

## **Karakteristik Biopellet Dari Bahan Sekam Padi Dan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandis* Linn.F)**

Dhimas Mardiyanto Prasetyo<sup>1,\*</sup>, Febriana Tri Wulandari<sup>1,a</sup>, Kornelia Webliana<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Jl. Majapahit No.62 kode pos 83115, Gomong, Kec. Selaparang, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

<sup>a</sup>email penulis kedua: [febriana.wulandari@unram.ac.id](mailto:febriana.wulandari@unram.ac.id), <sup>b</sup>email penulis ketiga: [kornelia\\_webliana@unram.ac.id](mailto:kornelia_webliana@unram.ac.id), \*corresponding author: [dhimasmardiyanto29@gmail.com](mailto:dhimasmardiyanto29@gmail.com)

Diterima: 04 Juli 2022; Disetujui: 20 September 2022; Diterbitkan: 20 September 2022

### **Abstract**

*Characteristics Of Biopellets from Rice Husk And Teak Wood Shaws (*Tectona grandis* Linn. F). Utilization of rice husk waste and teak sawdust as biopellet is one solution to avoid new problems for the environment. The purpose of this research was to determine the value of the physical properties of biopellets from rice husk and teak sawdust and to determine the quality of biopellets from rice husks and teak sawdust. This research was conducted using an experimental method made with a non-factorial completely randomized design. Preparation of test samples was made based on 3 treatments, namely rice husk composition of 100%, composition of 100% teak sawdust, and a mixture of rice husk and wood sawdust composition of 50%: 50%. The test was carried out according to Indonesian National Standard (SNI) 8675:2018. The results of the study were analyzed using SPSS 24 software, then further tested using the LSD test with a 5% confidence level. The results showed that the best formulation was produced by biopellets with a composition of 100% teak sawdust, 3.03% moisture content; 2.76% ash content; volatile matter content 91.93%; bound carbon content is 4.24% and calorific value is 17.28 MJ/kg. When compared with SNI 8675:2018, the results of the treatment of wood sawdust with a composition of 100% from five tests, there were two tests that did not pass SNI, namely the content of substances and the content of bound carbon. Meanwhile, for the treatment of rice husk with 100% composition and 50% composition mixture: 50% of the five tests there were three tests that did not pass the SNI, namely ash content, heating value and bound carbon content. This is due to the presence of raw materials in the form of lignin, cellulose, sucrose and hemicellulose which affect the level of ash content, volatile matter content and calorific value and bound carbon. Then the results of further tests showed an interaction between rice husks, teak sawdust and a mixture so that it had a significant effect on moisture content, ash content, volatile matter content, heating value and bound carbon.*

**Key Words** : Biopellet, physical properties, rice husk, teak sawdust.

### **Intisari**

Pemanfaatan limbah sekam padi dan serbuk gergaji kayu jati sebagai biopellet menjadi salah satu solusi untuk menghindari masalah baru bagi lingkungan Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai sifat fisis biopellet dari bahan sekam padi dan serbuk gergaji kayu jati serta untuk mengetahui kualitas biopellet dari bahan sekam padi dan serbuk gergaji kayu jati. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen yang dibuat dengan rancangan acak lengkap non factorial. Pembuatan contoh uji dibuat berdasarkan 3 perlakuan yaitu sekam padi komposisi 100%, serbuk gergaji kayu jati komposisi 100%, dan campuran antara sekam padi dan serbuk gergaji kayu komposisi 50% : 50%. Pengujian dilakukan mengikuti Standar Nasional Indonesia (SNI) 8675 :2018. Hasil

penelitian dianalisis menggunakan software spss 24, kemudian dilakukan uji lanjut menggunakan uji LSD dengan taraf kepercayaan 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi terbaik dihasilkan oleh biopelet terdapat pada perlakuan serbuk gergaji kayu jati komposisi 100% dengan kadar air 3,03%; kadar abu 2,76%; kadar zat terbang 91,93%; kadar karbon terikat 4,24% dan nilai kalor 17,28 MJ/kg. Apabila dibandingkan dengan SNI 8675:2018, hasil perlakuan serbuk gergaji kayu komposisi 100% dari lima pengujian terdapat dua pengujian yang tidak lulus SNI yaitu kadar zat dan kadar karbon terikat. Sedangkan untuk perlakuan sekam padi komposisi 100% dan campuran komposisi 50% : 50% dari lima pengujian terdapat tiga pengujian tidak lulus SNI yaitu kadar abu, nilai kalor dan kadar karbon terikat. Hal ini diakibatkan karena adanya kandungan bahan baku berupa lignin, selulosa, sukrosa dan hemiselulosa yang berpengaruh terhadap tinggi rendahnya kadar abu, kadar zat terbang dan nilai kalor serta karbon terikat. Kemudian hasil uji lanjut terdapat interaksi antara sekam padi, serbuk gergaji kayu jati dan campuran sehingga berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, nilai kalor dan karbon terikat.

**Kata Kunci:** Biopelet, sifat fisis, sekam padi, serbuk gergaji kayu jati

## 1. Pendahuluan

Beberapa tahun terakhir, energi merupakan persoalan besar yang berdampak terhadap perekonomian dunia. Hal ini diakibatkan karena bertambahnya jumlah penduduk dan mahalnya biaya dalam mengeksplorasi sumber energi bumi. Hal ini juga diakibatkan karena adanya tuntutan masyarakat dalam memehuni kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) yang digunakan sehari-hari. Seiring berjalannya waktu, energi bumi lambat laun akan habis karena energi yang bersifat tidak dapat diperbaharui (*non renewable resource*) sehingga akan berdampak pada bahan bakar minyak (BBM) yang semakin langka dan harganya akan semakin mahal serta secara sosial akan berdampak pada masyarakat sebagai konsumen. Dengan demikian perlu diupayakan sumber energi alternatif yang berasal dari bahan baku yang bersifat kontinyu dan dapat diperbaharui salah satunya yaitu energi biomassa (Ghiffari, 2022).

Biomassa merupakan bahan bakar yang bersifat ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil dan dapat mengurangi terjadinya pemanasan global, serta memiliki biaya produksi yang rendah (El Bassam, 2004). Saat ini telah dikembangkan bahan bakar biomassa dalam bentuk pelet yang dikenal dengan istilah biopelet. Biopelet merupakan solusi dari pemanfaatan limbah biomassa yang banyak dibiarkan begitu saja seperti limbah pertanian dan kehutanan (Ghiffari, 2022). Adapun limbah yang kurang dimanfaatkan secara optimal pada bidang pertanian dan kehutanan khususnya di Nusa Tenggara Barat adalah limbah sekam padi dan serbuk gergaji kayu.

Pada tahun 2018, produksi padi di NTB meningkat sejumlah 2.457.323 ton jika dibandingkan dengan produksi padi tahun 2017 sejumlah 2.362.158. Menurut data, setiap produksi padi pertahun dihasilkan sekitar 470 ribu ton sekam padi yang masih belum dimanfaatkan secara optimal (BPS NTB, 2018). Selain sekam padi, limbah yang masih belum dimanfaatkan secara optimal yang terdapat di NTB adalah limbah dari hasil perindustrian kayu. Serbuk gergaji kayu jati sebagai limbah industri furnitur masih belum dimanfaatkan oleh masyarakat, padahal keberadaannya sangat melimpah. Menurut Abram, dkk (2016) mengatakan bahwa Limbah hasil proses penggergajian kayu yang dihasilkan pertahun berjumlah 6 juta ton dimana hanya dibiarkan membusuk, ditumpuk dan dibakar yang kesemuanya berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar sehingga perlu dilakukan penanggulangan dari limbah serbuk gergaji tersebut.

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan diatas, maka dilakukan penelitian dalam pembuatan biopelet sebagai bahan bakar alternatif dengan bahan baku sekam padi dan serbuk gergaji kayu untuk mengetahui komposisi dan karakteristik serta kualitas dari bahan baku yang selama ini masih kurang dimanfaatkan secara optimal serta mengurangi pencemaran

lingkungan yang disebabkan oleh penumpukan limbah pertanian dan kehutanan. Hal ini dapat meningkatkan nilai guna dari kedua biomassa tersebut. Menurut Lehmann dkk., (2012), Kelebihan biopelet sebagai bahan bakar yaitu memiliki densitas tinggi, mudah dalam penyimpanan dan pembuatannya.

Pada penelitian Nadjib (2016) terkait biopelet memiliki tujuan dalam mengoptimasi kualitas biopelet dengan campuran ampas kopi dan arang dari tempurung kelapa. Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa ampas kopi instan dan arang dari tempurung kelapa melalui proses penggilingan dan disaring dengan ukuran 60 mesh. Hasil pengujian membuktikan karakteristik pada biopelet ampas kopi dan arang dari tempurung kelapa menghasilkan rata-rata nilai kadar air sebesar 5,751 %, kadar abu sebesar 1,22 %, kadar zat terbang 62,754%, karbon terikat 36,023%, kerapatan sebesar 0,818 g/cm<sup>3</sup>, kuat tekan sebesar 13,495 kg/cm<sup>2</sup> serta nilai kalor sebesar 6.131 kkal/kg.

Penelitian Winata (2013) memiliki tujuan dalam pengujian dan membandingkan karakteristik biopelet yang terbuat dari campuran arang sekam padi dengan kayu sengon. Seluruh bahan baku digiling dan disaring dengan menggunakan ukuran saringan yaitu 40-60 mesh sehingga menghasilkan serbuk. Biopelet arang sekam padi dan kayu sengon dibuat perbandingan campuran dengan komposisi 20 % : 80 %, 40 % : 60 %, 60 % : 40 %, 80 % : 20 %, dan sebagai kontrol adalah 100 % dari serbuk kayu sengon. Biopelet dari hasil penambahan arang sekam padi 80 % didapatkan nilai kalor sebesar 6.217,12 cal/g.

Juniadi, *et al.*, (2017) melakukan penelitian pengaruh persentase terhadap karakteristik pellet kayu dari limbah gergaji. Perekat yang digunakan dalam penelitian ini adalah perekat dari tepung tapioka dengan dosis 10%, 15%, dan 20%. Tepung tapioka diberi air panas 1 liter pada setiap dosisnya untuk memberi larutan lengket. Setelah dianalisis, Juniadi menyatakan bahwa jenis perekat dan ukuran serbuk tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kadar air begitu juga interaksi kedua faktor tersebut, namun berpengaruh sangat nyata terhadap nilai kalor.

Damayanti, Lusiana, dan Prasetyo (2017), melakukan penelitian pengaruh ukuran partikel dan penambahan partikel terhadap karakteristik biopelet dari kulit coklat. Ukuran yang digunakan adalah 10 mesh, 20 mesh, 40 mesh, dan 80 mesh. Perekat yang digunakan adalah perekat tapioka dengan dosis 0%, 10%, 20%. Dengan perlakuan tersebut diperoleh karakteristik biopelet yang terbaik terletak pada ukuran 10 mesh dan dosis perekat 20%

Nurhilal dan Suryaningsih (2018) melakukan penelitian pengaruh perekat berdasarkan sifat proksimat dan nilai kalornya terhadap karakteristik biopelet dari campuran tempurung kelapa dan sabut kelapa. Perekat yang digunakan dalam penelitian ini adalah perekat molase yang berasal dari produk samping industri pengolahan gula dalam bentuk cair dengan konsentrasi 10%. Perbandingan komposisi campuran sabut kelapa dan tempurung kelapa adalah 90%:10%, 80%:20%, 70%:30%, 60%:40%, dan 50%:50%. Setelah dianalisis, didapatkan hasil yang paling optimal pada biopelet campuran sabut dan tempurung kelapa yaitu pada komposisi sabut dan tempurung kelapa 50%:50% karena menghasilkan nilai kalor tertinggi sebesar 6211 kal/gr.

Penelitian ini diharapkan dapat menentukan kombinasi biopelet terbaik dari campuran sekam padi dan serbuk gergaji kayu jati. Dalam penelitian ini, akan diamati karakteristik fisikokimia berdasarkan SNI 8675:2018. Adapun karakteristik yang dapat diamati adalah kadar air, kadar abu, kadar karbon terikat, kadar zat terbang, dan nilai kalor. Sehingga nantinya penelitian ini dapat menjadi rekomendasi dalam pembuatan bahan bakar alternatif guna memenuhi kebutuhan penggunaan bahan bakar.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen. Penelitian eksperimen adalah suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat (hubungan kasual) antara dua faktor yang sengaja yang ditimbulkan oleh peneliti dengan mengeliminasi atau mengurangi atau menyisihkan faktor-faktor lain yang mengganggu.

Ekperimen selalu dilakukan dengan maksud untuk melihat akibat suatu perlakuan (Arikunto, 2010).

### 2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari sampai April 2021. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai April 2021. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan (THH) Fakultas Pertanian Universitas Mataram dan Laboratorium Kimia Proses Fakultas Teknologi Pangan Universitas Mataram serta Laboratorium Bio Proses Fakultas Teknologi Pangan Universitas Mataram.

### 2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah limbah dari sekam padi, serbuk gergaji kayu jati dan perekat molase. Limbah sekam padi dan serbuk gergaji kayu jati diambil di sekitar kota Mataram.

### 2.3 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian: cawan porselin, desikator, furnace, jangka sorong, mesin healer/pencacah, mesin pelet (*peletmill*), oven, screen (ayakan) lolos 40 tertahan 60, *Oxygen Bomb Calorimeter*, dan timbangan digital.

### 2.4 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian biopellet menggunakan metode experiment dan uji proximate serta analisis data menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) non - faktorial dengan faktor komposisi bahan pembuatan pelet :

1. Sekam padi (100%) = K1
2. Serbuk gergaji kayu (100%) = K2
3. Sekam padi : Serbuk gergaji kayu (50% : 50%) = K3

**Tabel 1.** Rancangan Percobaan Biopellet

*Table 1. Biopellet Experiment Design*

Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3
K1	K1U1	K1U2	K1U3
K2	K2U1	K2U2	K2U3
K3	K3U1	K3U2	K3U3

Keterangan :

K1 = Sekam padi  
(100%)

K2 = Serbuk Gergaji Kayu  
(100%)

K3 = Sekam padi : Serbuk Gergaji Kayu  
(50% : 50%)

### 2.5 Prosedur Penelitian

#### a. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan sekam padi dan serbuk gergaji kayu jati dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel dengan air mengalir, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama  $\pm$  24 jam untuk mengurangi kadar airnya.

#### b. Tahap Pengeringan

Pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air dalam sekam padi dan serbuk gergaji kayu setelah dibersihkan dengan air. Prosesnya dengan menjemur di bawah sinar matahari langsung 1-2 Hari hingga kering tergantung dari cuaca.

#### c. Tahap Pembuatan Serbuk

Bahan baku yang sudah kering selanjutnya akan di hancurkan dengan alat penghancur dan hasilnya akan diayak dengan ukuran 60 mesh

#### d. Tahap Pencampuran Perekat

Bahan baku yang sudah diayak menghasilkan ukuran partikel 60 mesh selanjutnya akan di campur dengan perekat molase dengan konsentrasi perekat sebesar 10%.

#### e. Tahap Pencetakan

Bahan yang telah dicampurkan akan di cetak menggunakan cetakan dari mesin pelet atau pelet mill.

### 2.6 Pengujian

Pengujian yang dilakukan meliputi parameter kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, nilai kalor dan kadar karbon terikat berdasarkan SNI 8675:2018.

### 2.7 Analisis Data

Analisis keragaman terhadap data yang didapatkan bertujuan untuk mencari tahu nilai yang dihasilkan berbeda nyata atau tidak pada taraf uji 5% dengan menggunakan Microsoft excel dan program SPSS 24.

## 3 Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data biopelet yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan standar SNI untuk mengetahui apakah biopelet yang telah dibuat telah memenuhi standar SNI atau tidak. Adapun standar SNI yang dipakai adalah SNI 8675:2018.

**Tabel 2.** Perbandingan Hasil Penelitian dengan Standar Uji (SNI 8675:2018)

*Table 2. Comparison of Research Results with Test Standards (SNI 8675:2018)*

Parameter	SNI	K1	K2	K3	Ket.		
					K1	K2	K3
Kadar Air	Maks 10%	4,25	3,03	3,41	M	M	M
Kadar Abu	Maks 5%	16,4	2,76	11,16	BM	M	BM
Kadar Zat Terbang	Maks 75%	68,5	91,93	79,04	M	BM	BM
Nilai Kalor	Min. 16,5 MJ/Kg	14,6	17,28	15,67	BM	M	BM
Karbon Terikat	Min. 14%	13,1	4,25	10,10	BM	BM	BM

Keterangan :

M = Memenuhi Standar Uji SNI

BM = Belum Memenuhi Standar Uji SNI

#### 3.1. Kadar Air

Kadar air pada bahan baku sangat penting dalam memproduksi biopelet agar mencapai kadar air yang sesuai dengan nilai kesetimbangan (equilibrium). Hal ini penting dalam mencegah pelet agar tidak mengembang akibat penyimpanan dan pengiriman yang membuat pelet lembab. Selain itu kadar air yang terlalu tinggi dapat memudahkan pelet terserang mikroorganisme dan jamur (Rudolfsson, 2016).

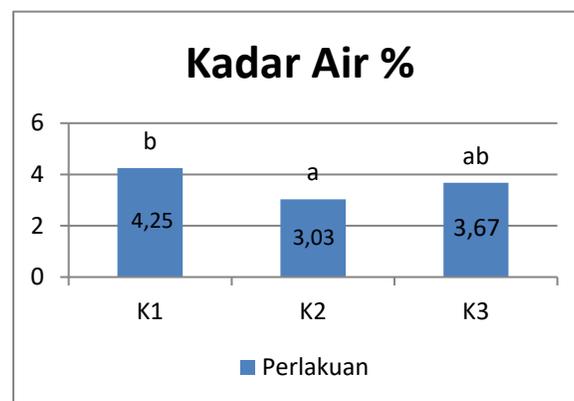
**Tabel 3.** Hasil Pengujian Kadar Air

*Table 3. Water Content Test Results*

Perlakuan	Ulangan (%)			Rata-rata (%)
	1	2	3	
K1	4,34	3,98	4,42	4,25
K2	2,99	2,89	3,20	3,03

K3	4,49	3,32	3,19	3,67
Rata-rata (%)	3,94	3,40	3,60	3,65
SNI 8675:2018 (maks. 10%)				

Dari tabel 3. dapat diketahui bahwa kadar air pada penelitian biopelet tersebut memiliki rata-rata berkisar antara 3,03% sampai dengan 4,25%. Tabel pengujian kadar air biopelet diatas menunjukkan rata-rata nilai kadar air terendah yaitu 2,89% pada perlakuan menggunakan serbuk gergaji kayu jati. Sedangkan rata-rata nilai kadar air tertinggi yaitu 4,49% dihasilkan dari perlakuan menggunakan sekam padi. Jika dibandingkan dengan SNI 8675:2018, nilai kadar air untuk biopelet skala rumah tangga maksimal 10%. Sehingga semua kadar air pada perlakuan yang dilakukan dari biopelet tersebut telah memenuhi standar SNI. Kadar air yang tinggi dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adanya penambahan air dan perekat pada saat pembentukan biopelet. Ketika kadar air yang tinggi akan mengakibatkan bentuk biopelet yang tidak stabil. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Zulfian, *et al* (2015) yang menyatakan bahwa penambahan air dan perekat pada biopelet akan mempengaruhi peningkatan kadar air pada biopelet, dimana dapat mengakibatkan kandungan air biopelet yang dapat mempengaruhi kestabilan bentuk dari biopelet. Kemudian untuk mengetahui adanya pengaruh bahan baku terhadap kadar air maka dilakukan uji analisa keragaman (ANOVA). Hasil uji analisis keragaman (ANOVA) dapat dilihat pada tabel berikut.



**Gambar 1.** Hasil Uji BNT Kadar Air  
*Figure 1. BNT Test Results Moisture Content*

Dari Gambar 1. dapat diketahui bahwa hasil analisis satu arah menggunakan One Way ANOVA menunjukkan masing-masing perlakuan K1 dan K2 diperoleh nilai beda nyata yang artinya berpengaruh terhadap nilai kadar air. Menurut Zikri (2018), kadar air yang tinggi pada biopelet mengakibatkan nilai kalor biopelet menjadi rendah dan pembakaran yang kurang efisien.

Hasil uji lanjut BNT 5% menunjukkan perlakuan K1 dan K2 memberikan notasi yang berbeda pada setiap perlakuan, yang artinya adanya pengaruh yang signifikan terhadap nilai kadar air. Hal ini menandakan bahwa terdapat perbedaan nyata kadar air antara komposisi sekam padi terhadap komposisi serbuk gergaji kayu jati dan komposisi campuran.

### 3.2. Kadar Abu

Bagian yang tersisa dari hasil pembakaran disebut abu. Menurut Sari (2009 cit Hasna, Sutapa & Irawati, 2019) Kadar abu yang tinggi diakibatkan adanya kandungan mineral pada bahan baku seperti N, P, K, Ca, Mg, dan S.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Kadar Abu  
*Table 4. Ash Content Test Results*

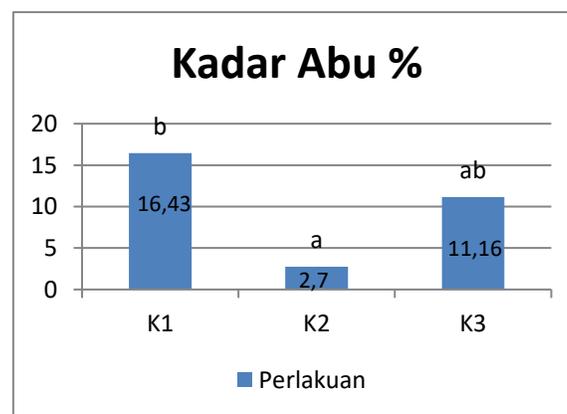
Perlakuan	Ulangan (%)			Rata-rata (%)
	1	2	3	
K1	19,47	10,8	19,01	16,43
K2	2,78	2,8	2,7	2,76
K3	11,36	11,1	11,03	11,16
Rata-rata (%)	11,20	8,23	10,91	10,12
SNI 8675:2018 (maks. 5%)				

Dari tabel 4. dapat diketahui bahwa kadar abu penelitian biopelet tersebut memiliki rata-rata berkisar antara 2,76% sampai dengan 16,43%. Berdasarkan Tabel 4.2 diatas menunjukkan rata-rata nilai kadar abu terendah yaitu 2,7% pada perlakuan menggunakan serbuk gergaji kayu jati. Sedangkan rata-rata nilai kadar abu tertinggi yaitu 19,47% dihasilkan dari perlakuan menggunakan sekam padi. Nilai rata-rata kadar abu biopelet dari sekam padi masih begitu tinggi dibandingkan dengan penelitian-penelitian terdahulu seperti penelitian Liliana (2010) dimana nilai kadar abu pada biopelet bungkil jarak yang dihasilkan berkisar antara 4 - 6%.

Kadar abu dapat dipengaruhi oleh jenis kayu dan ukuran partikel serbuk kayu yang digunakan. Hal ini sesuai dengan pendapat Arsad (2014) yang menyatakan bahwa kadar abu dapat dipengaruhi oleh sifat kayu, apabila jenis kayu yang digunakan termasuk kayu keras maka kadar abu yang dihasilkan lebih rendah dan kemudian sebaliknya.

Jika dibandingkan dengan SNI 8675:2018, nilai kadar abu biopelet pada skala rumah tangga maksimal 5%. Dari 3 perlakuan, terdapat dua perlakuan yang tidak memenuhi SNI, yaitu perlakuan pada K1 dan K3. Hal ini disebabkan kadar silika pada sekam padi berkisar 16-18%. Hal ini diakibatkan adanya kandungan kadar silika pada sekam padi berkisar 16-18%. Kadar silika ini dapat mempengaruhi kadar abu pada sekam padi sehingga tingginya kadar abu biopelet dari sekam padi diakibatkan adanya kandungan silika yang tinggi dan hemiselulose rendah sehingga dari kedua kandungan tersebut dapat mempengaruhi proses perekatan biopelet.

Hal ini diperkuat oleh pendapat Endah (2009) bahwa sekam padi tidak bisa menjadi biopelet tanpa pencetakan dan proses pemanasan terlebih dahulu. Pemanasan tersebut berfungsi untuk melelehkan lignin, dimana fungsi lignin secara optimal sebagai pengikat pada proses pemadatan biopelet. Kemudian untuk mengetahui pengaruh bahan baku terhadap kadar abu maka dilakukan uji analisa keragaman (ANOVA). Hasil uji analisis keragaman (ANOVA) dapat dilihat pada berikut.



**Gambar 2.** Hasil Uji BNT Kadar Abu

*Figure 2.* Ash Content BNT Test Results

Dari Gambar 2. dapat diketahui bahwa hasil analisis satu arah menggunakan One Way ANOVA menunjukkan masing-masing perlakuan diperoleh nilai beda nyata yang artinya

berpengaruh terhadap nilai kadar abu. Pada Gambar 4.2, terlihat adanya perbedaan yang signifikan bahan baku terhadap kadar abu biopelet. Menurut Umrisu, *et al* (2018) Jenis bahan baku menjadi faktor berpengaruh terhadap tinggi rendahnya kadar abu biopelet. Ketika sekam padi dibakar kadar abu yang diperoleh adalah 17-26%, jauh lebih tinggi daripada bahan bakar lainnya (kayu 0,2-2%, batu bara 12,2%).

Nilai kadar abu sangat penting untuk diketahui karena erat hubungannya terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Hal itu sejalan dengan penelitian Christanty, *et al.* (2014) bahwa semakin rendah kadar abu biopelet maka akan menghasilkan biopelet yang semakin baik, hal ini diakibatkan kadar abu yang tinggi beresiko terbentuknya endapan atau kerak mineral pada saat pembakaran, sehingga mengakibatkan permukaan tungku kotor, korosi dan kualitas pembakaran yang menurun.

Kemudian dilakukan uji lanjut BNT 5% untuk mengetahui adanya nilai beda nyata antar perlakuan. Hasil uji lanjut BNT 5% menunjukkan perlakuan K1 dan K2 diberikan notasi yang berbeda pada setiap perlakuan yang artinya adanya pengaruh yang signifikan terhadap nilai kadar abu. Hal ini menandakan bahwa terdapat perbedaan nyata kadar abu antara komposisi sekam padi, komposisi serbuk gergaji kayu jati

### 3.3. Kadar Zat Terbang

Kadar zat terbang digunakan untuk melihat jumlah zat yang menguap selama pembakaran pada biopelet. Semakin tinggi panas yang diberikan maka kandungan zat terbangnya semakin rendah.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Kadar Zat Terbang  
*Table 5. Results of Testing for Flying Substance Levels*

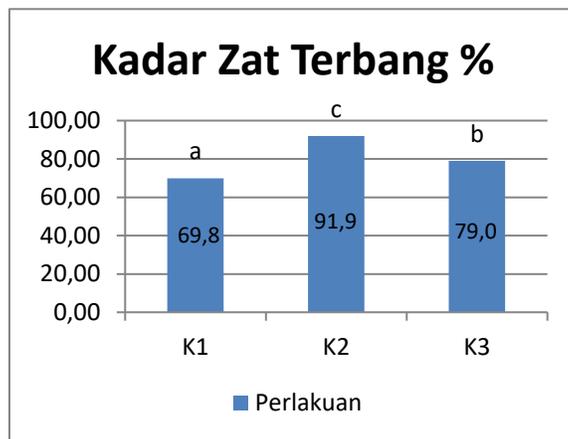
Perlakuan	Ulangan (%)			Rata-rata (%)
	1	2	3	
K1	66,13	72,99	70,38	69,84
K2	92,76	91,75	91,27	91,93
K3	81,02	78,54	77,54	79,04
Rata-rata (%)	79,97	81,10	79,73	80,26
SNI 8675:2018 (maks. 75%)				

Dari tabel 5. dapat diketahui bahwa kadar zat terbang pada penelitian biopelet tersebut memiliki rata-rata berkisar antara 69,84% sampai dengan 91,93%. Tabel 4.3 menunjukkan rata-rata nilai kadar terbang terendah yaitu 66,13% pada perlakuan menggunakan serbuk gergaji kayu jati. Sedangkan rata-rata nilai kadar zat terbang tertinggi yaitu 92,76% dihasilkan dari perlakuan menggunakan sekam padi. Tingginya nilai zat terbang dipengaruhi oleh bertambahnya serbuk kayu yang digunakan. Semakin tinggi kadar zat terbang pada biopelet maka semakin tinggi pula asap yang dihasilkan pada proses pembakaran (Mahdie *et al.*, 2016). Menurut Purnomo (2017) bahwa nilai zat terbang tidak terlalu berpengaruh terhadap kualitas biopelet, karena jika nilai kadar abu dan nilai kalor sudah sesuai dengan standar persyaratan maka nilai zat terbang tidak terlalu berpengaruh.

Zat terbang pada biopelet dapat dipengaruhi oleh kadar abu. semakin tinggi zat terbang maka semakin rendah kadar abu yang dihasilkan. Hal ini didukung oleh Mahdie, *et al.* (2016) bahwa nilai zat terbang berkorelasi negatif dengan kadar abu, semakin tinggi kadar abu biopelet, maka zat terbang semakin rendah.

Jika dibandingkan dengan SNI 8675:2018, nilai kadar zat terbang pada skala rumah tangga maksimal 75%. Dari 3 perlakuan, terdapat dua perlakuan yang tidak memenuhi SNI, yaitu perlakuan pada K2 dan K3. Nilai rata-rata kadar zat terbang biopelet dari serbuk gergaji kayu jati

masih begitu tinggi dibandingkan dengan penelitian-penelitian terdahulu Suyoko, *et al.* (2020) yang mengangkat penelitian tentang kualitas biopelet dari beberapa kayu hutan berupa akasia, jati dan sengon Hasil penelitian kadar zat terbang tertinggi terdapat pada perlakuan biopelet akasia sebesar 84,38%, kemudian pada biopelet jati sebesar 75,84%. Untuk kadar zat terbang terendah biopelet sengon yaitu sebesar 69,37%. Kemudian untuk mengetahui pengaruh bahan baku terhadap kadar zat terbang maka dilakukan uji analisa keragaman (ANOVA). Hasil uji analisis keragaman (ANOVA) dapat dilihat pada berikut.



**Gambar 3.** Hasil Uji BNT Kadar Zat Terbang

*Figure 3.* BNT Test Results for Flying Substance Levels

Dari Gambar 3. dapat diketahui bahwa hasil analisis satu arah menggunakan One Way ANOVA menunjukkan masing-masing perlakuan diperoleh nilai beda nyata yang artinya berpengaruh terhadap nilai kadar zat terbang. Secara umum, penambahan konsentrasi perekat dari limbah industri gula (molase) akan meningkatkan nilai kadar zat terbang. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 Hal ini dikarenakan kadar zat terbang dipengaruhi oleh kadar air biopelet. Semakin tinggi kadar airnya maka semakin tinggi pula zat terbangnya. Tingginya kadar zat terbang ini memberikan keuntungan sekaligus kerugian bagi biopelet.

Menurut Satmoko (2013), keuntungan kadar zat terbang yang tinggi adalah penyalaan dan pembakaran lebih mudah, namun di sisi lain kadar zat terbang yang tinggi memiliki kelemahan yaitu kadar karbon terikat yang rendah dan menghasilkan asap yang lebih banyak dinyalakan. Kadar zat terbang dalam bahan bakar menentukan waktu pembakaran, kecepatan pembakaran, dan banyaknya asap yang dihasilkan saat proses pembakaran. Semakin tinggi kadar zat terbang suatu bahan bakar, maka efisiensi pembakaran bahan akan menurun dan asap yang dihasilkan semakin banyak (Winata, 2013).

Kemudian dilakukan uji BNT 5% untuk mengetahui adanya nilai beda nyata antar perlakuan. Hasil uji lanjut BNT 5% menunjukkan perlakuan K1, K2 dan K3 diberikan notasi yang berbeda pada setiap perlakuan, yang artinya adanya pengaruh yang signifikan terhadap nilai kadar zat terbang. Hal ini menandakan bahwa terdapat perbedaan nyata kadar zat terbang antara komposisi sekam padi, komposisi serbuk gergaji kayu jati dan komposisi campuran.

### 3.4. Nilai Kalor

Kualitas biopelet pada nilai kalor tergantung pada komposisi kimia, kadar air, kadar abu dan zat terbang. Alat uji nilai kalor menggunakan Oxygen Bomb Calorimeter nomor seri alat IKA C5003 Control.

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Nilai Kalor

*Table 6.* Calorific Value Test Results

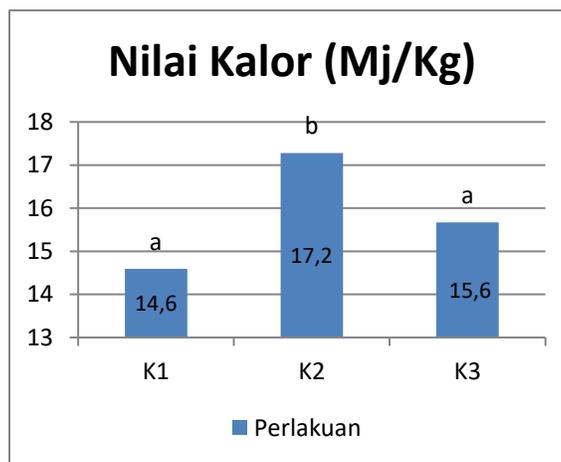
Perlakuan	Ulangan (Mj/Kg)		Rata-rata%
	1	2	

K1	14,42	14,75	14,59
K2	17,33	17,23	17,28
K3	15,58	15,75	15,67
<b>Rata-rata%</b>	15,78	15,91	15,84
<b>SNI 8675:2018 (min. 16,5 MJ/Kg)</b>			

Dari tabel 6. dapat diketahui bahwa nilai kalor pada penelitian biopelet tersebut memiliki rata-rata berkisar antara 14,59 MJ/Kg sampai dengan 17,28 MJ/Kg. Tabel pengujian nilai kalor biopelet diatas menunjukkan rata-rata nilai kalor terendah yaitu 14,42 MJ/Kg pada perlakuan menggunakan sekam padi. Sedangkan rata-rata nilai kalor tertinggi yaitu 17,33 MJ/kg dihasilkan dari perlakuan menggunakan serbuk gergaji kayu jati.

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa nilai kalor biopelet pada penelitian tersebut terdapat 2 perlakuan yang tidak memenuhi SNI. Jika dibandingkan dengan SNI 8675:2018, nilai kalor untuk biopelet skala rumah tangga minimal 16,5 MJ/kg. Dapat diketahui bahwa nilai kalor berbanding terbalik dengan kadar air. Semakin tinggi kadar air pada suatu bahan bakar, maka kalor yang dihasilkan semakin rendah (Iriany, 2016). Rendahnya nilai kalor diduga disebabkan oleh tingginya kadar air, kadar abu dan kadar zat terbang yang terkandung di dalam biopelet.

Selain itu penambahan bahan perekat juga mempengaruhi nilai kalor. Pada penelitian ini dilakukan penggunaan perekat dengan konsentrasi 10%. berdasarkan penelitian menurut Nurhilal dan Suryaningsih (2018), dimana perekat yang digunakan dalam penelitian ini adalah perekat molase yang berasal dari produk samping industri pengolahan gula dalam bentuk cair dengan konsentrasi 10%. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil yang paling optimal pada biopelet terdapat pada komposisi campuran antara sabut kelapa dan tempurung kelapa 50%:50%. Namun menurut penelitian Liliana (2010) yang menyebutkan bahwa perekat yang ideal untuk sebuah biopelet adalah 2,5% dari berat bahan. Kemudian untuk mengetahui adanya pengaruh bahan baku dan perekat terhadap nilai kalor maka dilakukan uji analisa keragaman (ANOVA). Hasil uji analisis keragaman (ANOVA) dapat dilihat pada tabel berikut.



**Gambar 4.** Hasil Uji BNT Nilai Kalor  
*Figure 4.* BNT Test Results Calorific Value

Dari Gambar 4. dapat diketahui bahwa hasil analisis satu arah menggunakan One Way ANOVA menunjukkan masing-masing perlakuan diperoleh nilai beda nyata yang artinya berpengaruh terhadap nilai kalor. Selain itu, nilai kalor juga dipengaruhi oleh kadar karbon terikatnya yang berbanding lurus dengan nilai kalornya. Ristianingsih (2015) mengatakan bahwa nilai kalor dipengaruhi oleh kadar karbon terikat pada suatu bahan. Berbanding lurus Semakin tinggi kadar karbon terikat maka semakin tinggi nilai kalor pada suatu biopelet.

Kemudian dilakukan uji BNT 5% untuk mengetahui adanya nilai beda nyata antar perlakuan. Hasil uji lanjut BNT 5% menunjukkan perlakuan K1 dan K2 diberikan notasi yang berbeda pada setiap perlakuan, yang artinya adanya pengaruh yang signifikan terhadap nilai kalor. Hal ini menandakan bahwa terdapat perbedaan nyata nilai kalor antara komposisi sekam padi, komposisi serbuk gergaji kayu jati.

### 5. Kadar Karbon Terikat

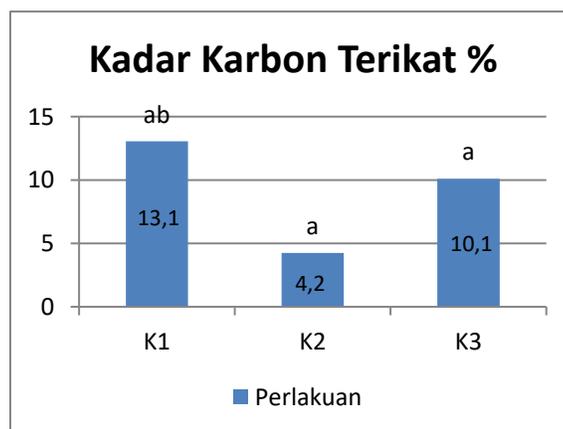
Pengujian kadar karbon terikat dimaksudkan untuk menguji jumlah karbon yang terbakar selama pembakaran biopellet. Nilai kadar karbon bisa langsung ditentukan setelah nilai kadar air, kadar abu dan kadar zat terbang diketahui.

**Tabel 7.** Hasil Pengujian Kadar Karbon Terikat  
*Table 7. Results of Bound Carbon Content Test*

Perlakuan	Ulangan			Rata-rata %
	1	2	3	
K1	14,03	15,01	10,12	13,05
K2	3,15	4,58	4,99	4,24
K3	9,36	9,71	11,23	10,10
Rata-rata (%)	8,85	9,77	8,78	6,32
<b>SNI 8675:2018 (min.14%)</b>				

Dari Tabel 7. dapat diketahui bahwa kadar karbon terikat pada penelitian biopellet tersebut memiliki rata-rata berkisar antara 4,24% sampai dengan 13,05%. Tabel pengujian kadar karbon terikat biopellet diatas menunjukkan rata-rata kadar karbon terikat terendah yaitu 3,15% pada perlakuan menggunakan serbuk gergaji kayu jati. Sedangkan rata-rata kadar karbon terikat tertinggi yaitu 14,03% dihasilkan dari perlakuan menggunakan sekam padi. Berdasarkan hasil penelitian, nilai karbon terikat yang dihasilkan berkisar antara 3,15% - 14,03% dimana tidak memenuhi standar Amerika yang mensyaratkan nilai karbon terikat sebesar 60%.

Jika dibandingkan dengan SNI 8675:2018, nilai kadar karbon terikat untuk biopellet skala rumah tangga minimal 14%. Sehingga semua kadar karbon terikat pada perlakuan yang dilakukan dari biopellet tersebut tidak memenuhi standar SNI. Nilai kadar karbon terikat diperoleh dari pengurangan berat total (100%) dengan kadar air, kadar abu, dan kadar zat terbang. Sehingga dalam menentukan kadar karbon terikat harus diperhatikan kadar air, kadar abu, dan kadar zat terbang. Kemudian untuk mengetahui adanya pengaruh bahan baku dan perekat terhadap nilai kalor maka dilakukan uji analisa keragaman (ANOVA). Hasil uji analisis keragaman (ANOVA) dapat dilihat pada tabel berikut.



**Gambar 5.** Hasil Uji BNT Kadar Karbon Terikat  
*Figure 5.* BNT Test Results for Bound Carbon Content

Dari Gambar 5. dapat diketahui bahwa hasil analisis satu arah menggunakan One Way ANOVA menunjukkan masing-masing perlakuan diperoleh nilai beda nyata yang artinya berpengaruh terhadap kadar karbon terikat. Komposisi berpengaruh terhadap kadar karbon terikat biopelet dimana karakteristik bahan baku sekam padi memiliki kadar karbon terikat yang lebih tinggi dibandingkan serbuk gergaji kayu. Biopelet dengan kadar karbon terikat tinggi cenderung memiliki nilai kalor yang lebih tinggi sehingga biopelet dengan perekat molase akan memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dikarenakan kadar karbon dari perekat molase yang tinggi.

Kemudian dilakukan uji BNT 5% untuk mengetahui adanya nilai beda nyata antar perlakuan. Hasil uji lanjut BNT 5% menunjukkan perlakuan K1, K2 dan K3 diberikan notasi yang sama pada setiap perlakuan, yang artinya tidak adanya pengaruh yang signifikan terhadap nilai kadar zat terbang. Hal ini menandakan bahwa terdapat tidak ada perbedaan nyata kadar karbon terikat antara komposisi sekam padi, komposisi serbuk gergaji kayu jati dan komposisi campuran. Menurut Lamanda *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa kadar karbon terikat dipengaruhi berbanding lurus dengan nilai kalor. Biopelet dengan kadar karbon terikat tinggi cenderung memiliki nilai kalor yang lebih tinggi. Hal tersebut dapat dikarenakan semakin banyaknya bahan padat yang dapat terbakar sehingga nilai kalor yang diberikan juga semakin besar

Namun pada penelitian tersebut berbanding terbalik dimana nilai kalor tinggi memiliki kadar karbon terikat yang rendah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Mahdie *et al.* (2016) Nilai karbon terikat yang dihasilkan pada biopelet berbanding terbalik dengan zat terbang. Semakin tinggi zat terbang maka karbon terikat akan semakin rendah. Selain itu, karbon terikat juga dipengaruhi oleh kadar abu dimana pada saat kadar abu rendah, maka karbon terikat juga rendah. Hal ini sejalan juga dengan hasil penelitian Zulfian *et al.* (2016) bahwa karbon terikat berkorelasi positif dengan kadar abu, dimana pada saat kadar abu rendah dapat menyebabkan karbon terikat yang dihasilkan rendah.

#### **4. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik hasil dari penelitian ini terdapat komposisi antara sekam padi dan serbuk gergaji kayu jati memiliki nilai karakteristik sifat fisis yang berbeda-beda. Diketahui komposisi sekam padi memiliki rata-rata kadar air 4,25%, kadar zat abu 16,43%, kadar zat terbang 68,84%, nilai kalor 14,59%, dan kadar karbon terikat 13,05%. Kemudian serbuk gergaji kayu memiliki kadar air 3,03%; kadar abu 2,76%; kadar zat terbang 91,93%; nilai kalor 17,28 MJ/Kg dan kadar karbon terikat 4,25%. Selanjutnya campuran antara sekam padi dan serbuk gergaji kayu memiliki kadar air 3,41%; kadar abu 11,16%; kadar zat terbang 79,04%; nilai kalor 15,67% MJ/kg dan kadar karbon terikat 10,10%/.

Formulasi terbaik dihasilkan oleh biopelet dengan komposisi serbuk gergaji kayu jati 100% dengan hasil parameter pengujian seperti kadar air 3,03%; kadar abu 2,76%; kadar zat terbang 91,93%; kadar karbon terikat 3,23% dan nilai kalor 17,28 MJ/kg.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Pada penelitian ini kami mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium THH, Laboratorium Kimiaproces dan Laboratorium Bioproces Universitas Mataram yang telah memfasilitasi penyediaan alat.

#### **Daftar Pustaka**

- Arsad, E. 2014. Sifat Fisik dan Kimia Wood Pellet dari Limbah Industri Perakayuan sebagai Sumber Energi Alternatif. Banjarbaru. Balai Riset dan Standarisasi Industri.
- Abram, P. K., et al. (2016). Pemanfaatan Biomassa Serbuk Gergaji Sebagai Penyerap Logam Timbal. Jurnal Akademik Kimia Universitas Tadulako 5(4) ISSN 2302-6030, 166-171.

- Arikunto S. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta. Jakarta
- BPS NTB. 2018. *Angka Ramalan II Tahun 2018 Produksi Padi Dan Palawija Provinsi Nusa Tenggara Barat*. (diunduh pada hari jum'at 4 juni 2022).
- Christanty, N. Ari. 2014. *Biopelet 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 Biopelet dari Kulit Cokelat (Theobroma cacao L.) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan*. *Jurnal Teknotan* Vol.11 (1): 51-60.
- El Bassam N, & Maegaard P. 2004. *Integrated renewable energy on rural communities. Planning guidelines, technologies and applications*. Elsevier. Amsterdam.
- Endah. L. Dwi. 2009. *Perancangan Bahan Bakar Biomassa dengan Heating Value Tinggi dan Emisi Rendah untuk Masyarakat Urban*. DTK. FT UI.
- Ghiffari, A. K. 2022. *Sifat Fisikokimia Dan Nilai Kalor Biopelet Terbuat Dari Campuran Sabut Kelapa Dan Limbah Tepung Porang Menggunakan Mesin Biofuel Pellet Sistem Kontinyu*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.
- Iriany, Meliza, Firman Abednego S. Sibarani, Irvan. 2016. *Pengaruh Perbandinganmassa ceng Gondok Dantempurung Kelapa Serta Kadar Perikat Tapioka Terhadap Karakteristik Briket*. *Jurnal Teknik Kimia Usu*, Vol 5 (1).
- Junaidi., Ariefin., Mawardi I. 2017. *Pengaruh Persentase Perikat Terhadap Karakteristik Pellet Kayu dari Kayu Sisa Gergajian*. *Jurnal Mesin Sains Terapan*. 1(1): 13-17
- Lamanda D. D., Setyawati D., Nurhaida, Diba F., & Roslinda E. 2015. *Karakteristik biopelet berdasarkan komposisi serbuk batang kelapa sawit dan arang kayu laban dengan jenis perikat sebagai bahan bakar alternatif terbarukan*. *Hutan Lestari*, 3(2), 313-321.
- Lestander, Torbjörn A. Finell, Michael, Samuelsson, Robert, Arshadi, & Mehrdad. 2012. *Industrial scale biofuel pellet production from blends of unbarked softwood and hardwood stems-the effects of raw material composition and moisture content on pellet quality*. *Fuel Processing Technology*, 95: 73-77.
- Liliana, W. 2010. *Peningkatan Kualitas Biopelet Bungkil Jarak Pagar Sebagai Bahan Bakar Melalui Teknik karbonisasi*. [Tesis] Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
- Lehmann, B. Schröder, H. W. Wollenberg, & Repke R. J. U. 2012. *Effect of miscanthus addition and different grinding processes on the quality of wood pellets*. *Biomass Energy*. 44: 150-159.
- Longjian, et al. 2009. *Renewable Energy from AgroResidues in China. Solid Biofuels and Biomass Briquetting Technology Renewable and Sustainable Energy Reviews. Renewable and Sustainable Energy*, 13: 2689-2695.
- Mahdie M F, D Subari, Sunardi, D. Ulfah. 2016. *Pengaruh Campuran Limbah Kayu Rambai dan Api-api Terhadap Kualitas Biopellet sebagai Energi Alternatif dari Lahan Basah*. Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal Hutan Tropis*. 4(3).
- Nadjib N. A. 2016. *Optimasi Proses Pembuatan Biopelet dari Ampas Kopi Instan dan Arang Tempurung Kelapa dengan Response Surface Method*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Nurhilal, O. & Suryaningsih, S. 2018. *Pengaruh Komposisi Campuran Sabut dan Tempurung Kelapa terhadap Nilai Kalor Biobriket dengan Perikat Molase*. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 2(1): 8-14
- Purnomo R C. 2017. *Karakteristik Pellet Kayu dari Limbah Serbuk Gergajian Kayu Ulin (Eusideroxylon zwageri T.et.B) Berdasarkan Perbedaan Jumlah Perikat*. Skripsi. Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat.
- Ristianingsih Y., Amrullah A., Tuhuloula A., Abdi C.. 2015. *Potensi Limbah Sisa Makanan Sebagai Bahan Bakar Alternatif yang Ramah Lingkungan*.

- Rudolfsson, M. 2016. Characterization and densification of carbonized lignocellulosic biomass (Doctoral Thesis). Swedish University of Agricultural Science.
- Satmoko, M. E. A., Saputro, D. D., dan Budiyono, A. 2013. Karakterisasi Briket dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon dengan Metode Cetak Panas. *Journal of Mechanical Engineering* 2(1)
- Schilling C., Jun S. Lee., B. Ghiasi., Maryam Tajilrou., M. Wöhler. J. C., Lim., X. Bi., A. Lau., Stefan Pelz., L. Tabil., S. Sokhansanj. 2015. Towards manufacturing The Ideal Pellet. In CSBE/SCGAB 2015 Annual Conference. Edmonton, Alberta 5-8 Juli 2015. The Canadian Society for Bioengineering.
- Suyoko M., Ridhuan K., Dharma U.S. 2020. Karakteristik biopelet tempurung kelapa dan serbuk kayu sebagai bahan bakar alternatif. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Metro. Lampung.
- Umrisu M. L, Redi K. Pingak, Albert Z. Johannes. 2018. Pengaruh Komposisi Sekam Padi Terhadap Parameter Fisis Briket Tempurung Kelapa. *Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana. Kupang.*
- Winata A. 2013. Karakteristik Biopelet dari Campuran Serbuk Kayu Sengon dengan Arang Sekam Padi sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Zulfian, Diba F., Setyawati D., Nurhaida, Roslinda E. 2015. Kualitas Biopelet Dari Limbah Batang Kelapa Sawit Pada Berbagai Ukuran Serbuk Dan Jenis Perekat. *Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura. Jurnal Hutan Lestari.* 3(2): 208.