



## **PEMANFAATAN LIMBAH SERABUT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis jacq.*) SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF DALAM PEMBUATAN BIOPELET**

**Dahliaana, Eddy Kurniawan\*, Zainuddin Ginting, Ishak, Rozanna Dewi**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

Korespondensi: HP: 08126965724, e-mail: eddy.kurniawan@unimal.ac.id

### **Abstrak**

*Kebutuhan energi makin meningkat seiring dengan perkembangan zaman dan pertumbuhan jumlah penduduk, peningkatan penggunaan energi dari bahan baku fosil menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca, sehingga perlu penyediaan sumber energi pengganti yang ramah lingkungan yaitu biopelet. Biopelet merupakan jenis bahan bakar padat berbasis limbah biomassa. Penelitian ini bertujuan untuk membuat energi alternatif yang berupa biopelet dengan memanfaatkan limbah serabut kelapa sawit, menentukan jenis dan persen perekat terhadap kualitas biopelet. Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahap, yaitu persiapan bahan baku, pencampuran perekat dengan variasi jenis dan persen perekat, dan pencetakan biopelet. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah Limbah serabut kelapa sawit PT IBAS bisa digunakan sebagai bahan bakar alternatif dalam bentuk biopelet. Biopelet terbaik berdasarkan jenis perekat yaitu biopelet dengan perekat tepung tapioka + sagu. Persen perekat sangat mempengaruhi kualitas biopelet yang dihasilkan, dimana semakin besar persen perkat maka semakin besar kadar air dan kadar abu yang didapatkan. Nilai kalor dipengaruhi oleh kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan kadar karbon terikat, dimana semakin tinggi kadar air dan kadar abu maka semakin rendah nilai kalor yang didapatkan, sebaliknya semakin tinggi kadar zat terbang dan karbon terikat maka semakin tinggi pula nilai kalor. Biopelet terbaik dari masing-masing perekat adalah biopelet dengan perekat 7,5% mendapatkan kadar air 9,8%, kadar abu 8,8%, kadar zat terbang 73,8%, kadar karbon terikat 10,1%, dan nilai kalor yaitu 16.451 j/g.*

*Kata kunci:* Biopelet, Serabut Kelapa Sawit, Biomassa, dan Nilai Kalor.

### **1. Pendahuluan**

Kebutuhan energi makin meningkat seiring dengan perkembangan zaman dan pertumbuhan jumlah penduduk, energi diperlukan untuk kegiatan industri, jasa, perhubungan dan rumah tangga. Namun berkurangnya cadangan minyak,

penghapusan subsidi menyebabkan harga minyak naik dan kualitas lingkungan menurun akibat penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan. Peningkatan penggunaan energi dari bahan baku yang berasal dari fosil ini menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca, sehingga perlu penyediaan sumber energi pengganti yang ramah lingkungan dengan jumlah yang melimpah dengan harga yang terjangkau. Seperti halnya yang terjadi saat ini, dimana bahan bakar minyak (BBM) makin langka dan harganya makin mahal dan secara sosial ekonomi akan berdampak pada masyarakat sebagai pengguna.

Biomassa merupakan bahan bakar yang bersifat ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil dan mengurangi pemanasan global, serta memiliki biaya produksi yang rendah. Pemilihan jenis limbah biomassa sebagai sumber energi alternative karena ketersediaan bahan yang berlimpah, murah, serta *renewable*. Biopellet merupakan jenis bahan bakar padat berbasis limbah biomassa yang memiliki ukuran lebih kecil dari briket (Zulfian, F. Diba, D. Setyawati, 2015). Biopellet adalah bahan bakar padat hasil pengempaan biomassa dengan ukuran, bentuk, kelembaban, densitas, dan kandungan energi yang seragam. Pellet diproduksi oleh suatu alat dengan mekanisme pemasukan bahan secara terus-menerus serta mendorong bahan yang telah dikeringkan dan termampatkan melewati lingkaran baja dengan beberapa lubang yang memiliki ukuran tertentu. Proses pemampatan ini menghasilkan bahan yang padat dan akan patah ketika mencapai panjang yang diinginkan (Zamirza, 2009).

Menurut SNI 8021: 2014, Kualitas biopellet yang baik mempunyai persyaratan seperti yang tercantum pada tabel 2.2

**Tabel 2.1** Kualitas Biopellet Standar Nasional Indonesia Tahun 2014

Parameter Uji	Persyaratan Jenis
Kadar air (%)	Maksimal 12
Kadar abu (%)	Maksimal 1,5
Kadar karbon terikat (%)	Minimum 14
Kadar zat terbang (%)	Minimum 80
Nilai kalor (Kal/gr)	Minimum 4000

(Sumber: SNI, 2014)

Serabut kelapa sawit merupakan limbah padat yang berasal dari ampas perasan buah kelapa sawit yang diambil minyaknya pada stasiun pengepresan proses pengolahan kelapa sawit. Selama ini serabut kelapa sawit dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler dan sebagai pupuk kompos. Hal ini karena serabut kelapa sawit mengandung selulosa yang dapat dihidrolisis menjadi glukosa dengan bantuan enzim ataupun asam. Serabut kelapa sawit merupakan biomassa lignoselulosa berupa serat. dengan komponen utama selulosa 59,6%, lignin 28,5%, protein kasar 3,6%, lemak 1,9%, abu 5,6% dan impurities 8% (Wirman, 2016).

Komponen lignoselulosa bahan alam (lignin, selulosa, dan hemiselulosa) mengandung unsur utama karbon dan hidrogen yang merupakan unsur utama proses pembakaran dimana karbon berkolarasi positif terhadap nilai kalori biomassa. Kandungan lignin dari bahan alam memiliki kontribusi kalori yang lebih tinggi dibandingkan dengan selulosa karena lignin memiliki unsur karbon yang lebih tinggi dari selulosa, selain itu lignin juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan perekat atau pengikat alami. Selulosa dan hemiselulosa merupakan komponen utama lainnya dalam bahan alam berlignoselulosa. Selain memberikan pengaruh terhadap nilai kalori, kandungan selulosa juga memberikan pengaruh terhadap kadar air atau sifat higroskopis biopellet (Prabawa & Miyono, 2017).

Perekat merupakan bahan yang mempunyai kemampuan untuk mengikat atau menyatukan partikel-partikel yang terpisah satu sama lain (Nasruddin 2011). Penggunaan atau pemakaian bahan perekat maka ikatan antar partikel akan semakin kuat, butiran-butiran arang akan saling mengikat yang menyebabkan air terikat dalam pori-pori arang. Penggunaan bahan perekat dimaksudkan untuk menarik air dan membentuk tekstur yang padat atau mengikat substrat yang akan di rekatkan. Salah satu syarat yang perlu diperhatikan dalam memilih extender perekat adalah harus memiliki daya rekat yang kuat. Bahan yang memiliki daya rekat yang cukup kuat biasanya yang mengandung protein dan pati khususnya amylopektin yang cukup tinggi seperti terigu, tapioca, maizena, sagu. Perekat kanji yang berasal dari tepung kanji (tapioca) sebagai bahan perekat mempunyai

kemampuan untuk mengikat partikel-partikel, dimana kanji sebagai bahan perekat diantaranya mengandung amilosa 17%, dan amilopektin 83%.

## **2. Bahan dan Metode**

Peralatan yang diperlukan pada penelitian ini antara lain ayakan, neraca digital, pellet mill, bom kalorimeter, oven, cawan porselin, penggiling, furnace, spatula, dan stopwatch. Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain serabut kelapa sawit, tepung tapioka, tepung sagu, dan aquadest. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap yaitu persiapan bahan baku, pencampuran dengan perekat, dan pencetakan biopelet.

Pada tahap persiapan bahan baku, limbah serabut kelapa sawit dikeringkan menggunakan oven selama 1 jam pada suhu 110°C. Kemudian serabut dipotong kecil-kecil dan digiling menggunakan alat penggiling. Setelah digiling, serbuk serabut kelapa sawit diayak menggunakan ayakan ukuran 50 mesh. Pada tahap pencampuran dengan perekat, tepung tapioka ditimbang dan dimasukkan kedalam labu ukur. Kemudian dilarutkan dengan aquades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen. Larutan yang telah homogen dimasukkan kedalam gelas kimia dan dipanaskan pada suhu 60°C hingga larutan mengental. Selanjutnya serbuk serabut kelapa sawit dicampur dengan perekat dengan variasi perekat 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari berat bahan baku.

Kemudian pada tahap pencetakan biopelet, serbuk yang telah dicampur dengan perekat dicetak dengan menggunakan mesin pellet yaitu pellet mill dengan suhu 150°C dan pada tekanan 260 kg/cm<sup>3</sup>. Setelah dikeluarkan dari mesin, biopelet yang masih dalam keadaan panas akan dipanaskan menggunakan oven selama 1 jam dengan suhu 100°C. Kemudian biopelet yang sudah dikeringkan akan dilakukan pengujian mutu biopelet. Mutu biopelet terdiri atas nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan kadar karbon terikat.

Besarnya nilai kalor suatu bahan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 1.

$$\text{Nilai kalor (kkal / kg)} = \frac{\Delta t \times W}{mbb} - B$$

Dimana:

- $\Delta t$  = Perbedaan suhu rata-rata ( $^{\circ}\text{C}$ );  
 $W$  = Nilai air calorimeter (kal /  $^{\circ}\text{C}$ );  
 $B$  = Koreksi panas pada kawat besi (kal / g)

Perhitungan nilai kadar air dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{BB - BKT}{BKT} \times 100\%$$

Dimana:

- $BB$  = Berat sebelum dikeringkan dalam oven (g);  
 $BKT$  = Berat setelah dikeringkan dalam oven (g).

Perhitungan nilai kadar abu dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 3.

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

Perhitungan nilai kadar zat terbang dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 4.

$$\text{Kadar zat terbang (\%)} = \frac{B - C}{W} \times 100\%$$

Dimana:

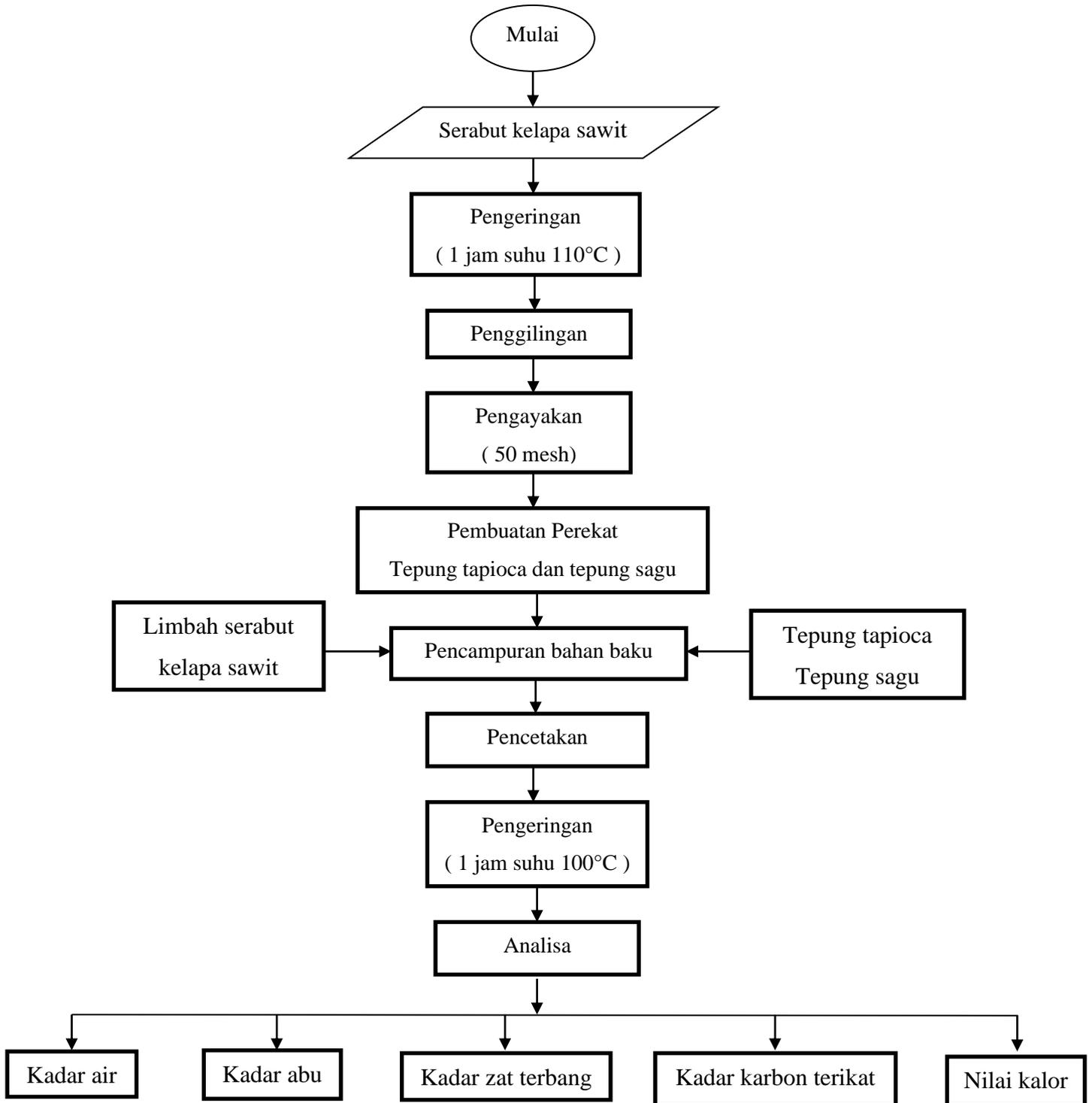
- $B$  = Berat sampel setelah dikeringkan dari uji kadar air (g);  
 $C$  = Berat sampel setelah dipanaskan dalam tanur (g);  
 $W$  = Berat sampel awal sebelum pengujian kadar air (g).

Perhitungan nilai kadar karbon terikat dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 5.

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

Dimana:

- $\text{KKT}$  = Kadar Karbon Terikat



**Gambar 1** Blog Diagram Pembuatan Biopellet dari Serabut Kelapa Sawit

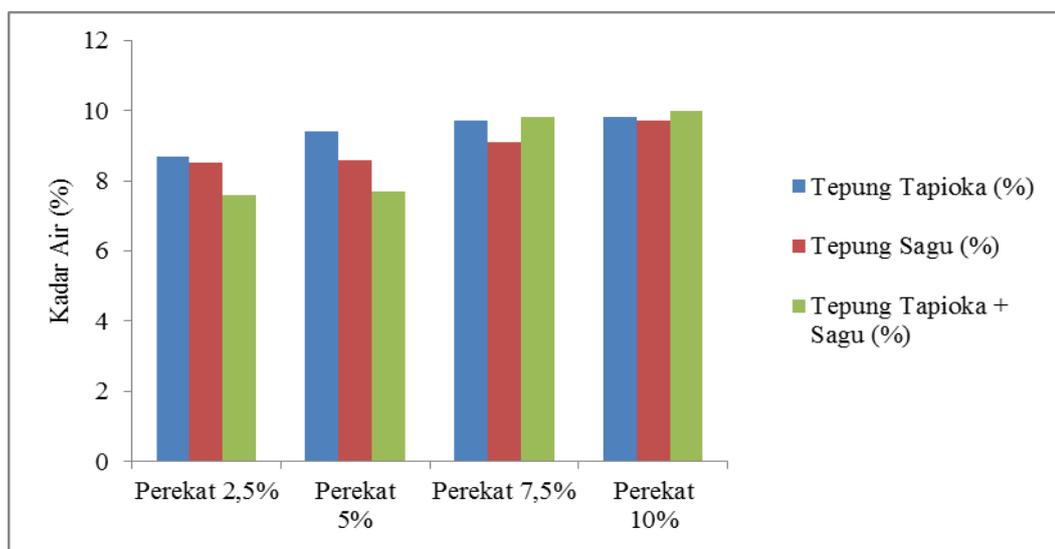
### **3. Hasil dan Diskusi**

#### **3.1 Pembuatan Biopelet**

Pembuatan biopelet dilakukan dengan cara mengayak serabut kelapa sawit yang telah dihaluskan dengan ayakan 50 mesh, kemudian dicampur dengan perekat. Perekat yang digunakan yaitu tepung tapioka dan tepung sagu dengan persen perekat yaitu 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari berat serabut kelapa sawit. Penambahan perekat bertujuan untuk menarik air dan membentuk tekstur yang padat atau mengikat substrat yang akan direkatkan. Hasil adonan yang telah ditambah perekat dan dicetak dengan menggunakan alat cetakan manual. Tujuan pencetakan yaitu memperbaiki penampilan dan tekstur dari biopelet serta mempermudah dalam penggunaan terutama pada pembakaran dan pengemasan.

#### **3.2 Penentuan Kadar Air pada Biopelet dengan Perekat yang berbeda**

Kadar air merupakan parameter yang penting dalam menentukan kualitas suatu biopelet, karena menentukan daya tahan dan kerapatan biopelet. Kadar air yang tinggi pada bahan bakar biopelet akan menyebabkan proses pembakaran lambat dan menimbulkan banyak asap dan temperature api yang rendah pada waktu pembakaran, menyebabkan efisiensi pembakaran rendah, polusi udara, dan proses penyalaan menjadi sulit (Mustamu et al., 2018). Nilai kadar air biopelet pada penelitian ini berkisar antara 7,6 - 9,97 %, dimana kadar air tertinggi terdapat pada biopelet 10% perekat tepung tapioka + sagu sedangkan nilai terendah terdapat pada biopelet 2,5% perekat tepung tapioka + sagu. Nilai kadar air ini memenuhi standar SNI 8021: 2014 yaitu nilai kadar air biopelet maksimal 12%. Perbandingan hasil perhitungan kadar air biopelet dapat dilihat pada grafik di gambar 2.



**Gambar 2** Kadar Air Biopellet

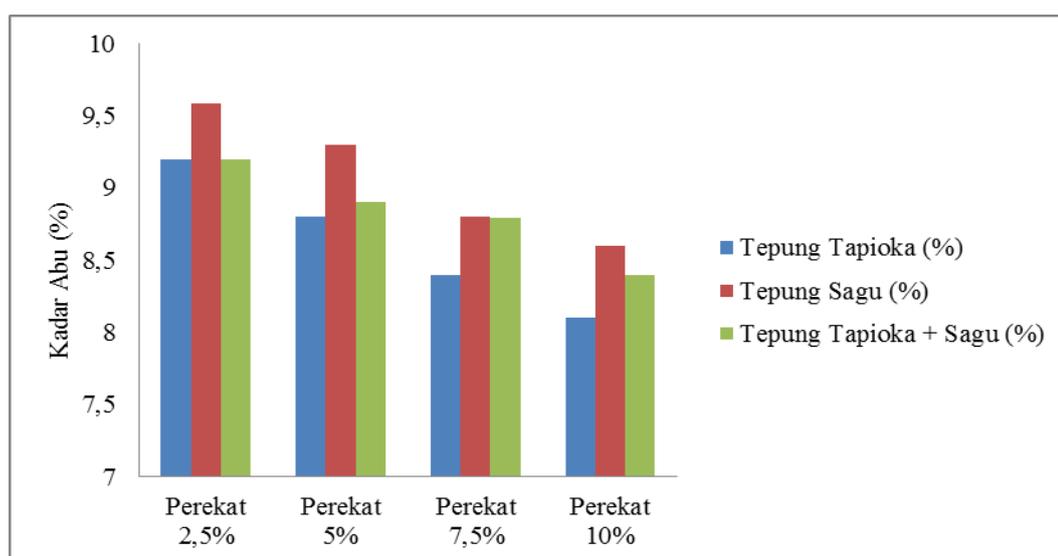
Analisis keragaman menunjukkan bahwa persen perekat memberikan pengaruh terhadap nilai kadar air biopellet. Kadar air cenderung naik dengan semakin banyaknya perekat yang digunakan. Hasil penelitian ini sesuai dengan jurnal (Zulfian, F. Diba, D. Setyawati, 2015) yaitu pembuatan biopellet menggunakan campuran air dan perekat dapat berpengaruh pada peningkatan kadar air biopellet. Sesuai dengan hasil penelitian, Ali dan Restuhadi (2010) menyatakan penambahan air selama proses pencampuran bungkil picung dan bahan tambahan berpengaruh pada peningkatan kadar air biopellet. Faktor perekat juga berperan penting pada peningkatan kadar air biopellet. Gambar 4.1 menunjukkan penggunaan perekat tepung tapioka + sago cenderung menghasilkan kadar air lebih tinggi daripada perekat yang tidak dicampur. Hal ini disebabkan kandungan air bawaan dari kedua jenis perekat, dimana tepung sago memiliki kadar air 14,1% dan kandungan kadar air tepung tapioka sebesar 9,84% (Arifin, dkk 2010).

### **3.3 Penentuan Kadar Abu pada Biopellet dengan Perekat yang berbeda**

Abu merupakan kotoran yang tidak akan terbakar. Kadar abu menyebabkan dalam pembakaran akan mengurangi kapasitas pembakaran, menyebabkan penggumpalan dan penyumbatan didalam ruang bakar. Semakin tinggi suhu pengempaan maka semakin tinggi kadar abu biopellet yang dihasilkan.

Kadar abu yang tinggi akan menyebabkan panas yang dihasilkan menurun karena adanya penumpukan abu pada saat pembakaran berlangsung, sehingga dapat memberi dampak negative pada pellet, dan juga mengakibatkan kerak yang menyebabkan korosi. Sebaliknya semakin rendah kadar abu maka biopellet yang dihasilkan semakin baik (Mustamu et al., 2018).

Nilai kadar abu biopellet pada penelitian ini berkisar antara 8,1 – 9,5% dimana kadar abu paling tinggi terdapat pada biopellet dengan perekat 2,5% tepung sagu sedangkan nilai terendah terdapat pada biopellet dengan perekat 10% tepung tapioka. Nilai air yang dihasilkan tidak sesuai dengan SNI 8021: 2014 yang mensyaratkan maksimal 1,5%. Nilai kadar abu pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.

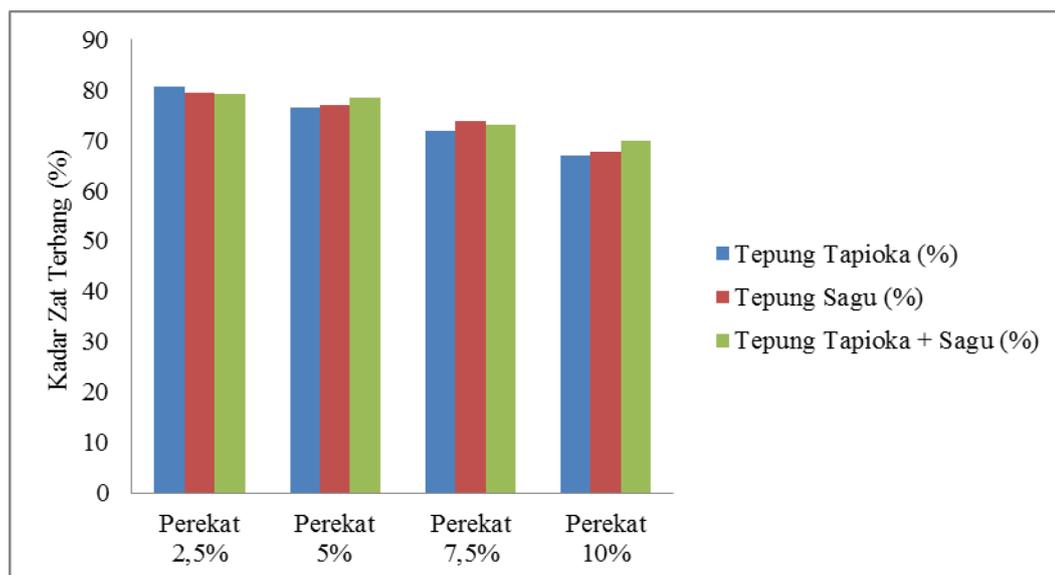


**Gambar 3** Kadar Abu Biopellet

Berdasarkan hasil analisis keragaman diketahui perlakuan jenis perekat dan persen perekat berpengaruh terhadap kadar abu biopellet. Berdasarkan hasil penelitian ini, kadar abu yang dihasilkan cukup tinggi di karenakan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan biopellet adalah serabut kelapa sawit yang banyak mengandung silika. Semakin tinggi kandungan silika pada biomassa maka kadar abu yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian (Zulfian, F. Diba, D. Setyawati, 2015) yang menyatakan kandungan silika pada batang kelapa sawit tergolong tinggi.

### 3.4 Penentuan Kadar Zat Terbang pada Biopelet dengan Perekat yang berbeda

Kadar zat terbang adalah persentase berat yang hilang bila biopelet dipanaskan tanpa udara luar serta dikoreksi dari jumlah air per contoh (SNI 8021, 2014). Factor yang mempengaruhi tingginya kadar zat terbang yaitu tidak dilakukan karbonisasi pada serbuk yang digunakan (Mustamu et al., 2018). Hasil penelitian menunjukkan nilai kadar zat terbang berkisar antara 67 – 80,7%, dimana kadar zat terbang tertinggi terdapat pada biopelet dengan perekat 10% tepung tapioka sedangkan terendah terdapat pada biopelet dengan perekat 2,5% tepung tapioka. Nilai kadar zat terbang tidak memenuhi standar SNI 8021: 2014 yang mensyaratkan nilai kadar zat terbang minimum 80% tetapi tidak semua biopelet hasil penelitian memenuhi standar. Nilai kadar zat terbang dapat dilihat pada gambar 4

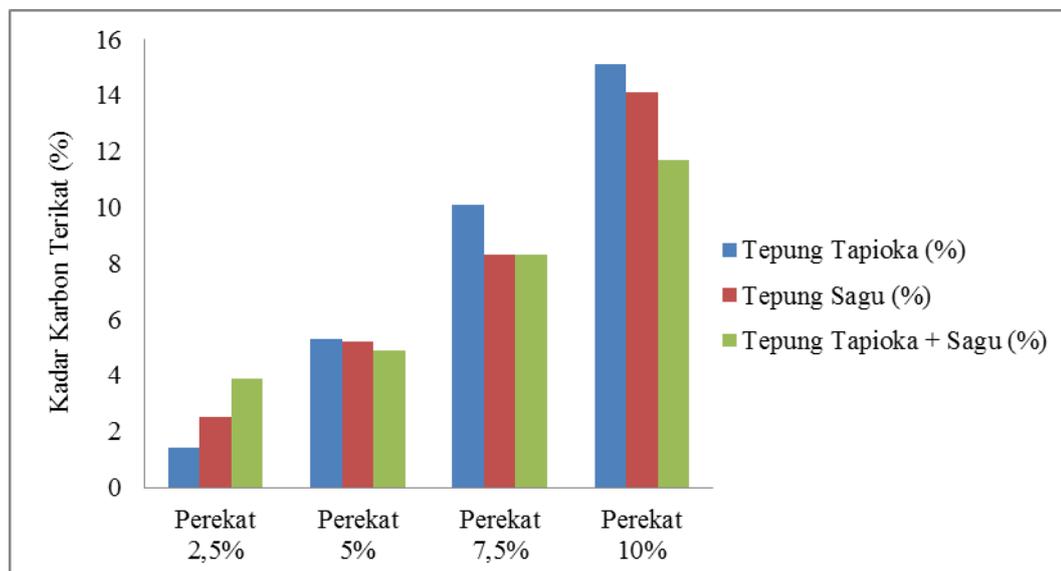


**Gambar 4** Kadar Zat Terbang Biopelet

Berdasarkan hasil analisis keragaman jenis perekat dan persen perekat berpengaruh terhadap nilai kadar zat terbang biopelet. Penelitian ini menggunakan serabut kelapa sawit yang tidak mengalami proses karbonisasi pada serbuk yang digunakan. Hal ini sesuai dengan penelitian (Mustamu et al., 2018) yang menyatakan bahwa karbonisasi sekam padi bertujuan untuk mengurangi kadar zat terbang penyebab asap dan meningkatkan nilai kalor pembakaran.

### 3.5 Penentuan Kadar Karbon Terikat pada Biopelet dengan Perekat yang berbeda

Kadar karbon terikat didefinisikan sebagai fraksi karbon dalam biomassa selain fraksi air, zat terbang, dan abu. Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh unsur penyusunnya seperti karbon, hydrogen, dan oksigen. Kadar karbon terikat sebagai parameter kualitas bahan bakar karena mempengaruhi besarnya nilai kalor (Mustamu et al., 2018). Nilai kadar karbon terikat pada penelitian ini berkisar antara 1,4 – 15,1%, dimana kadar karbon terikat tertinggi terdapat pada biopelet dengan perekat 10% tepung tapioka sedangkan terendah terdapat pada biopelet dengan perekat 2,5% tepung tapioka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar karbon terikat biopelet serabut kelapa sawit memenuhi standar SNI 8021: 2014 yang mensyaratkan nilai minimum 14% tetapi tidak semua biopelet hasil penelitian memenuhi standar karena ada nilai yang kurang dari 14%. Nilai kadar karbon terikat pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 5.

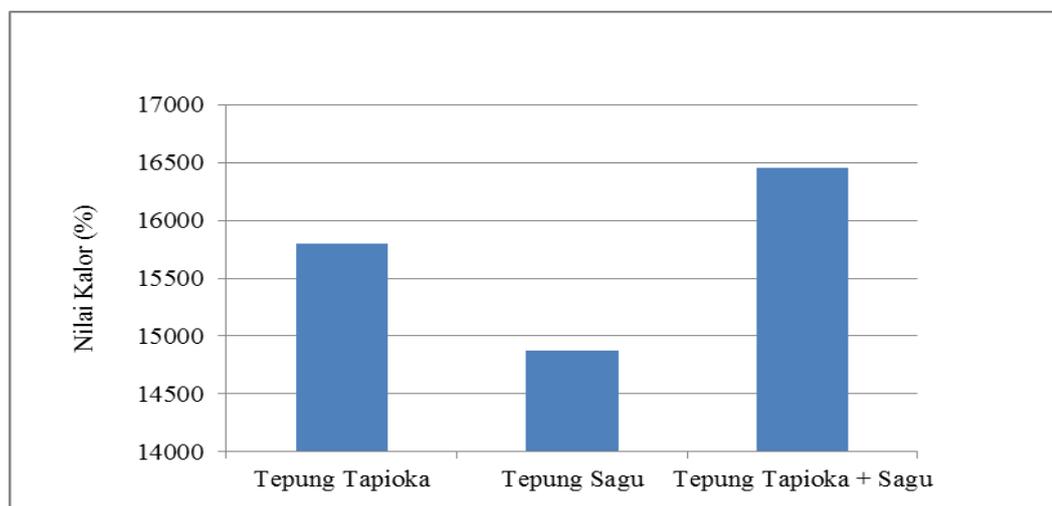


**Gambar 5** Kadar Karbon Terikat Biopelet

Berdasarkan hasil analisis keargaman, diketahui bahwa jenis perekat dan persen perekat berpengaruh terhadap nilai kadar karbon terikat biopelet. Hal ini dikarenakan tingginya nilai kadar abu dan zat terbang yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian (Mustamu et al., 2018) yang menyatakan bahwa kadar karbon terikat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar zat terbang.

### **3.6 Penentuan Nilai Kalor pada Biopellet dengan Perekat yang berbeda**

Nilai kalor merupakan parameter utama mutu biopellet, dan sangat penting dalam menentukan efisiensi suatu bahan bakar (Ali & Restuhadi, 2010). Menurut (Basu, 2018) nilai kalor dipengaruhi oleh kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, dan kadar karbon terikat. Nilai kalor tertinggi terdapat pada biopellet perekat tepung tapioka + sagu yaitu 16451 j/g sedangkan terendah terdapat pada biopellet dengan perekat tepung sagu yaitu 14878 j/g. Nilai kalor pada penelitian ini tidak sesuai dengan SNI 8021:2014 yang mensyaratkan nilai kalor minimum yaitu 4000 kal/g. Namun dikarenakan bahan nya dari limbah sehingga masih layak digunakan. Nilai kalor pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 6.



**Gambar 6** Nilai Kalor

Berdasarkan hasil analisis keergaman, diketahui bahwa jenis perekat berpengaruh terhadap nilai kalor biopellet. Hal ini dikarenakan kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan karbon terikat yang didapatkan, dimana semakin tingginya kadar air dan kadar abu maka semakin rendah nilai kalor yang didapatkan. Sebaliknya semakin tinggi kadar zat terbang dan karbon terikat maka semakin tinggi pula nilai kalor yang didapatkan. Hal ini sesuai dengan penelitian (Setiawan, 2016) yang menyatakan selain kadar volatile matter dan kadar karbon tetap yang tinggi nilai kalor akan meningkat dengan semakin rendahnya nilai kadar abu dan kadar air bahan bakar cangkang dan serabut buah kelapa sawit.

**Tabel 1.** Analisis pada Biopellet dari Limbah Serabut Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis jacg.*)

No.	Variabel Terikat		Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar zat Terbang (%)	Kadar Karbon Terikat (%)
	Jenis Perekat	Persen Perekat (%)				
1.	Tepung	2,5	8,7	9,2	80,7	1,4
2.	Tapioka	5	9,4	8,8	76,5	5,3
3.		7,5	9,7	8,4	71,79	10,1
4.		10	9,8	8,1	67	15,1
5.	Tepung Sagu	2,5	8,5	9,59	79,4	2,5
6.		5	8,6	9,3	76,9	5,2
7.		7,5	9,1	8,8	73,8	8,3
8.		10	9,7	8,6	67,6	14,1
9.	Tepung	2,5	7,6	9,2	79,3	3,9
10.	Tapioka + Sagu	5	7,7	8,9	78,5	4,9
11.		7,5	9,8	8,79	73,1	8,3
12.		10	9,97	8,4	69,9	11,7

(Sumber: Penelitian, 2021)

**Tabel 2.** Hasil Analisis Nilai Kalor pada Biopellet Limbah Serabut Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis jacg.*)

Persen Perekat (%)	Jenis Perekat	Nilai Kalor (J/g)
5	Tepung Tapioka	15.798
5	Tepung Sagu	14.878
5	Tepung Tapioka + Sagu	16.451

(Sumber: Penelitian, 2021)

#### 4. Simpulan dan Saran

Limbah serabut kelapa sawit PT IBAS bisa digunakan sebagai bahan bakar alternatif dalam bentuk biopellet. Biopellet terbaik berdasarkan jenis perekat yaitu biopellet dengan perekat tepung tapioka + sagu. Persen perekat sangat mempengaruhi kualitas biopellet yang dihasilkan, dimana semakin besar persen perekat maka semakin besar kadar air dan kadar abu yang didapatkan. Nilai kalor dipengaruhi oleh kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan kadar karbon terikat. Dimana semakin tinggi kadar air dan kadar abu maka semakin rendah nilai kalor yang didapatkan, sebaliknya semakin tinggi kadar zat terbang dan karbon terikat

maka semakin tinggi pula nilai kalor. Biopellet terbaik dari masing-masing perekat adalah biopellet dengan perekat 7,5% mendapatkan kadar air 9,8%, kadar abu 8,8%, kadar zat terbang 73,8%, kadar karbon terikat 10,1%, dan nilai kalor yaitu 16.451 j/g.

Sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan, penggunaan limbah serabut kelapa sawit dapat dijadikan bahan pembuatan biopellet untuk energi alternatif, namun nilai kalor yang didapatkan tidak memenuhi standar SNI. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya bahan yang digunakan dicampur dengan bahan yang lebih keras seperti cangkang kelapa sawit dan cangkang kelapa agar nilai kalor yang didapatkan lebih bagus.

## **5. Daftar Pustaka**

1. Basu, P. (2018). *Biomass gasification and pyrolysis, practical design and theory*. US: Academic Press. 19(4), 179.
2. Mustamu, S., Hermawan, D., & Pari, G. (2018). Karakteristik Biopellet Dari Limbah Padat Kayu Putih Dan Gondorukem. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(3), 191–204.
3. Mustamu, S., & Pattiruhu, G. (2018). Pembuatan Biopellet Dari Kayu Putih Dengan Penambahan Gondorukem Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 2(1), 91–100.
4. Setiawan, Y. (2016). Karakteristik Campuran Cangkang Dan Serabut Buah Kelapa Sawit Terhadap Nilai Kalor Di Propinsi Bangka Belitung. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 1(1), 38–43.
5. Wirman, S. P. (2016). Karakterisasi Komposit Serat Sabut Kelapa Sawit Dengan. *Journal Online of Physics*, 1, 10–15. <https://online->
6. Zamirza, F. (2009). Pembuatan Biopellet dari Bungkil Jarak Pagar (*Jathropa culcas L*) dengan Penambahan Sludge dan Perekat Tapioka. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. *Jurnal Medika Veterinaria*.
7. Zulfian, F. Diba, D. Setyawati, N. dan E. R. (2015). Kualitas Biopellet dari Limbah Batang Kelapa Sawit pada Berbagai Ukuran Serbuk dan Jenis Perekat. *Jurnal Hutan Lestari*, 3(2), 287.