

Karakteristik Biopellet dari Limbah Biomassa Tanaman dengan Perekat Tepung

Ahmad Lukmanto^{1*}, Galuh Banowati²

¹Program Studi Pengelolaan Perkebunan, Politeknik LPP Yogyakarta

²Program Studi Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik LPP Yogyakarta

*Email: glb@polteklpp.ac.id

Abstrak

Biomassa merupakan material yang berasal dari organisme hidup yang meliputi tumbuh-tumbuhan, hewan, produk dan limbah industri budidaya. Pemanfaatan biomassa salah satunya adalah biopellet. Biopellet adalah bahan bakar terbarukan yang berasal dari biomassa dan dapat digunakan sebagai bahan bakar dengan ukuran yang relatif kecil. Salah satu biomassa yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan biopellet yaitu tandan kosong kelapa sawit dan sekam padi. Tujuan dari Penelitian ini untuk mengetahui potensi dan memaksimalkan biomassa tersebut, jenis perekat dan konsentrasi perekat yang sesuai untuk menghasilkan biopellet berkualitas. Komposisi campuran bahan baku TKKS dan sekam padi adalah 50%:50% dengan perbandingan perekat tepung tapioka dan tepung jagung 5%, 10% dan 15%. Metode yang digunakan pada Penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dengan menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) Faktorial dengan analisa ANOVA. Kemudian dilakukan pengujian kualitas biopellet seperti nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, densitas dan laju pembakaran. Standar mutu biopellet yang digunakan adalah SNI 8675:2018. Pengaruh penggunaan jenis perekat dan konsentrasi yang berbeda memberikan hasil yang berbeda pada nilai kalor, kadar air, kadar abu (ash), kadar zat terbang, densitas dan laju pembakaran. Perlakuan pada uji nilai kalor, kadar air, kadar abu dan kadar zat terbang terkecuali densitas memenuhi standar dari SNI 8675:2018.

Kata kunci: Biomassa, Biopellet, TKKS

Abstract

Biomass comes from living organisms, including plants, animals, products and waste from the cultivation industry. One of the uses of biomass is bio pellets. Biopellets are a renewable fuel that comes from biomass and can be used as fuel in a relatively small size. One of the biomasses used to make pellets is empty oil palm bunches and rice husks. This research aims to determine the potential and maximize the biomass, the type of adhesive, and the appropriate adhesive concentration to produce quality pellets. The composition of the mixture of TKKS raw materials and rice husks is 50%:50% with a ratio of tapioca flour and corn flour adhesive of 5%, 10%, and 15%. The method used in this research is a quantitative approach using factorial CRD (Completely Randomized Design) with ANOVA analysis and then testing the quality of the pellets, such as calorific value, water content, ash content, volatile matter content, density, and burning rate. The pellet quality standard used is SNI 8675:2018. Different types of adhesives and concentrations give different results on calorific value, water content, ash content, volatile matter content, density, and burning rate. Treatment in the calorific value test, water content, ash content, and volatile matter content except density meet the standards of SNI 8675:2018.

Keywords: Biomass, Biopellets, EFB

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai Negara agraris yang memiliki lahan Pertanian yang luas, sumber daya alam yang beragam dan melimpah. Sektor pertanian di Indonesia terbagi menjadi 5 subsektor diantaranya subsektor pertanian pangan, subsektor perkebunan, subsektor kehutanan, subsektor peternakan dan subsektor perikanan. Salah satu komoditi tanaman yang termasuk kedalam subsektor pangan dan Perkebunan diantaranya padi dan kelapa sawit. Indonesia merupakan Negara penghasil kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) terbesar didunia. Menurut data Badan Pusat Statistik (2023) luas perkebunan kelapa sawit Indonesia mencapai 14,99 juta hektare pada tahun 2022, peningkatan 2,49% dari 14,62 juta hektare pada tahun sebelumnya. Sedangkan luas panen padi mencapai 10,45 juta hektare atau mengalami kenaikan 40,87 ribu hektare (Badan Pusat Statistik, 2022). Limbah yang banyak dihasilkan oleh kedua komoditi tersebut adalah tandan kosong kelapa sawit dan sekam padi.

Namun, pemanfaatan limbah tersebut di Indonesia masih belum maksimal. Tidak semua pabrik kelapa sawit maupun padi yang mampu mengolah kembali limbah tersebut, sehingga permasalahan yang muncul adalah melimpahnya kedua limbah tersebut. Salah satu pemanfaatan limbah TKKS maupun sekam padi adalah dengan mengubahnya menjadi biopelet. Biopelet merupakan bahan bakar dari biomassa yang berbentuk seperti pelet yang memiliki keseragaman ukuran, bentuk, kelembapan, densitas dan kandungan energinya (Guomuo *et al.*, 2014). Proses pembuatan biopelet dapat dilakukan dengan metode karbonisasi, yaitu proses yang menggunakan serta mengurangi limbah biomassa yang tidak bisa dimanfaatkan dengan baik.

Penelitian ini diharapkan dapat mempelajari potensi pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit dan sekam padi sebagai bahan baku untuk pembuatan biopelet. Lalu, untuk mengetahui jenis perekat dan konsentrasi terbaik antara perekat tepung tapioka dan tepung jagung. Pada penelitian ini, diamati karakteristik fisikokimia berdasarkan SNI 8675:2018. Adapun karakteristik yang dapat diamati adalah nilai kalor, kadar air, kadar abu (*ash*), kadar zat terbang, densitas dan laju pembakaran. Dengan demikian, penelitian ini dapat ber sebagai rekomendasi untuk pembuatan bahan bakar alternatif untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar.

METODE

Pelaksanaan dilaksanakan di Laboratorium teknologi rekayasa kimia industri, Politeknik LPP Yogyakarta. Waktu Penelitian dilakukan selama 4 bulan, mulai dari bulan Oktober 2023 sampai dengan Januari 2024.

Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk kegiatan penelitian ini meliputi: oven, mortal, ayakan, ember, timbangan analitik, pengaduk, desikator, korek api, lampu spiritus, *stopwatch*, *bomb calorimeter*, tanur, cawan porselen dan alat karbonisasi. Bahan yang digunakan dalam kegiatan penelitian meliputi tepung jagung, tepung terigu, *Aquades*, tandan kosong kelapa sawit dan sekam padi.

Rancangan percobaan

Rancangan penelitian biopellet menggunakan analisis ANOVA dengan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan rancangan percobaan yang tersusun sebagai berikut:

Faktor 1 : Jenis Perekat

- a. Tepung tapioka (T)
- b. Tepung jagung (J)

Faktor 2 : Konsentrasi Perekat

- a. 5 % (5)
- b. 10 % (10)
- c. 15 % (15)

Pretreatment

Proses *pretreatment* diawali dengan pengeringan bahan baku yang sudah ada. Pengeringan bertujuan agar kadar air yang terkandung pada bahan berkurang. Pada tandan kosong kelapa sawit, pencacahan dilakukan sebelum melakukan pengeringan. Kemudian dilakukan perendaman tandan kosong kelapa sawit dengan air bersih selama satu hari, agar mengurangi kadar minyak yang ada pada TKKS, karena kadar minyak yang tinggi akan menyulitkan saat proses penghalusan. Setelah direndam, TKKS kemudian dikeringkan pada terik matahari hingga kering dan berwarna coklat muda. Lama penyinaran sekam padi hingga fisik sekam padi berwarna coklat kekuningan dan kering. Hal ini dikarenakan kandungan air pada sekam memiliki kadar air yang cukup sedikit jika dibandingkan dengan TKKS yang tinggi akan kandungan minyaknya.



Gambar 1. Bahan baku yang sudah kering

Penghalusan Bahan

Sebelum tahap penghalusan bahan, dilakukan proses karbonisasi pada TKKS. Tandan kosong kelapa sawit yang akan dikarbonisasikan sebanyak 1500 g. Karbonisasi adalah proses yang mana unsur – unsur oksigen dan hidrogen dihilangkan dari karbon dan menghasilkan karbon yang mempunyai struktur tertentu. Karbonisasi juga diartikan sebagai proses pembakaran dalam ruang tertutup dengan minim oksigen untuk menghasilkan bahan baku menjadi produk berwarna hitam. Waktu karbonisasi selama 4 jam pada suhu 400-600°C. Setelah proses karbonisasi dilakukan proses penghalusan pada bahan. Tahap ini dilakukan dengan menggiling potongan kecil dari TKKS yang sudah mengalami proses karbonisasi menjadi serbuk dengan ukuran yang seragam dengan ayakan 60 *mesh*. Sekam padi yang sudah dikarbonisasi akan digiling menggunakan mortar menjadi serbuk dengan ukuran partikel yang seragam dengan ayakan ukuran 60 *mesh*.



Gambar 2. Proses karbonisasi bahan baku

Pencampuran Bahan

Dalam Penelitian ini variabel yang digunakan yaitu perbandingan jenis perekat dan komposisi bahan perekat. Bahan-bahan yang telah dihaluskan selanjutnya dicampur dengan variasi yang berbeda. Masing-masing perlakuan menggunakan total bahan baku sebesar 50 g.



Gambar 3. Bahan baku yang sudah dihaluskan (sekam padi dan kelapa sawit)

Kemudian ditambahkan perekat tepung 5%, 10% dan 15% dari berat bahan baku yang digunakan. Dengan masing-masing perbandingan 1 : 6, artinya setiap 1 bagian tepung digunakan 6 bagian air, kemudian dipanaskan pada suhu 70°C.

Pembuatan Biopellet

Setiap bahan dimasukkan kedalam ember sesuai dengan variasi yang telah ditentukan serta diaduk dengan penambahan perekat tepung tapioka dan tepung jagung yang telah disiapkan hingga homogen. Selanjutnya adonan dicetak menggunakan cetakkan manual berupa *stainless steel* yang dimodifikasi. Jika pelet sudah ter-press dengan sempurna, kemudian dikeringkan kedalam oven dengan suhu 105°C selama 2 jam, agar mengurangi kadar air yang masih terdapat pada biopellet. Setelah kering, maka akan diuji nilai kalor hasil pembakaran, kadar air, kadar abu, zat terbang, densitas dan laju pembakaran.



Gambar 4. Biopellet yang sudah dioven

Analisa Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor pada biopellet dilakukan dengan *bomb calorimeter*. Langkah pertama untuk melakukan uji ini dengan menimbang masing masing 0,5 g biopellet lalu serta diletakan pada cawan, kemudian dimasukkan kedalam tabung serta diberi oksigen < 30 bar. Letakkan tabung didalam *calorimeter*, tambahkan air pendingin dan tutup rapat. Setelah itu

nyalakan pengaduk air pendingin dan catat suhu, nyalakan selama 5 menit dan catat kenaikan suhu.

Perhitungan nilai kalor :

$$\text{Nilai kalor} = T_2 - T_1 - 0,05 \times C_v \times 0,24 \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan : T_1 = suhu air mula-mula ($^{\circ}\text{C}$), T_2 = suhu setelah pembakaran ($^{\circ}\text{C}$),
 C_v = berat jenis *calorimeter* + 73529,6 (kJ/kg), 0,05 = kenaikan suhu
kawat penyal, 1 Joule = 0,24 kal

Analisa Kadar Air

Saat pengujian kadar air, metode yang digunakan ialah dengan mengeringkan cawan porselen kemudian ditimbang berat kosongnya. Sampel seberat 0,5 g kemudian dimasukkan ke dalam cawan tersebut secara merata. Cawan yang berisi sampel selanjutnya dimasukkan ke oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator serta menimbang berat cawan yang berisikan sampel dengan menggunakan timbangan analitik. Berikut rumus untuk perhitungan berat kadar air :

$$\text{Moisture (\%)} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan : M_1 = berat biopellet mula-mula (g), M_2 = berat biopellet setelah dipanaskan (g)

Analisa Kadar Abu (Ash)

Saat pengujian kadar abu biopellet yang dilakukan ialah dengan mengoven cawan porselen yang berisi sampel sebanyak 0,5 g dan diketahui beratnya. Kemudian biopellet diabukan dalam tanur pada suhu 500°C selama 2 jam hingga karbonnya hilang kemudian dinginkan di dalam desikator. Setelah itu cawan tersebut ditimbang dan didapat berat konstan. Berikut rumus untuk perhitungan kadar abu biopellet:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{b - a}{c} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan: a : massa cawan kosong (g), b : massa cawan + sampel setelah dilakukan pemanasan (g), c : massa sampel (g)

Analisa Kadar Zat Terbang

Penetapan nilai zat terbang dilakukan dengan 0,5 g sampel diletakkan pada cawan porselen yang beratnya harus diketahui terlebih dahulu. Kemudian panaskan di oven dengan suhu 800°C selama 10 menit lalu dimasukkan ke desikator sampai kondisi stabil dan seimbang. Rumus perhitungan nilai kadar zat terbang sebagai berikut:

$$\text{Kadar zat terbang (\%)} = \frac{b - c}{w} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan: b : berat sampel dari uji kadar air (g), c : berat sampel setelah dipanaskan (g),
 w : berat sampel awal sebelum pengujian kadar air (g)

Analisa Densitas

Densitas merupakan perbandingan antara massa biopellet dengan volume. Dilakukan dengan cara mengukur volume dari sampel yang akan diuji kemudian menimbang massa sampelnya. Berikut rumus untuk perhitungan uji densitas:

$$\text{densitas} = \frac{m}{v} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan: *m* : massa (g), *v* : volume silinder (cm³)

Analisa Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran masing-masing biopellet dilakukan dengan dibakar, kemudian menghitung lama waktu menyala pada biopellet dengan menggunakan *stopwatch* sampai menjadi abu.

Analisis Data

Analisis keragaman (ANOVA) terhadap data yang didapatkan bertujuan untuk mencari tahu nilai yang dihasilkan berbeda nyata atau tidak pada taraf uji 5% dengan menggunakan Microsoft excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari Penelitian yang telah dilaksanakan didapat data analisa parameter biopellet berbahan dasar tandan kosong kelapa sawit dan sekam padi dengan perekat tepung tapioka dan tepung jagung meliputi kadar air, nilai kalor, kadar abu, kadar zat terbang, uji densitas dan lama laju pembakaran. Tabel hasil analisa biopellet tandan kosong kelapa sawit dan sekam padi dengan hasil rata-rata dengan 3 kali pengulangan setiap pada perlakuannya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Perbandingan Hasil Penelitian dengan Standar Nasional Indonesia (8675:2018) Skala Rumah Tangga

Parameter	SNI	Tapioka 5	Tapioka 10	Tapioka 15	Jagung 5	Jagung 10	Jagung 15	Satuan
Nilai kalor	Min. 16,5	23,684 ^M	23,503 ^M	23,348 ^M	23,495 ^M	23,155 ^M	22,995 ^M	Mj/Kg
Kadar air	Maks. 10	2,56 ^M	3,37 ^M	3,31 ^M	2,33 ^M	3,55 ^M	3,35 ^M	%
Kadar abu (ash)	Maks. 5	0,569 ^M	0,530 ^M	0,490 ^M	0,543 ^M	0,651 ^M	0,543 ^M	%
Kadar zat terbang	Maks. 75	22,68 ^M	31,31 ^M	25,05 ^M	19,71 ^M	36,35 ^M	28,32 ^M	%
Uji densitas	Min. 0,6	0,179 TM	0,146 TM	0,148 TM	0,161 TM	0,147 TM	0,152 TM	g/cm ³

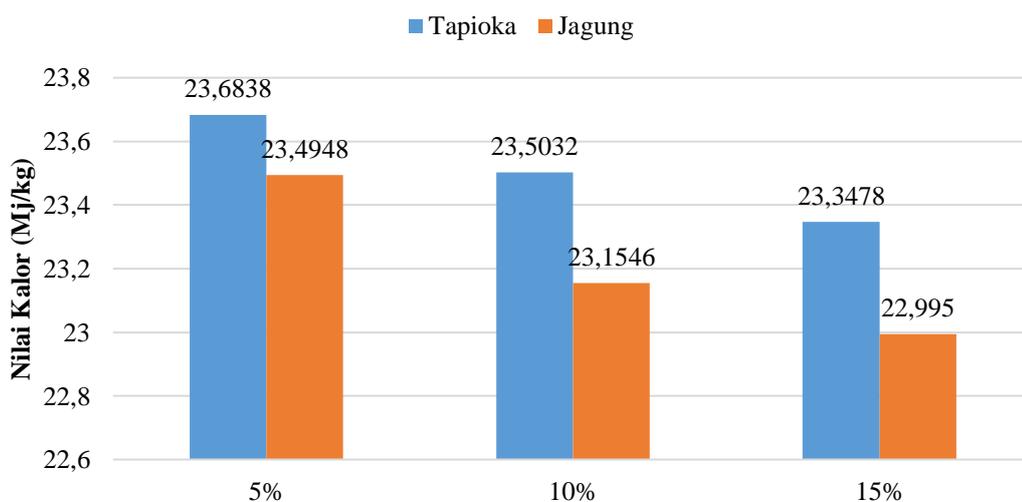
Parameter	SNI	Tapioka 5	Tapioka 10	Tapioka 15	Jagung 5	Jagung 10	Jagung 15	Satuan
Laju pembakaran	Tidak ada	0,047	0,044	0,041	0,082	0,050	0,048	g/menit

Sumber : data primer penelitian 2024

Keterangan : M : Memenuhi standar SNI, TM : Tidak memenuhi standar SNI,
 5: Konsentrasi 5% perekat, 10: Konsentrasi 10% perekat, 15 :Konsentrasi
 15% perekat

Nilai Kalor

Nilai kalor adalah parameter penting penentu kualitas biopelet, semakin tinggi nilai kalor dalam suatu biopelet, maka semakin baik kualitas biopelet tersebut. Pada Penelitian ini hanya dilakukan uji nilai kalor tanpa ulangan, karena keterbatasan penulis saat melakukan uji. Nilai kalor bisa disebut juga sebagai panas yang dilepaskan pada suatu proses pembakaran sebuah bahan bakar. Hasil dari pembakaran tersebut diantaranya abu, gas CO², SO², Nitrogen serta air. Tujuan dari pengujian nilai kalor yakni untuk mengetahui nilai panas pembakaran biopelet. Dibawah ini adalah hasil nilai kalor yang didapatkan dari biopelet :



Gambar 5. Grafik hasil nilai kalor pada setiap perlakuan

Berdasarkan Penelitian yang telah dilaksanakan, pada gambar 5 didapatkan nilai perbandingan dari masing sampel yang diuji yaitu nilai kalor tertinggi terdapat pada biopelet dengan perekat tepung tapioka konsentrasi 5% sebesar 23,6838 Mj/Kg dan nilai kalor terendah terdapat pada biopelet dengan perekat tepung jagung konsentrasi 15% sebesar 22,995 Mj/Kg. Dari data perhitungan nilai kalor pada Penelitian ini, semua biopelet yang telah dibuat sudah memenuhi SNI 8675:2018 yang mengharuskan nilai kalor minimal pada sebuah biopelet adalah 16,5 Mj/Kg.

Tinggi rendahnya nilai kalor juga dipengaruhi oleh kadar air. Bahan baku yang semakin kering dalam biopelet maka kadar airnya semakin rendah sehingga nilai kalor yang dihasilkan semakin tinggi, Namun sebaliknya jika bahan baku terlalu basah dalam biopelet maka kadar airnya semakin tinggi sehingga nilai kalor yang dihasilkan semakin rendah (Tiara *et al.*, 2018).

Kadar Air

Untuk mengetahui sifat *higroskopis* dan pengaruh terhadap waktu pembakaran biopelet dilakukan pengujian kadar air. Kadar air merupakan satu diantara penentu kualitas biopelet yang mempengaruhi terhadap nilai kalor pembakaran, kemudahan menyala dan laju pembakaran biopelet. Jumlah air yang terkandung dalam biopelet juga berpengaruh besar terhadap nilai kalor. Semakin tinggi kadar air, maka semakin rendah nilai kalornya serta membuat jumlah asap yang keluar pada saat dilakukan pembakaran. Sebaliknya, semakin rendah kadar air, maka semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan dalam biopelet.

Dari tabel 2 didapatkan nilai rata-rata kadar air pada setiap perlakuan berkisar antara 2,33 % sampai dengan 3,55%. Nilai rata-rata kadar air terendah didapatkan pada perlakuan J5 sebesar 2,33% sedangkan nilai rata-rata kadar air tertinggi didapatkan pada perlakuan J10 sebesar 3,55%. Kadar air yang terlalu rendah akan berpengaruh dalam sifat fisis biopelet yang mudah pecah. Dalam Penelitian yang dilakukan oleh Miloš Matúš *et al.*, (2015) menunjukkan bahwa kadar air dibawah 11,7% akan menghasilkan densitas yang rendah sehingga mudah pecah, perlakuan terbaik dengan kadar air 11,7-16,5%. Jika dibandingkan dengan SNI 8675:2018, Kadar air yang dihasilkan pada semua perlakuan memenuhi syarat yaitu maksimal 5%. Kemudian untuk mengetahui pengaruh jenis perekat dan konsentrasi terhadap kadar air maka dilakukan uji analisis keragaman (ANOVA).

Tabel 3. Hasil Uji BNT Kadar Air

Perlakuan	Kadar air (%)
T	3,082 ^a
J	3,082 ^a
5	2,443 ^b
15	3,330 ^c
10	3,460 ^{cd}

Sumber : data primer penelitian 2024

Keterangan : T : Tepung, J : Jagung, 5: Konsentrasi 5% perekat, 10: Konsentrasi 10% perekat, 15 : Konsentrasi 15% perekat

Dari hasil analisa ANOVA kadar air menunjukkan pada jenis tepung tidak berbeda nyata artinya tidak berpengaruh pada kadar air. Sebaliknya, pada konsentrasi diperoleh

hasil yang berbeda nyata artinya berpengaruh terhadap kadar air. Hasil uji BNT 5% pada tabel 3 pada konsentrasi memberikan notasi berbeda pada setiap persen konsentrasi yang diberikan, artinya adanya pengaruh signifikan terhadap kadar air. Kadar air berpengaruh dalam tinggi rendahnya nilai kalor pembakaran pada biopelet, semakin tinggi kadar air dalam biopelet maka semakin rendah nilai kalor dan asap yang dihasilkan semakin banyak. Sehingga dalam penyalaan biopelet akan sulit, karena api terlebih dahulu menguapkan air dalam biopelet (Tarasov *et al.*, 2013).

Kadar Abu (*Ash*)

Uji kadar abu memiliki tujuan untuk jumlah bahan anorganik yang ikut terbakar lalu menjadi abu. Kadar abu sendiri merupakan sisa pembakaran yang tidak memiliki unsur karbon atau nilai karbon. Komponen utama pada abu dalam biomassa diantaranya kalsium, potasium, magnesium, dan silika. Kadar abu yang semakin rendah menjadikan kualitas biopelet semakin baik. Dari tabel 2 didapatkan nilai rata-rata kadar abu pada setiap perlakuan berkisar antara 0,490 % sampai dengan 0,651 %. Nilai rata-rata kadar air terendah didapatkan pada perlakuan T15 sebesar 0,490 % sedangkan nilai rata-rata kadar air tertinggi didapatkan pada perlakuan J10 sebesar 0,651 %. Jumlah kadar abu yang dihasilkan biopelet juga dipengaruhi dari bahan baku yang digunakan. Salah satu kandungan abu ialah silika, semakin tinggi kadar silika dalam suatu bahan maka semakin besar kadar abu yang dihasilkan juga (Faisal Mahdie *et al.*, 2016). Jika dibandingkan dengan SNI 8675:2018, Kadar air yang dihasilkan pada semua perlakuan memenuhi syarat yaitu maksimal 1,5 %. Kemudian untuk mengetahui pengaruh jenis perekat dan konsentrasi terhadap kadar abu maka dilakukan analisis keragaman (ANOVA). Hasil analisis keragaman (ANOVA) dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. Hasil Uji BNT Kadar Abu (*Ash*)

Perlakuan	Kadar abu (%)
T	0,5296 ^a
J	0,5790 ^b
15	0,5165 ^c
5	0,5560 ^d
10	0,5903 ^e

Sumber : data primer penelitian 2024

Keterangan : T : Tepung, J : Jagung, 5: Konsentrasi 5% perekat, 10: Konsentrasi 10% perekat, 15 : Konsentrasi 15% perekat

Dari hasil analisa ANOVA kadar abu, konsentrasi dan jenis tepung diperoleh hasil yang berbeda sangat nyata artinya berpengaruh nyata terhadap kadar abu. Hasil uji BNT

5% pada tabel 4 pada perlakuan memberikan notasi berbeda pada yang diberikan, artinya adanya pengaruh signifikan terhadap kadar abu. nilai kadar abu yang dihasilkan dalam biopelet juga berkaitan dengan nilai kalor yang dihasilkan. Menurut Christianty ,et al (2014) menyatakan bahwa semakin rendah kadar abu yang dihasilkan maka semakin baik kualitas biopeletnya, karena kadar abu berpengaruh dalam terbentuknya endapan yang akan menempel ketungku pada saat dilakukan pembakaran yang dapat mengakibatkan tungku kotor, korosi dan kualitas pembakaran biopelet juga menurun.

Kadar Zat Terbang

Uji kadar zat terbang bertujuan untuk mengetahui zat yang dapat menguap selain air. Kadar zat terbang dapat diketahui dengan memanaskan biopelet tanpa adanya kontak udara serta suhu tinggi, lalu menghitung kehilangan beratnya. Kehilangan berat yakni kandungan gas H^2 , CO, CO^2 , CH^4 , Uap dan tar. Kandungan zat terbang yang tinggi akan berpengaruh pada jumlah asap yang dihasilkan pada pembakaran biopelet. Dari tabel 2 didapatkan nilai rata-rata kadar zat terbang pada setiap perlakuan berkisar antara 19,71 % sampai dengan 31,31 %. Nilai rata-rata kadar zat terbang terendah didapatkan pada perlakuan J5 sebesar 19,71 % sedangkan nilai rata-rata kadar air tertinggi didapatkan pada perlakuan T10 sebesar 31,31 %. Kadar zat terbang dapat dipengaruhi oleh kadar abu. Semakin tinggi zat terbang yang dihasilkan pada biopelet maka semakin rendah kadar abu yang dihasilkan (Faisal *et al.*, 2016). Jika dibandingkan dengan SNI 8675:2018, Kadar air yang dihasilkan pada semua perlakuan memenuhi syarat yaitu maksimal 75%. Kemudian untuk mengetahui pengaruh jenis perekat dan konsentrasi terhadap kadar zat terbang maka dilakukan analisis keragaman (ANOVA). Hasil analisis keragaman (ANOVA) dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5. Hasil Uji BNT Kadar Zat Terbang

Perlakuan	Kadar zat terbang (%)
T	26,35 ^a
J	26,35 ^a
5	21,193 ^b
15	26,688 ^{bc}
10	33,832 ^d

Sumber : data primer penelitian 2024

Keterangan : T : Tepung, J : Jagung, 5: Konsentrasi 5% perekat, 10: Konsentrasi 10% perekat, 15 : Konsentrasi 15% perekat

Dari hasil analisa ANOVA kadar zat terbang yang sudah dilakukan menunjukkan pada jenis diperoleh hasil tidak berbeda nyata artinya tidak berpengaruh pada kadar zat

terbang. Sebaliknya, pada konsentrasi diperoleh hasil yang berbeda nyata artinya berpengaruh terhadap kadar zat terbang. Hasil uji BNT 5% pada tabel 5 pada konsentrasi memberikan notasi berbeda pada setiap persen konsentrasi yang diberikan, artinya adanya pengaruh signifikan terhadap kadar zat terbang. Namun kadar zat terbang tidak terlalu berpengaruh terhadap kualitas biopelet. Hal ini diperkuat dengan pendapat Purnomo (2017) bahwa kadar zat terbang tidak terlalu berpengaruh terhadap kualitas biopelet, ketika kadar abu dan nilai kalor sudah mencapai syarat SNI.

Densitas

Densitas adalah perbandingan antara berat dengan volume dari biopelet. Besar kecilnya kerapatan dari biopelet dipengaruhi oleh ukuran dan kehomogenan komponen penyusunnya (Putri & Andasuryani, 2017). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui massa biopelet setelah dilakukan pencetakan, dapat dilakukan dengan mencari massa sampel biopelet kemudian dibagi dengan volume sampel biopelet. Dari tabel 2 didapatkan nilai rata-rata densitas terendah didapatkan pada perlakuan T10 sebesar 0,1456 g/cm³ sedangkan nilai rata-rata kadar air tertinggi didapatkan pada perlakuan T5 sebesar 0,1790 g/cm³. Pada uji densitas untuk semua perlakuan tidak memenuhi standar sesuai dengan SNI 8675:2018 yaitu 0,6 g/cm³. Hal ini disebabkan pencetakan biopelet menggunakan alat modifikasi manual berupa pipa aluminium, sehingga daya tekan setiap biopelet berbeda. Densitas dipengaruhi dari ukuran partikel bahan baku yang digunakan dalam pembuatan biopelet. Semakin kecil partikel penyusunnya maka semakin tinggi kerapatan dan nilai kalor yang dihasilkan, namun laju pembakaran akan semakin lambat karena pori-pori biopelet semakin kecil mengakibatkan udara yang terperangkap sedikit (Hendriyana *et al.*, 2018). Kemudian untuk mengetahui pengaruh jenis perekat dan konsentrasi terhadap kadar zat terbang maka dilakukan ANOVA. Hasil ANOVA dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 6. Hasil Uji BNT Densitas

Perlakuan	Densitas (g/cm ³)
15	0,150 ^a
10	0,146 ^{ab}
5	0,170 ^{bc}

Sumber : data primer penelitian 2024

Keterangan : T : Tepung, J : Jagung, 5: Konsentrasi 5% perekat, 10: Konsentrasi 10% perekat, 15 : Konsentrasi 15% perekat

Dari hasil analisa ANOVA menunjukkan bahwa konsentrasi diperoleh hasil yang berbeda nyata artinya berpengaruh terhadap densitas biopelet. Hasil uji BNT 5% pada tabel

6 pada konsentrasi memberikan notasi berbeda pada setiap persen konsentrasi yang diberikan, artinya adanya pengaruh signifikan terhadap densitas biopelet. Semakin tinggi nilai kerapatan dari biopelet maka semakin baik kualitas biopelet, karena akan memudahkan dalam proses penanganan, penyimpanan dan pengangkutan sehingga mengefisienkan biaya yang dikeluarkan (Fatriani *et al.*, 2018).

Laju Pembakaran

Laju pembakaran adalah kecepatan biopelet habis saat dibakar manual sampai habis menjadi abu. Sampel yang diuji kemudian dicari rata-rata pada setiap pengulangannya. Dari tabel 2 didapatkan nilai rata-rata laju pembakaran tercepat didapatkan pada perlakuan J5 sebesar 0,082 g/menit, sedangkan nilai rata-rata laju pembakaran terlama didapatkan pada perlakuan T15 sebesar 0,041 g/menit. Kerapatan biopelet berpengaruh dalam lama laju pembakaran, tingkat kerapatan yang semakin rendah menyebabkan laju pembakaran semakin cepat, sebaliknya kerapatan yang tinggi menyebabkan laju pembakaran semakin lambat. Karena besaran partikel menyebabkan ukuran pori pori semakin besar yang akan diisi oleh udara pada struktur fisis biopelet (Hendriyana *et al.*, 2018). Kemudian untuk mengetahui pengaruh jenis perekat dan konsentrasi terhadap laju pembakaran dilakukan analisa ANOVA. Hasil analisa keragaman dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 7. Hasil Uji BNT Laju Pembakaran

Perlakuan	Laju pembakaran (g/menit)
T	0,0441 ^a
J	0,0441 ^a
5	0,0647 ^b
10	0,0469 ^c
15	0,0444 ^{cd}

Sumber : data primer penelitian 2024

Keterangan : T : Tepung, J : Jagung, 5: Konsentrasi 5% perekat, 10: Konsentrasi 10% perekat, 15 : Konsentrasi 15% perekat

Dari hasil analisa ANOVA jenis tepung diperoleh hasil tidak berbeda nyata artinya tidak berpengaruh terhadap laju pembakaran. Sedangkan, pada konsentrasi diperoleh hasil yang berbeda sangat nyata artinya berpengaruh nyata terhadap laju pembakaran. Hasil uji BNT 5% pada tabel 7 pada perlakuan memberikan notasi berbeda pada setiap perlakuan yang diberikan, artinya adanya pengaruh signifikan terhadap laju pembakaran. Semakin rapat pori-pori dari biopelet maka laju pembakaran akan semakin lambat, sebaliknya jika pori-pori tidak terlalu rapat maka laju pembakaran semakin cepat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, hasil dari penelitian biopellet menggunakan bahan baku sekam padi dan tandan kosong kelapa sawit dengan perbandingan 50%-50% menggunakan campuran perekat tepung tapioka dan tepung jagung dengan konsentrasi 5%, 10% dan 15% memiliki nilai karakteristik sifat fisis yang berbeda-beda. Nilai kalor yang dihasilkan tidak berbeda jauh. Pengaruh penggunaan jenis perekat dan konsentrasi berbeda memberikan hasil yang memenuhi pada masing-masing perlakuan, kecuali pada uji densitas (kerapatan). Karena pemberian konsentrasi yang berbeda pada setiap perlakuan jenis perekat memberikan jumlah kadar air yang berbeda, sehingga berpengaruh pada sifat fisis dan kualitas biopellet. Sehingga perlakuan terbaik didapatkan pada perlakuan tepung tapioka dengan konsentrasi 15% dengan mempertimbangkan laju pembakaran terlama.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2022). *Luas Panen dan Produksi Padi Indonesia 2022*.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2022*. 16.
- Christanty, N. Ari. (2014). Biopellet Cangkang Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Alternatif Terbaru. *Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor*.
- Faisal Mahdie, M., Subari, D., Diana Ulfah, dan, Kunci, K., Kayu Rambai, L., Kayu, L., & Api, A. (2016). Pengaruh Campuran Limbah Kayu Rambai Dan Api-Api Terhadap Kualitas Biopellet Sebagai Energi Alternatif Dari Lahan Basah. *Jurnal Hutan Tropis*, 4(3).
- Fatriani, Sunardi, & Arfianti. (2018). Kadar Air, Kerapatan, dan Kadar Abu Wood Pellet Serbuk Gergaji Kayu Galem (*Melaleuca cajuputi Roxb*) dan Kayu Akasia (*Acacia mangium Wild*). *Enviro Scientiae*, 14(1), 77–81.
- Guomuo, Z., Peikun, J., & Qiufang, X. (2014). *Carbon Sequestration and Transformation in Bamboo Forest Ecosystem*.
- Hendriyana, K., Nurdini, L., Hari, B. P., Trilaksono, G., Khozi Ash-shiddiq, N., Yudi Dharma Widana, dan, & Yani Ji Terusan Jend Sudirman Cimahi, A. (2018). Pembuatan Pellet Jerami Padi untuk Bahan Bakar Rumah Tangga: Pengaruh Ukuran Partikel, Kadar Air dan Konsentrasi Perekat Dalam Umpan Terhadap Kualitas Pellet. *Jurusan Teknik Kimia*.
- Miloš Matúš, Peter Križan, Lubomír Šooš, & Juraj Beniak. (2015). effects-of-initial-moisture-content-on-the-physical-and-mechanical-properties-of-norway-spruce-briquettes. *International Journal of Environmental and Ecological Engineering*, 9, 10.
- Purnomo R C. (2017). Karakteristik Pellet Kayu dari Limbah Serbuk Gergajian Kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri T.et.B*) Berdasarkan Perbedaan Jumlah Perekat. *Fakultas Kehutanan. Universitas Lambung Mangkurat*.

Putri, R. E., & Andasuryani, D. (2017). *Studi Mutu Briket Arang Dengan Bahan Baku Limbah Biomassa*.

Tarasov, D., Shahi, C., & Leitch, M. (2013). Effect of Additives on Wood Pellet Physical and Thermal Characteristics: A Review. *ISRN Forestry*, 2013, 1–6.
<https://doi.org/10.1155/2013/876939>

Tiara T., Agustina T. E., & M. Faizal. (2018). The Effect of Air Fuel Ratio and Temperature on Syngas Composition and Calorific Value Produced from Downdraft Gasifier of Rubber Wood-Coal Mixture. *International Journal of Engineering*, 31(9).
<https://doi.org/10.5829/ije.2018.31.09c.02>