopellet. Perbedaan antarperlakuan dianalisis lebih lanjut menggunakan uji DNMRT, dengan hasil disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Uji lanjut DNMRT

Perlakuan	Rata-rata	Rata-rata+DMRT	Simbol
7	6,49	626,54	A
9	7,15		Ab
8	7,84		Ac
1	8,62		Ad
6	9,07		Ae
2	10,17		Af
4	10,14		Ag
5	10,62		Ah

### 3. Kadar Abu

Nilai kadar abu mempengaruhi kualitas biopelet, terutama panas yang dihasilkan. Kadar abu tinggi menyebabkan penumpukan residu pembakaran sehingga menurunkan panas. Menurut Sari (2019), kadar abu tinggi disebabkan kandungan mineral seperti N, P, K, Ca, Mg dan S. Hasil pengujian kadar abu disajikan pada tabel 7.

Tabel 4. Nilai Kadar Abu (%)

Perlakuan	Ulangan			Rerata %	SNI 1,5 %
	1	2	3		
T20	3,35	2,99	2,94	3,09	-
T40	2,54	2,97	2,78	2,76	-
T60	2,28	2,27	2,28	2,28	-
J20	2,90	2,43	2,65	2,66	-
J40	2,87	2,86	2,58	2,77	-
J60	2,07	2,49	2,87	2,48	-
M20	2,39	1,90	2,13	2,14	-
M40	2,19	1,65	1,91	1,92	-
M60	1,91	1,93	1,45	1,76	-
Total				2,43	

Keterangan:

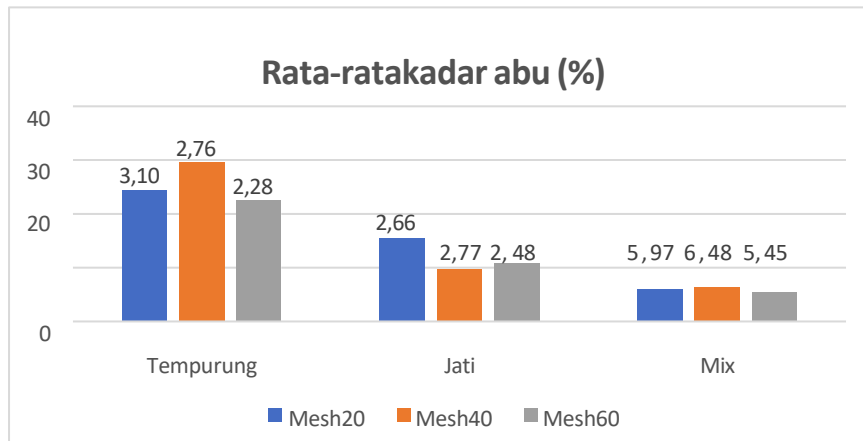
T20 = Tempurung dengan mesh 20

J20 = Jati dengan mesh 20

M20 = Campuran tempurung kelapa dan jati dengan mesh 20

Hasil uji menunjukkan kadar abu biopelet dipengaruhi jenis bahan baku. Biopelet jati mesh 60 memiliki kadar abu terendah (2,48%), sedangkan campuran tempurung kelapa dan jati mesh 40 tertinggi (6,48%). Kandungan lignin pada jati meningkatkan kerapatan dan efisiensi pembakaran sehingga kadar abu menurun. Biopelet campuran menghasilkan kadar abu 5,45% - 6,48%, mengindikasikan pencampuran bahan baku dapat mengoptimalkan sifat fisik dan kimia biopelet.

Nilai rata-rata kadar abu dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Nilai Rata-rata kadar abu

Nilai kadar abu belum memenuhi standar SNI 8021-2014 ( $\leq 1,5\%$ ). Kadar abu dipengaruhi jenis kayu dan ukuran partikel serbuk. Penurunan kadar abu pada campuran sejalan dengan Mahdie et al. (2016) yang menyatakan adanya korelasi negatif antara zat terbang dan abu. Analisis keragaman pengaruh bahan dan ukuran mesh terhadap kadar air disajikan pada tabel 8.

Tabel 7. Uji Anova Kadar Abu

SK	DB	JK	KT	F-Hit	F-Tab		Ket
					0,05	0,01	
Perlakuan	8	1250,59	156,32	101,36	2,51	3,71	**
V	2	23,49	11,74	101,36	3,55	6,01	**
P	2	445,61	222,81	144,47	3,55	6,01	**
VP	4	781,48	195,37	126,68	2,93	4,58	**
Galat	18	27,76	1,54				
Total	26	1278,347					

Keterangan:

\*\*=Sangat berpengaruh nyata

\*=Berpengaruh nyata

TN=Tidak berpengaruh nyata

Tabel 4 menunjukkan jenis bahan dan ukuran mesh berpengaruh nyata terhadap keteguhan tekan biopellet. Perbedaan antar perlakuan dianalisis dengan lanjut DNMRT, sedangkan pengaruh jenis bahan dan kadar air disajikan pada tabel 5.

Tabel 8. Uji Lanjut DNMRT

Perlakuan	Rata-rata	Rata-rata+DMRT	Simbol
9	5,45	830,11	a
7	5,97		ab
8	6,48		ac
5	9,74		ad
6	10,82		ae
4	15,48		af
3	22,62		ag
1	24,49		ah
2	29,67		ai

#### 4. Kadar Zat Terbang

Pengujian kadar zat terbang dilakukan untuk mengetahui jumlah asap yang dihasilkan selama pembakaran, yaitu senyawa yang menguap akibat pemanasan tanpa udara. Semakin tinggi suhu, kadar zat terbang cenderung menurun. Hasil pengujian disajikan pada tabel 9.

Tabel 9. Nilai Kadar Zat Terbang (%)

Perlakuan	Ulangan			Rerata %	SNI <20%
	1	2	3		
T20	41,89	38,68	41,7	40,76	-
T40	50,57	50	48,87	49,81	-
T60	52,45	52,64	51,89	52,33	-
J20	47,74	48,3	51,89	49,31	-
J40	33,21	34,15	34,72	34,03	-
J60	57,94	59,62	61,70	59,75	-
M20	49,43	49,81	50,38	49,87	-
M40	49,81	48,87	49,43	49,37	-
M60	49,62	50	49,43	49,68	-
Total				48,32	

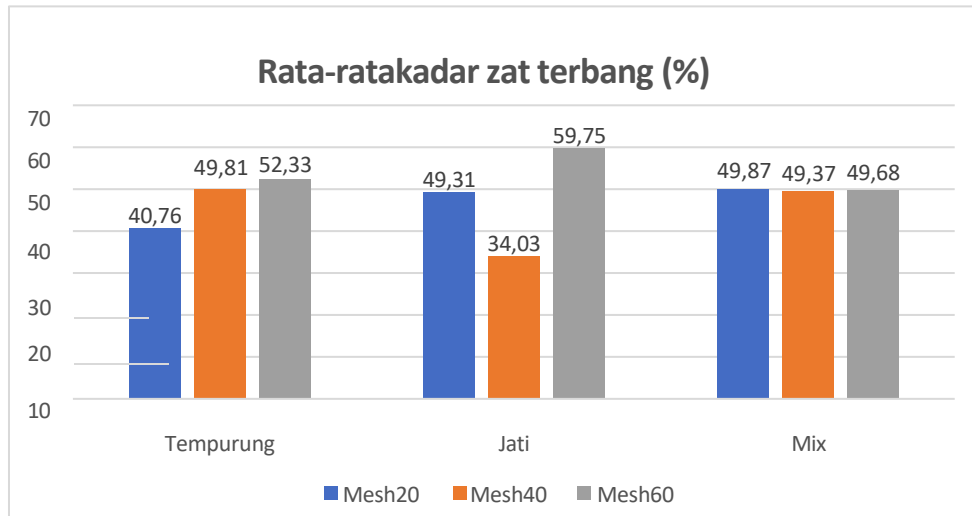
Keterangan:

T20 = Tempurung dengan mesh 20

J20 = Jati dengan mesh 20

M20 = Campuran tempurung kelapa dan jati dengan mesh 20

Dari tabel 6, kadar zat terbang biopelet berkisar 34,03% - 59,75%. Nilai terendah (34,03%) terdapat serbuk gergaji kayu jati mesh 40, sedangkan tertinggi (59,75%) pada mesh 60. Peningkatan kadar zat terbang dipengaruhi oleh jumlah serbuk kayu yang digunakan. Semakin tinggi kadar zat terbang, semakin banyak asap yang dihasilkan saat pembakaran (Mahdie et al, 2016). Namun menurut Purnomo (2017), kadar zat terbang terlalu mempengaruhi kualitas biopelet selama kadar abu dan nilai kalor memenuhi standar. Nilai rata-rata kadar abu ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Nilai rata-rata kadar zat terbang

Kadar zat terbang biopelet dipengaruhi oleh kadar abu, dengan korelasi negative semakin tinggi zat terbang, semakin rendah kadar abu (Mahdi et al, 2016). Hasil pengujian memenuhi standar SNI 8021 – 2014 ( $\leq 80\%$ ). Analisis kergaman pengaru bahan dan ukuran mesh terhadap kadar air disajikan pada tabel 10.

Tabel 10. Uji Anova Zat Terbang

SK	DB	JK	KT	F-Hit	F-Tab		Ket
					0,05	0,01	
Perlakuan	8	1250,59	156,32	101,36	2,51	3,71	**
V	2	23,49	11,74	101,36	3,55	6,01	**
P	2	445,61	222,81	144,47	3,55	6,01	**
VP	4	781,48	195,37	126,68	2,93	4,58	**
Galat	18	27,76	1,54				
Total	26	1278,347					

Keterangan:

\*\*=Sangat berpengaruh nyata

\*=Berpengaruh nyata

TN=Tidak berpengaruh nyata

Tabel 10 menunjukkan bahwa jenis bahan dan ukuran mesh berpengaruh nyata terhadap keteguhan tekan biopelet. Perbedaan antarperlakuan dianalisis lebih lanjut menggunakan uji DNMRT, dengan hasil disajikan pada tabel 11.

Tabel 11. Uji Lanjut DNMRT

Perlakuan	Rata-rata	Rata-rata+DMRT	Simbol
5	34,03	2183,60	af
1	40,76		ah
4	49,31		ae
8	49,37		a
9	49,68		ab
2	49,81		ag
7	49,87		ac
3	52,33		ah
6	59,75		ad

menjadi indicator jumlah material padat yang terbakar setelah zat terbang hilang. Pengujian dilakukan untuk mengetahui jumlah karbon yang terbakar selama pembakaran biopelet.

Hasil pengujian disajikan pada tabel 12.

Tabel 12. Nilai karbon terikat

Perlakuan	Ulangan			Rerata %	SNI <14%
	1	2	3		
T20	25,08	27,45	25,87	26,13	-
T40	9,96	9,53	11,54	10,34	√
T60	14,36	12,91	12,77	13,35	√
J20	26,64	26,13	21,31	24,69	-
J40	46,93	44,44	45,46	45,61	-
J60	22,83	20,73	17,5	20,35	-
M20	41,19	42,10	41,21	41,50	-
M40	39,96	41,79	40,88	40,88	-
M60	41,24	40,89	42,09	41,41	-
Total				28,02	

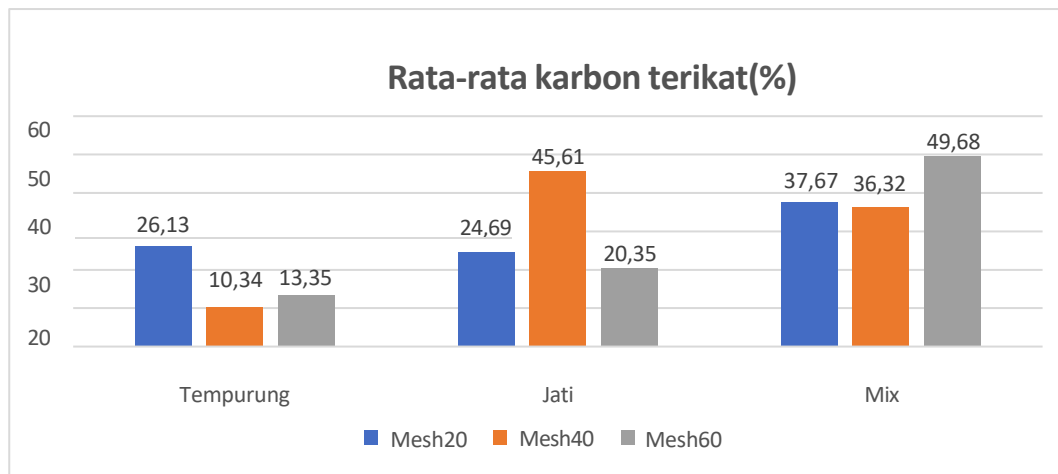
Keterangan:

T20 = Tempurung dengan mesh 20

J20 = Jati dengan mesh 20

M20 = Campuran tempurung kelapa dan jati dengan mesh 20

Tabel 12 menunjukkan kadar karbon terikat biopellet berkisar 10,34% - 45,61%. Nilai terendah (10,34%) diperoleh pada tempurung kelapa mesh 40, sedangkan tertinggi (45,61%) pada serbuk kayu jati mesh 40. Nilai rata-rata kadar abu ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. Nilai rata-rata karbon terikat

Hasil uji menunjukkan rata-rata kadar karbon terikat sebagian besar tidak memenuhi standar SNI 8021 – 2014 ( $\geq 14\%$ ), kecuali pada perlakuan tempurung kelapa mesh 40.

### 5. Karbon Terikat

Menurut Speight (2005), karbon terikat Adalah karbon selain air, zat terbang, dan abu, yang 60. Nilai karbon terikat diperoleh dari pengurangan 100% dengan kadar air, abu, dan zat terbang sehingga ketiga parameter tersebut perlu diperhatikan. Hasil in mendukung Speight (2005) bahwa karbon terikat dipengaruhi jenis kayu karena variasi kandungan lignin dan selulosa. Analisis variasi kandungan lignn dan selulosa. Analisis keragaman pengaruh bahan dan ukuran mesh terhadap kadar air disajikan pada tabel 13.

Tabel 13. Uji Anova Karbon Terikat

SK	DB	JK	KT	F-Hit	F-Tab		Ket
					0,05	0,01	
Perlakuan	8	3500,09	437,51	181,64	2,51	3,71	**
V	2	1980,19	990,09	411,05	3,55	6,01	**
P	2	246,77	123,39	51,23	3,55	6,01	**
VP	4	1273,12	318,28	132,14	2,93	4,58	**
Galat	18	43,36	2,41				
Total	26	3543,44					

Keterangan:

\*\*=Sangat berpengaruh nyata

\*=Berpengaruh nyata

TN=Tidak berpengaruh nyata

Tabel 13 menunjukkan bahwa jenis bahan dan ukuran mesh berpengaruh nyata terhadap keteguhan tekan biopelet. Perbedaan antarperlakuan dianalisis lebih lanjut menggunakan uji DNMRT, dengan hasil disajikan pada tabel 14.

Tabel 14. Uji Lanjut DNMRT

Perlakuan	Rata-rata	Rata-rata+DMRT	Simbol
1	10,34	2696,68	a
2	13,35		ab
3	20,35		ac
4	24,69		ad
5	26,13		ae
6	36,32		af
7	37,67		ag
8	37,72		ah
9	45,61		ai

## 6. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan indikator utama kualitas biopelet, dipengaruhi komposisi kimia, kadar air, abu, dan zat terbang. Semakin tinggi nilai kalor, semakin baik kualitas dan nilai jual biopelet. Nilai kalor berbanding terbalik dengan kadar air, semakin tinggi kadar air, semakin rendah kalor yang dihasilkan (Iriany, 2016). Rendahnya nilai kalor diduga dipengaruhi kadar air, abu, zat terbang, serta penambahan bahan perekat.

Pengujian campuran tempurung kelapa dan kayujati mesh 60 menghasilkan nilai kalor 17,866Mj/Kg, memenuhi standar SNI 8021 – 2014 ( $\geq 16,73$  Mj/Kg). Sinergi kedua bahan menghasilkan kadar air dan abu rendah, sehingga pembakaran lebih efisien dan nilai kalor tinggi. Hasil ini sejalan dengan Ansar et al. (2020) dan Suyoko et al. (2020) yang menyatakan tempurung kelapa dan serbuk jati mampu menghasilkan biopelet bernilai kalor tinggi karena kandungan lignin dan karbonnya.

## KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan menjawab kebutuhan energi berkelanjutan melalui pemanfaatan tempurung kelapa dan serbuk kayu jati sebagai bahan baku biopelet. Hasil uji menunjukkan bahwa kerapatan biopelet seluruh perlakuan memenuhi standar SNI  $\geq 0,8$  g/cm<sup>3</sup>, dengan nilai tertinggi 0,90 g/cm<sup>3</sup>. Kadar air juga berada dalam batas SNI  $\leq 12\%$ , terendah pada campuran tempurung kelapa dan kayu jati mesh 20 sebesar 6,49%. Kadar abu terendah diperoleh pada jati mesh 60 (2,48%), meskipun belum memenuhi standar SNI  $\leq 1,5\%$ . Kadar zat terbang tertinggi pada jati mesh 60 sebesar 59,75%, masih di bawah batas SNI  $\leq 80\%$ . Karbon terikat tertinggi terdapat pada jati mesh 40 (45,61%), sementara campuran tempurung dan jati juga menghasilkan nilai yang mendekati optimal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa syukur dan terimakasih penulis ucapkan kepada pihak-pihak yang terlibat dalam pembuatan dan penyelesaian penelitian ini, khususnya kepada teman saya Yefnika Fazira dan Siti Nurbaik, serta teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah ikut membantu dan memberikan dukungan semangatnya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdurrahman, F., Nugraha, R. D., & Wulandari, T. (2020). Karakteristik biopellet dari limbah pertanian sebagai energi alternatif. *Jurnal Energi Terbarukan*, 9(2), 45–52.
- Afifah, R. N. (2021). Studi karakteristik biopellet dari campuran serbuk kayu jati dan limbah biomassa. *Jurnal Teknologi Energi*, 7(3), 101–108.
- Enih Rosamah et al. (3BIO: Journal of Biological Science, 2020): Kayu jati yang berumur 2–60 tahun memiliki kandungan lignin antara 28.41%– 29.82%.
- Fakhrzy. (2018). Biopellet bambu betung (*Dendrocalamus asper*) sebagai sumber energi terbarukan. *Menara Ilmu: Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmiah*, 12(9), 51-56
- Forest Research. (2025). Effect of moisture content on combustion systems. Retrieved August 6, 2025, from Forest Research website
- Mahdie, F., Kusmana, C., & Mansur, I. (2016). Pengaruh campuran limbah kayu rambai dan api-api terhadap kualitas biopellet sebagai energi alternatif dari lahan basah. *Jurnal Hutan Tropis*, 4(2), 174–183.
- Permatasari, D., Rahmawati, W., & Haryanto, A. (2023). Pengaruh Ukuran Partikel dan Perekat Tapioka terhadap Sifat Biopellet dari Limbah Serbuk Gergajian. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*.
- Purnomo, H., & Kusnadi, D. (2020). Pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan baku biopellet untuk energi alternatif. *Jurnal Energi Terbarukan*, 9(2), 45–52.
- Rizanti et al. (dalam *TechScience Review*, 2022):Teak (*Tectona grandis*) jati dari rotasi panjang mengandung holoselulosa sekitar 68.53%, selulosa 49.18%, dan hemiselulosa 19.35%, dengan kandungan lignin sekitar 32.19%.
- Rohmah, I., Ramadhani, M. R., & Santoso, B. (2022).Pengaruh tekanan dan suhu terhadap kualitas biopellet dari limbah pertanian. *Jurnal Energi Alternatif*, 10(1), 15–24.
- Romli, M., Arifin, Z., & Purwoko. (2018). Biopellet Campuran Sekam Padi dan Tempurung Kelapa. Bogor Agricultural University (IPB).