



PENGARUH VARIASI UKURAN SERBUK (MESH) DAN PERSENTASE PEREKAT TAPIOKA TERHADAP SIFAT FISIK PELLET KAYU GELAM

Herry Irawansyah¹⁾, Andy Nugraha²⁾, Moh Noer Afifudin³⁾, Muhammad⁴⁾, Rizqi Nor Al'Arisko⁵⁾

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat
Jln. A.Yani Km.36 Banjarbaru Kalimantan Selatan 70714
Email: herryirawansyah@ulm.ac.id

Received: October 10, 2021. Accepted: January 19, 2022

Abstrak

Pemanfaatan potensi biomassa yang terdapat di Kalimantan Selatan dengan raw material melimpah, salah satunya adalah kayu gelam yang berpotensi digunakan sebagai bahan bakar co-firing boiler untuk pembangkit listrik tenaga uap sehingga dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil batubara. Serbuk kayu gelam dapat dijadikan sebagai bahan baku pellet dengan penambahan perekat atau tanpa perekat. Dalam penelitian ini menganalisa bagaimana penambahan perekat tepung tapioka mempengaruhi karakteristik sifat fisik pellet kayu gelam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran mesh dan persentase perekat tapioka terhadap sifat fisik pellet kayu gelam. Metode yang digunakan adalah secara eksperimental. Pellet kayu gelam dibuat dengan menggunakan variasi ukuran serbuk (mesh) 40, 50, dan 60 serta menggunakan perekat tapioka dengan persentase perekat 5%, 10%, dan 15%. Pellet kayu gelam selanjutnya di lakukan pengujian di laboratorium Baristand Banjarbaru. Pellet kayu gelam diuji meliputi pengujian sifat fisik yang terdiri dari nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar zat-zat terbang (*volatile matter*), dan kadar karbon terikat (*fixed carbon*). Hasil pengujian menunjukkan pellet kayu mengalami peningkatan pada kadar air, kadar abu, dan kadar zat-zat terbang seiring semakin kecilnya ukuran serbuk (mesh) kayu gelam. Sedangkan kadar karbon terikat dan nilai kalor pellet kayu mengalami penurunan seiring dengan semakin kecilnya ukuran serbuk (mesh) kayu gelam. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan perekat tapioka mempengaruhi karakteristik sifat fisik pellet kayu, semakin tinggi persentase perekat maka kadar air, kadar zat-zat terbang, dan kadar abu semakin meningkat. Sementara itu, penambahan persentase perekat pada pellet kayu menyebabkan penurunan pada kadar karbon terikat dan nilai kalornya.

Kata Kunci: Kayu Gelam, Tapioka, Pellet Kayu, Sifat Fisik.

Abstract

Utilization of the potential of biomass found in South Kalimantan with abundant raw materials, one of which is gelam wood which has the potential to be used as fuel for co-firing boilers for steam power plants to reduce the use of coal fossil fuels. Gelam wood powder can be used as raw material for pellets with the addition of adhesive or without adhesive. This study analyzes how the addition of tapioca flour adhesive affects the physical properties of gelam wood pellets. The purpose of this study was to determine the effect of variations in mesh size and the percentage of tapioca adhesive on the physical properties of gelam wood pellets. The method was used experimentally. Gelam wood pellets were made using various sizes of powder (mesh) 40, 50, and 60 as well as using tapioca adhesive with adhesive percentages of 5%, 10%, and 15%. The gelam wood pellet was tested at the Baristand Banjarbaru laboratory. The gelam wood pellets were tested of physical properties consisting of calorific value, moisture content, ash content, volatile matter content, and fixed carbon content. The results showed that wood pellets increased in moisture content, ash content, and volatile matter content as the size of the gelam wood powder (mesh) decreased. Meanwhile, the



bonded carbon content and the calorific value of wood pellets decreased along with the smaller size of the gelam wood powder (mesh). Hence, it can be concluded that the addition of tapioca adhesive affects the physical characteristics of wood pellets, the higher the percentage of adhesive, the water content, volatile matter content, and ash content will increase. Meanwhile, increasing the percentage of adhesive in wood pellets causes a decrease in the bound carbon content and calorific value.

Keyword: Gelam Wood, Tapioca, Wood Pellet, Physical Properties

PENDAHULUAN

Biomassa berasal dari konversi bahan biologis seperti tanaman, baik berupa batang, daun, dan ranting. Tanaman yang banyak terdapat di Kalimantan Selatan dan berpotensi menjadi biomassa, yaitu kayu gelam dengan potensi produksi kayu sebesar 55.745,78 m³ pada tahun 2006. Kayu gelam (*Melaleuca cajuputi*) adalah spesies yang tumbuh alami dan banyak ditemukan di hutan rawa gambut wilayah Kalimantan Selatan. Kayu gelam memiliki berat jenis yang tinggi dan berpotensi untuk dijadikan bahan baku arang dan pelet kayu. Pellet kayu adalah salah satu produk yang dapat dijadikan sebagai sumber alternatif energi baru yang digunakan sebagai bahan bakar. Selain digunakan untuk keperluan rumah tangga, pellet kayu juga bisa digunakan untuk industri besar, bahkan juga bisa untuk industri pembangkit tenaga listrik. Pellet kayu dapat menjadi pembangkit tenaga karena memiliki nilai kalor yang tinggi dan dapat menghemat penggunaan bahan bakar fosil yang jumlahnya semakin menipis. Perkembangan industri pelet kayu memiliki peluang potensi yang tinggi dan dapat dijadikan sebagai bahan bakar biomass terbaru [1]

Dalam membuat pellet kayu bisa ditambahkan perekat tapioka pada serbuk gergajian diketahui bahwa perekat dan ukuran serbuk (mesh) berpengaruh terhadap nilai kalor yang berkisar antara 4.074 kal/g – 4.192 kal/g [2]. Sedangkan sifat fisik dan kimia pellet kayu dari limbah industri perkayuan yang diberikan pemanasan menghasilkan pengaruh nyata terhadap penurunan kadar air, sedangkan terjadi peningkatan pada kadar abu dan nilai kalor [3]. Tekanan pencetakan pellet

kayu gelam memberikan pengaruh terhadap sifat fisik dan karakteristik pembakarannya [4], [5]. Pellet kayu dapat terbuat dari berbagai macam jenis kayu, salah satunya kayu gelam. Dengan potensi bahan baku kayu gelam yang melimpah di Kalimantan Selatan serta kebutuhan dan pemanfaatan biomassa sebagai energi serta perlakuan penambahan perekat tapioka maka diperlukan penelitian untuk mengetahui karakteristik *pellet* kayu dari kayu gelam. Maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran serbuk (Mesh) dan presentase perekat tepung tapioka terhadap sifat fisik pellet kayu gelam.

Kayu Gelam

Masyarakat pada umumnya memanfaatkan kayu gelam sebagai kayu tiang pancang atau konstruksi bangunan. Selain itu, kayu gelam yang memiliki ukuran yang lebih besar (6-7 cm) digunakan sebagai lantai, kasau, jalan, belandar, reng, siring, dan penopang lantai pada rumah panggung. Secara umum bentuk kayu gelam seperti yang terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Pohon Gelam

Pellet Kayu

Pellet kayu merupakan bahan bakar hayati yang berasal dari bahan organik atau biomassa yang terkompresi. Penggunaan pellet kayu sebagai pemanas/penghangat bagi perumahan dan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik. Beberapa negara memiliki standar masing-masing untuk menentukan kualitas dari pellet kayu. Salah satu cara untuk mengetahui dan menganalisis kualitas pellet kayu adalah menggunakan metode uji *proximate* untuk menentukan kualitas pellet kayu [6].

Perekat

Perekat pada proses pembuatan pellet kayu berfungsi untuk merekatkan partikel-partikel bahan baku pellet kayu, sehingga dihasilkan pellet yang saling berikatan dan tidak mudah hancur, serta kompak[7]. Perekat tepung tapioka umumnya digunakan sebagai bahan perekat pada pelet kayu, karena pertimbangan mudah didapat di pasaran dengan harga yang relatif murah. Pertimbangan lainnya bahwa perekat tapioka dalam penggunaannya menghasilkan asap yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan bahan lain. Tepung tapioka diperoleh dari hasil ekstrak umbi

singkong dengan penambahan air. Melalui proses penyaringan, kemudian cairan yang disaring diendapkan, selanjutnya dikeringkan dan digiling maka didapatkan tepung tapioka. [8].

Standardisasi Pellet Kayu

Di Indonesia pellet kayu sudah memiliki standar kualitasnya sendiri, standar ini menjadi tolak ukur minimal dari pellet kayu yang dihasilkan. Kualitas SNI (Standar Nasional Indonesia) Pellet kayu ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Standar mutu pellet kayu (Sumber: SNI 8021:2014)

Parameter	Standar Mutu Pellet kayu
Kadar Air	Maksimum 12 %
Kadar Abu	Maksimum 1.5 %
Zat Mudah Menguap	Maksimum 80 %
Kadar Karbon Terikat	Maksimum 14 %
Nilai Kalor	Maksimum 4000 kal/g

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium dengan bahan utama pellet kayu gelam dengan menggunakan perekat tepung tapioka. Prosedur penelitian pellet kayu gelam, yaitu:

a. Persiapan bahan

Kayu gelam yang digunakan berasal dari Desa Jejangkit Timur Kabupaten Barito Kuala. Kayu gelam dibersihkan dari kulit kayunya dan kemudian dipotong sesuai ukuran yang dikehendaki. Kayu gelam kemudian dimasukkan ke dalam mesin drum chipper untuk menghancurkan bongkahan kayu gelam menjadi ukuran kecil sekitar 2-3 cm untuk mempermudah proses pembuatan pellet kayu. Selanjutnya kayu gelam yang berukuran 2-3 cm dicacah lanjut dengan mesin hammer mill untuk mendapatkan ukuran potongan kayu gelam yang lebih kecil lagi. Bongkahan kayu kecil yang sudah dihancurkan oleh mesin hammer mill kemudian dimasukkan ke dalam mesin dryer agar didapatkan bahan dasar pellet kayu yang lebih kering dan mudah dicetak nantinya.

b. Pencetakan Pellet Kayu Gelam

Kayu gelam yang dihaluskan kemudian diayak menggunakan mesin pengayak dengan ukuran mesh 40, 50, dan 60. Kemudian ditambahkan perekat dari tepung tapioka dengan persentase perekat masing 5%, 10% dan 15%. Campuran bahan baku pellet kayu gelam dimasukkan ke dalam blender untuk menyatukan campuran. Adonan pellet kayu dicetak menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan tekanan catok pellet sebesar 60 kg/cm^2 . Kemudian pellet dikeringkan dengan menggunakan oven selama ± 1 jam dengan suhu $50^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}$. Pellet kayu yang telah dikeringkan siap untuk dilakukan pengujian sifat fisik pellet kayu dan pengujian karakteristik pembakaran pellet kayu.

Untuk mempermudah pengolahan data penelitian maka persentase dan jenis perekat pellet kayu gelam diberikan simbol, yaitu:

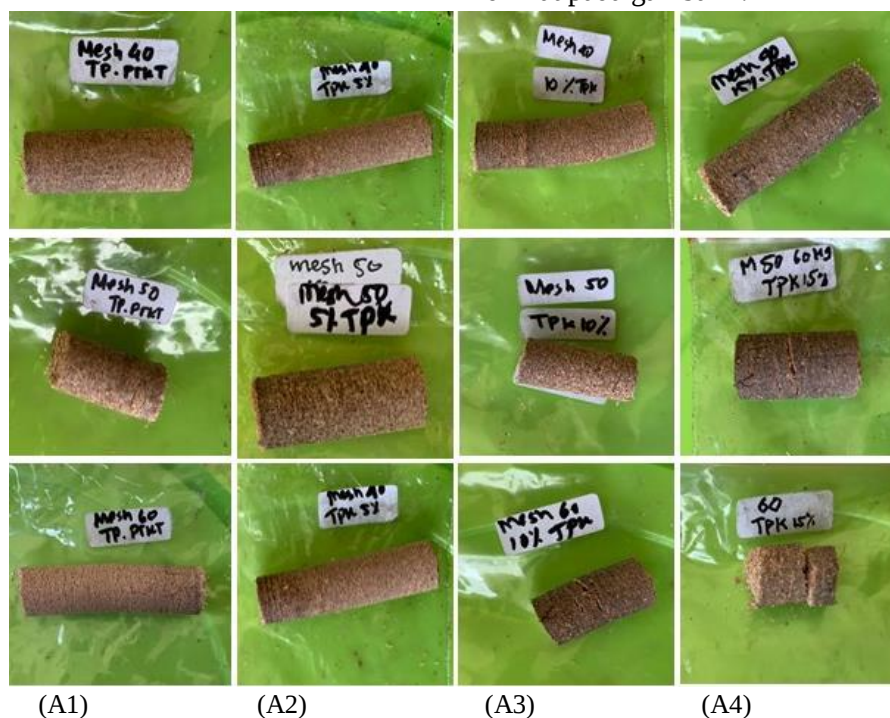
- Pellet kayu gelam tanpa menggunakan perekat disimbolkan A1.

- Pellet kayu gelam dengan menggunakan perekat tapioka sebanyak 5% disimbolkan A2.
- Pellet kayu gelam dengan menggunakan perekat tapioka sebanyak 10% disimbolkan A3.
- Pellet kayu gelam dengan menggunakan perekat tapioka sebanyak 15% disimbolkan A4.

Pengujian sifat fisik pellet kayu menggunakan analisis proximate di Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri (BARISTAND) kota Banjarbaru yang meliputi pengujian kadar air, kadar abu, kadar zat terbang dan nilai kalor. Hasil pengujian karakteristik sifat fisik pellet kayu ini digunakan sebagai tolak ukur dari pellet kayu yang dibuat dan kesesuaiannya dengan standar SNI 8021:2014.

HASIL DAN PEMBAHASAN

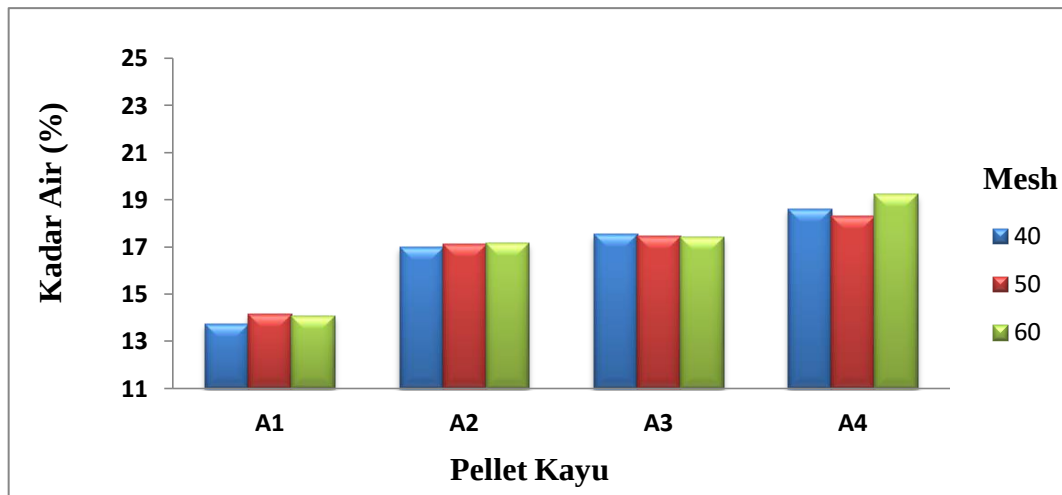
Hasil dari pembuatan pellet kayu gelam dengan berbagai variasi mesh dan persentase perekat dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Sampel Pellet Kayu Gelam

Kadar Air

Pengaruh ukuran serbuk (mesh) dan persentase perekat terhadap kadar air pellet kayu gelam ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Kadar Air Pellet Kayu Gelam

Dari Gambar 3 terlihat bahwa pellet kayu gelam tanpa menggunakan perekat memiliki kadar air yang lebih rendah dari pada pellet kayu gelam yang menggunakan perekat tapioka. Selain itu diketahui bahwa untuk komposisi yang memiliki kadar air terendah ialah mesh 40 dengan komposisi perekat 0% dengan nilai 13,76%, sedangkan pellet kayu gelam yang memiliki kadar air tertinggi yaitu mesh 60 dengan komposisi perekat 15% dengan kadar air 19,24%, sehingga terjadi kenaikan sebanyak 5,48%. Sehingga dapat diketahui bahwa pellet kayu gelam dengan perekat tapioka mengalami kenaikan kadar air seiring bertambahnya persentase jumlah perekat dan semakin kecilnya ukuran serbuk (mesh) kayu gelam.

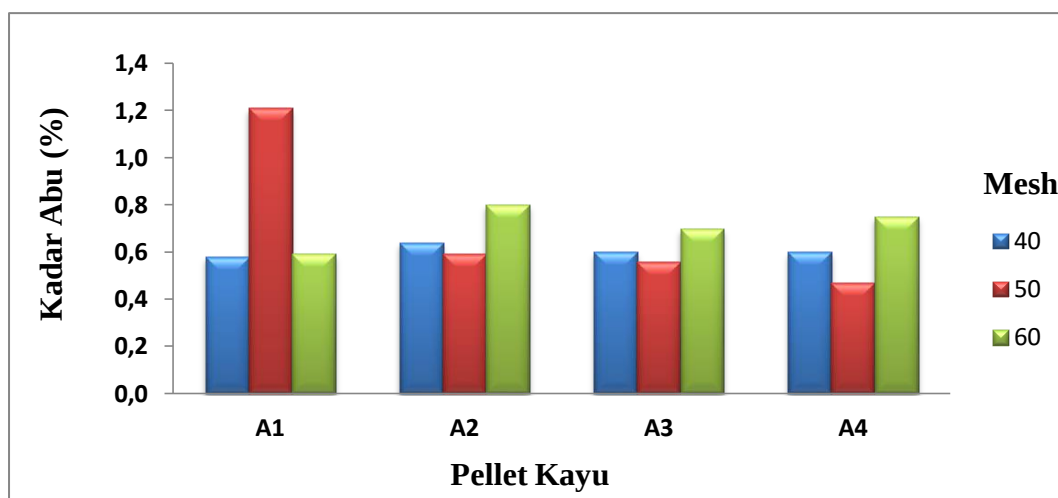
Kadar air merupakan jumlah air yang terkandung dalam bahan bakar, dari hasil sample diatas bahwa pellet kayu gelam yang menggunakan presentase perekat 0 atau murni memiliki kadar air yang rendah dan yang menggunakan presentase perekat 15% memiliki kadar air yang tinggi karena penambahan jumlah bahan perekat tepung tapioka membuat kadar airnya semakin tinggi, karena air yang terkandung dari perekat itu sendiri yang memiliki kadar amilosa 8,06% (dari pati) ikut menambah kadar air secara keseluruhan [9]. Selain itu, penambahan perekat pada pellet kayu gelam

menyebabkan peningkatan kandungan air pellet kayu, karena perekat yang digunakan pada keadaan basah. Perekat yang basah menyebabkan bahan baku pellet kayu dengan perekat mudah menyatu, sehingga meningkatkan daya rekat antar serbuk pellet kayu namun juga meningkatkan kadar airnya [10]. Ukuran serbuk (mesh) pellet kayu gelam juga memiliki menyebabkan peningkatan kandungan air pellet kayu karena semakin kecil ukuran serbuk (mesh), maka akan semakin mudah serbuk tersebut berinteraksi dan menyerap air yang ada pada perekat maupun uap air yang terdapat pada lingkungan sekitar [11].

Jika dibandingkan dengan standar kualitas pellet kayu gelam Indonesia, yaitu SNI 8021:2014 kadar air maksimal adalah 12%, maka tidak ada kadar air pellet kayu gelam yang sesuai dengan standar SNI 8021:2014. Mengingat agar terpenuhinya SNI 8021:2014, maka perlu adanya proses pengeringan lebih lanjut terhadap pellet kayu gelam setelah proses pencetakannya, agar kadar air pellet kayu gelam mengalami penurunan yang signifikan.

Kadar Abu

Pengaruh ukuran serbuk (mesh) dan persentase perekat terhadap kadar abu pellet kayu gelam ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Kadar Abu Pellet Kayu Gelam

Dari Gambar 4 terlihat bahwa untuk ukuran serbuk (mesh) 40 dan 60 pellet kayu gelam tanpa menggunakan perekat kadar abunya lebih rendah dari pada pellet kayu gelam yang menggunakan perekat tapioka, hanya pada ukuran serbuk (mesh) 50 saja yang berbeda kadar abunya. Pellet kayu gelam dengan perekat tapioka mengalami penurunan kadar abu seiring bertambahnya persentase jumlah perekat dan semakin kecilnya ukuran serbuk (mesh) kayu gelam.

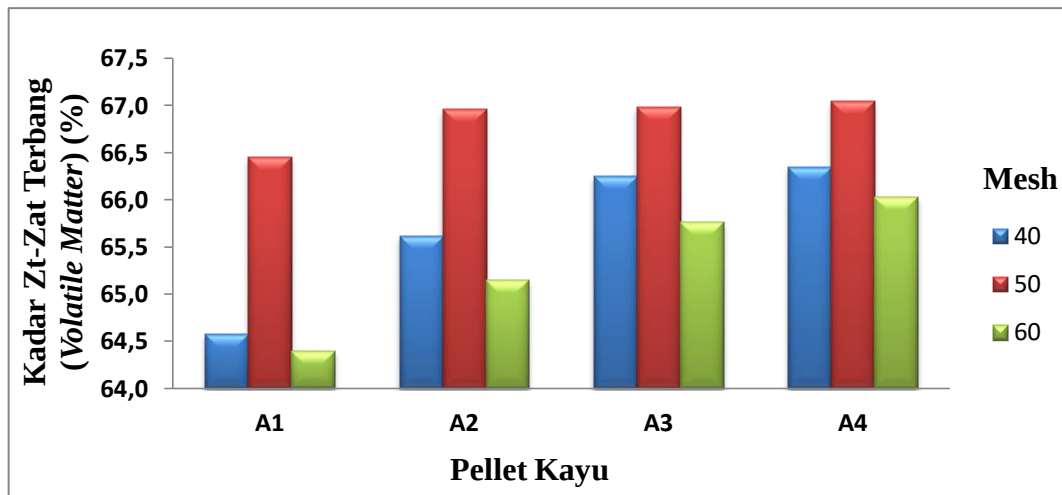
Kadar abu yang tinggi mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan, semakin tinggi kadar abunya, menyebabkan kualitas pellet kayu yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini disebabkan pada abu terdapat silika yang dapat menurunkan nilai kalor [10], [12]–[14] Kadar abu juga dipengaruhi spesies kayu [3]. Ukuran serbuk (mesh) juga memberikan dampak terhadap kadar abu yang dihasilkan pellet kayu gelam karena semakin kecil ukuran serbuk

(mesh) pellet kayu, membuat distribusi api dan temperatur secara merata keseluruhan serbuk ketika pembakaran pellet kayu berlangsung. Sehingga pellet kayu gelam dapat terbakar dengan sempurna dan menghasilkan sedikit abu sisa pembakaran.

Jika dibandingkan dengan standar kualitas pellet kayu gelam Indonesia, yaitu SNI 8021:2014 yang menyatakan bahwa standar maksimal kadar abu sebesar 1,5%, sehingga kadar abu pellet kayu gelam sudah sesuai dengan standar SNI 8021:2014. Hal ini mengindikasikan bahwa pellet kayu gelam dapat digunakan sebagai salah satu potensi sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan.

Kadar Zat-Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Pengaruh ukuran serbuk (mesh) dan persentase perekat terhadap kadar zat-zat terbang (*volatile matter*) pellet kayu gelam dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Kadar Zat-Zat Terbang (Volatile Matter) Pellet Kayu Gelam

Dari Gambar 5 terlihat bahwa pellet kayu gelam tanpa menggunakan perekat kadar zat-zat terbang lebih rendah dibandingkan pellet kayu gelam yang menggunakan perekat tapioka. Pellet kayu gelam yang menggunakan perekat tapioka mengalami kenaikan kadar zat-zat terbang seiring penambahan persentase jumlah perekat dan semakin kecilnya ukuran serbuk (mesh) kayu gelam.

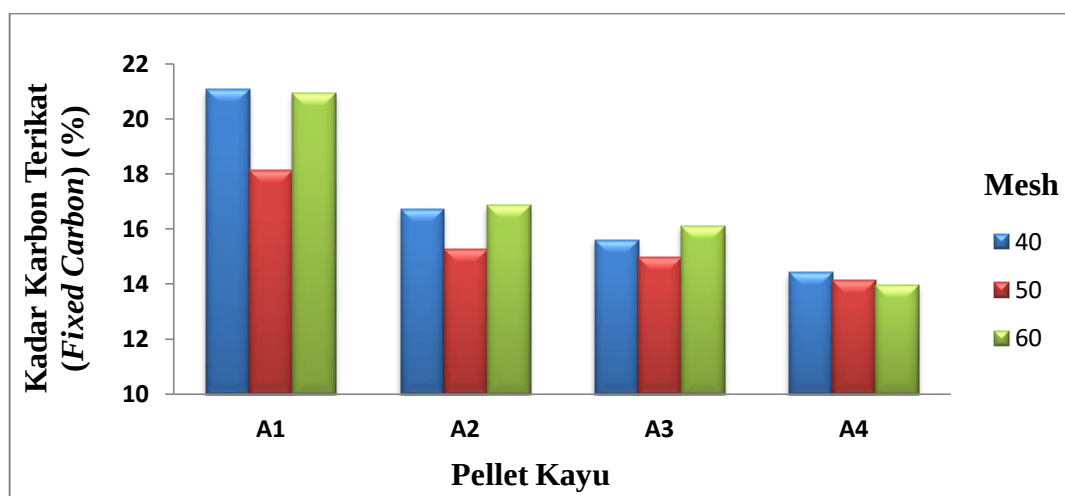
Semakin tinggi kadar zat-zat terbang maka pellet kayu terbakar dengan semakin cepat, sehingga mempercepat laju pembakarannya [15]. Pellet kayu gelam dengan perekat tapioka memiliki kadar zat-zat terbang lebih tinggi dari pada pellet kayu gelam tanpa perekat, hal ini dikarenakan kandungan karbohidrat tapioka sebesar 86,9% [7]. Kandungan karbohidrat yang terdiri dari rantai karbon, oksigen,

dan hidrogen yang jika dibakar tentu akan menjadi zat-zat terbang.

Jika dibandingkan dengan standar kualitas pellet kayu gelam Indonesia, yaitu SNI 8021:2014 yang menyatakan bahwa standar maksimal kadar zat-zat terbang (*volatile matter*) adalah 80%, maka kadar zat-zat terbang pellet kayu gelam sudah sesuai dengan standar SNI 8021:2014.. Hal ini mengindikasikan bahwa pellet kayu gelam dapat digunakan sebagai salah satu potensi sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan.

Kadar Karbon Terikat (*Fixed Carbon*)

Pengaruh ukuran serbuk (mesh) dan persentase perekat terhadap kadar karbon terikat (*fixed carbon*) pellet kayu gelam ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Kadar Karbon Terikat Pellet Kayu Gelam

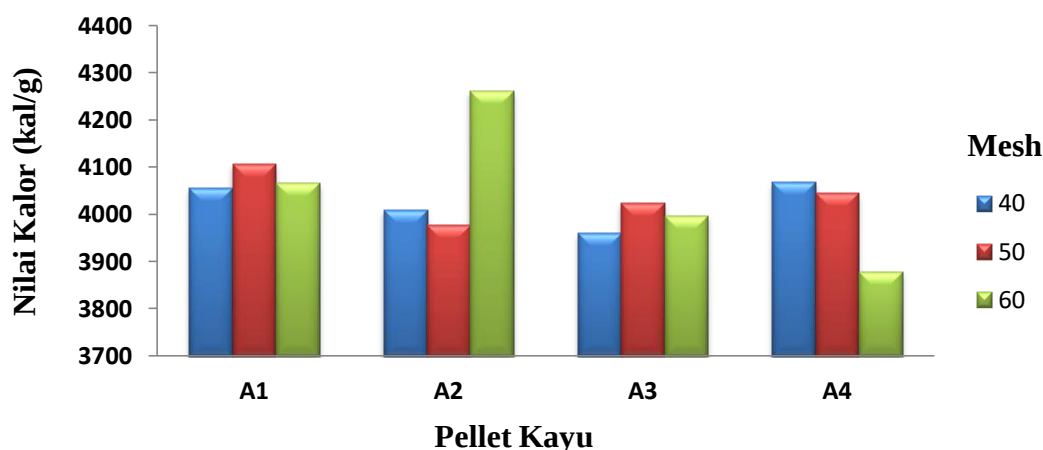
Dari Gambar 6 terlihat bahwa pellet kayu gelam tanpa menggunakan perekat kadar karbon terikat (*fixed carbon*) lebih tinggi dari pada pellet kayu gelam yang menggunakan perekat tapioka. Seiring penambahan persentase perekat pada pellet kayu gelam dan semakin kecilnya ukuran mesh menunjukkan penurunan kadar karbon terikat (*fixed carbon*). Nilai kadar air, kadar abu, dan kadar zat terbang mempengaruhi kadar karbon terikat (*fixed carbon*) di dalam pellet kayu gelam

Jika dibandingkan dengan standar kualitas pellet kayu gelam Indonesia, yaitu SNI 8021:2014 yang menyatakan bahwa standar minimal kadar karbon

terikat (*fixed carbon*) adalah 14 %, maka kadar karbon terikat (*fixed carbon*) pellet kayu gelam sudah sesuai dengan standar SNI 8021:2014.. Hal ini mengindikasikan bahwa pellet kayu gelam dapat digunakan sebagai salah satu potensi sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan.

Nilai Kalor

Karakteristik pembakaran pellet kayu dipengaruhi ukuran serbuk (mesh) dan persentase perekat terhadap nilai kalor pellet kayu gelam. Metode pengujian nilai kalor pellet kayu menggunakan standar ASTM diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Nilai Kalor Pellet Kayu Gelam

Dari Gambar 7 terlihat bahwa bahwa nilai kalor pellet kayu gelam yang tertinggi pada mesh 50 komposisi perekat murni dengan nilai sebesar 4107,2 cal/gr, Sedangkan untuk nilai kalor terendah pada mesh 60 komposisi perekat 15% dengan nilai sebesar 3878,23 cal/gr. Pellet kayu gelam tanpa menggunakan perekat nilai kalornya lebih tinggi dari pada pellet kayu gelam yang menggunakan perekat tapioka, kecuali pada pellet kayu A2 ukuran serbuk (mesh) 60. Pellet kayu gelam yang menggunakan perekat tapioka mengalami penurunan nilai kalor seiring bertambahnya persentase jumlah perekat dan semakin kecilnya ukuran serbuk (mesh) kayu gelam.

Nilai kalor akan semakin meningkat seiring dengan penurunan kadar air, kadar abu, dan kadar zat-zat terbang [16]. Proses pembakaran pellet kayu gelam

dipengaruhi oleh kadar air dan kadar zat-zat terbang (*volatile matter*), karena energi panas pellet kayu akan digunakan untuk menguapkan air dan zat-zat terbang (*volatile matter*) yang dikandung pellet kayu gelam. Kandungan abu menyebabkan penggumpalan dan penyumbatan pada bahan bakar akibat pengaruh kandungan silika pada abu yang tidak terbakar [17].

Jika dibandingkan dengan standar kualitas pellet kayu gelam Indonesia, yaitu SNI 8021:2014 yang menyatakan bahwa standar minimal nilai kalor adalah 4000 kal/g sedangkan sebagian besar nilai kalor pellet kayu gelam sudah melebihi 4000 kal/g, maka nilai kalor pellet kayu gelam sudah sesuai dengan standar SNI 8021:2014. Hal ini mengindikasikan bahwa pellet kayu gelam dapat digunakan sebagai salah satu potensi sumber energi

alternatif yang dapat dimanfaatkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1 Variasi ukuran mesh mempengaruhi sifat fisik kayu gelam, semakin kecil ukuran serbuk (mesh) maka semakin meningkatkan kadar air, kadar abu, dan kadar zat-zat terbang (*volatile matter*), sedangkan kadar karbon terikat (*fixed carbon*) dan nilai kalor mengalami penurunan.
- 2 Variasi persentase perekat mempengaruhi sifat fisik kayu gelam, semakin besar persentase perekat tapioka maka semakin tinggi kadar air, kadar abu, dan kadar zat-zat terbang (*volatile matter*), sedangkan kadar karbon terikat (*fixed carbon*) dan nilai kalor mengalami penurunan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada pihak yang telah membantu dalam penelitian ini serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Lambung Mangkurat. Penelitian ini dibiayai melalui DIPA Universitas Lambung Mangkurat nomor: 023.17.2.6777518/2021.

REFERENCES

- [1] Sylviani and E. Y. Suryandari, "Potensi Pengembangan Industri Pelet Kayu sebagai Bahan Bakar Terbarukan Studi Kasus di Kabupaten Wonosobo (Potential Development of Wood Pellets As Renewable Fuel, Case Study of Wonosobo District)," *Penelit. Sos. Ekon. Kehutan.*, vol. 10, no. 4, pp. 235–246, 2013.
- [2] Junaidi, Ariefin, and I. Mawardi, "Pengaruh Persentase Perekat Terhadap Karakteristik Pellet Kayu Dari Kayu Sisa Gergajian," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–17, 2017.
- [3] E. Arsad, "Sifat Fisik Dan Kimia Wood Pellet Dari Limbah Industri Perkayuan Sebagai Sumber Energi Alternatif (Characteristic Physical and Chemistry of Wood pellet from Industrial Disposal of Wood as Sources Energy Alternatif)," *J. Ris. Ind. Has. Hutan*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2014.
- [4] A. Amrullah, A. Syarief, and M. Saifudin, "Combustion Behavior of Fuel Briquettes Made from Ulin Wood and Gelam Wood Residues," *Int. J. Eng. Trans. B Appl.*, vol. 33, no. 11, pp. 2365–2371, 2020, doi: 10.5829/ije.2020.33.11b.27.
- [5] A. Amrullah, H. Irawansyah, A. Syarif, and M. H. Anshari, "Influence of composition and compaction pressure on the physical quality of wood residue and bottom ash mixture briquettes," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 758, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/758/1/012012.
- [6] Sepfitrah, "Analisis Proximate Hasil Tambang di Riau (Studi Kasus Logas , Selensen dan Pangkalan Lesung)," *J. Sainstek STT Pekanbaru*, vol. 4, no. 1, pp. 18–26, 2016.
- [7] M. Y. Thoha and D. E. Fajrin, "Pembuatan Briket Arang dari Daun Jati dengan Sagu Aren Sebagai Pengikat," *J. Tek. Kim.*, vol. 17, no. 1, pp. 34–43, 2010.
- [8] L. Lestari, Aripin, Yanti, Zainudin, Sukmawati, and Marlioni, "Analisis Kualitas Briket Arang Tongkol Jagung Yang Menggunakan Bahan Perekat Sagu Dan Kanji," *J. Apl. Fis.*, vol. 6, no. 2, pp. 93–96, 2010.
- [9] J. P. Pane, E. Junary, and N. Herlina, "Penambahan Kapur Dalam Pembuatan Briket Arang Berbahan Baku Pelepah Aren (Arenga pinnata)," *J. Tek. Kim.*, vol. 4, no. 2, pp. 32–38, 2015.
- [10] R. A. Bazenet *et al.*, "Pengaruh Kadar Perekat Terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Kayu Karet (Hevea brasiliensis Muell. Arg)," *J. Tek. Pertan. Lampung (Journal Agric. Eng.)*, vol. 10, no. 3, p. 283, 2021, doi: 10.23960/jtep-l.v10i3.283-295.
- [11] A. Priyanto, Hantarum, and Sudarno,

- “Pengaruh variasi ukuran partikel briket terhadap kerapatan, kadar air dan laju pembakaran pada briket kayu sengon,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.* VI, pp. 541–546, 2018.
- [12] H. Anizar, E. Sribudiani, and S. Somadona, “Pengaruh bahan perekat tapioka dan sagu terhadap kualitas briket arang kulit buah nipah,” *Perennial*, vol. 16, no. 1, pp. 11–17, 2020.
- [13] C. K. Parise *et al.*, “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title,” *Rev. Bras. Geogr. Física*, vol. 11, no. 9, pp. 141–156, 2016, [Online]. Available: [http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS - RJ/RBG/RBG 1995 v57_n1.pdf%0Ahttps://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234295](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS-RJ/RBG/RBG-1995-v57_n1.pdf%0Ahttps://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234295).
- [14] F. Fatriani, S. Sunardi, and A. Arfianti, “Kadar Air, Kerapatan, Dan Kadar Abu Wood Pellet Serbuk Gergaji Kayu Galam (*Melaleuca cajuputi* Roxb) DAN KAYU AKASIA (*Acacia mangium* Wild),” *EnviroScientiae*, vol. 14, no. 1, p. 77, 2018, doi: 10.20527/es.v14i1.4897.
- [15] A. H. Hasna, J. P. G. Sutapa, and D. Irawati, “Pengaruh Ukuran Serbuk dan Penambahan Tempurung Kelapa Terhadap Kualitas Pelet Kayu Sengon,” *J. Ilmu Kehutan.*, vol. 13, no. 2, p. 170, 2019, doi: 10.22146/jik.52428.
- [16] E. R. Zulfian, Farah Diba, Dina Setyawati, Nurhaida and Fakultas, “Kualitas Biopellet dari Limbah Batang Kelapa Sawit pada Berbagai Ukuran Serbuk dan Jenis Perekat,” *J. Hutan Lestari*, vol. 03, no. 2, pp. 208–216, 2015.
- [17] A. Nugraha, A. Widodo, and S. Wahyudi, “Terhadap Karakteristik Pembakaran Briket,” *J. Rekayasa Proses*, vol. 8, no. 1, pp. 29–36, 2017.