

## ANALISIS KUALITAS DAN NILAI EKONOMIS PELET KAYU GELAM

### *ANALYSIS OF THE QUALITY AND ECONOMIC VALUE OF GELAM WOOD PELLET*

Andy Nugraha<sup>1)</sup>, Herry Irawansyah<sup>2)</sup>, Muhammad<sup>3)</sup>, Moh Noer Afifuddin<sup>4)</sup>, Rizqi Nor Al'Arisko<sup>5)</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia  
email: [andy.nugraha@ulm.ac.id](mailto:andy.nugraha@ulm.ac.id)<sup>1)</sup>\*, [herryirawansyah@ulm.ac.id](mailto:herryirawansyah@ulm.ac.id)<sup>2)</sup>, [muhammad697@gmail.com](mailto:muhammad697@gmail.com)<sup>3)</sup>,  
[1810816210008@mhs.ulm.ac.id](mailto:1810816210008@mhs.ulm.ac.id)<sup>4)</sup>, [rizqinoralarisko@gmail.com](mailto:rizqinoralarisko@gmail.com)<sup>5)</sup>

Received:  
15 September  
2024

Accepted:  
31 Desember  
2024

Published:  
31 Desember  
2024



#### **Abstrak**

Kayu gelam merupakan spesies yang tumbuh secara alami di hutan rawa dan banyak ditemukan di hutan rawa gambut Kalimantan Selatan. Ketersediaan bahan baku kayu gelam yang melimpah di wilayah ini dan kebutuhan akan energi berbasis biomassa, maka pelet kayu dari kayu gelam dapat menjadi sebuah solusi. Dalam penelitian ini, dilakukan evaluasi terhadap kualitas pelet kayu gelam yang mencakup nilai kalor, berat jenis, dan uji tekan. Selain itu, analisis ekonomi pelet kayu gelam juga dilakukan. Penelitian ini menggunakan perekat berupa tapioka dan terigu, variasi persentase perekat 0%, 5%, 10%, 15%, dan ukuran serbuk 40 mesh, 50 mesh, dan 60 mesh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kalor menurun seiring semakin kecilnya ukuran serbuk kayu gelam dan perekat tapioka memberikan nilai kalor terbaik. Ukuran mesh yang lebih besar cenderung menghasilkan nilai uji tekan yang lebih tinggi serta berat jenis yang lebih padat. Dari segi ekonomi, pelet kayu gelam relatif lebih murah dan mudah didapatkan.

**Kata Kunci:** kayu gelam, pelet kayu, kualitas, nilai ekonomis

#### **Abstract**

*Gelam wood is a natural species in swamp forests and is found in many peat swamp forests in South Kalimantan. Due to the abundant availability of gelam wood raw materials in this region and the need for biomass-based energy, wood pellets from gelam wood can be a solution. In this research, an evaluation was carried out on the quality of gelam wood pellets which included calorific value, specific gravity, and pressure test. In addition, an economic analysis of kayu gelam pellets was also carried out. This study used adhesives in the form of tapioca and wheat flour, variations in adhesive percentages of 0%, 5%, 10%, 15%, and powder sizes of 40 mesh, 50 mesh, and 60 mesh. The results of the research show that the calorific value decreases as the size of the gelam sawdust decreases and tapioca adhesive provides the best calorific value. Larger mesh sizes tend to produce higher compression test values and denser specific gravity. From an economic perspective, gelam wood pellets are relatively cheaper and easier to obtain*

**Keywords:** *gelam wood, wood pellets, quality, economic value*

DOI:10.20527/sjmekinematika.v9i2.571

---

**How to cite:** Nugraha, A., Irawansyah, H., Muhammad., Afifuddin M. N., & Al'Arisko, R. N., "Analisis Kualitas Dan Nilai Ekonomis Pelet Kayu Gelam". *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 9(2), 264-271, 2024.

---

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi manusia yang pesat saat ini, serta perkembangan sektor industri di beberapa negara, menyebabkan peningkatan yang signifikan dalam konsumsi bahan bakar, terutama bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil merupakan sumber daya yang sulit diperbarui karena membutuhkan waktu ratusan hingga jutaan tahun untuk terbentuk kembali. Selain itu, peningkatan populasi juga berdampak pada meningkatnya produksi sampah, karena setiap aktivitas manusia selalu menghasilkan limbah[1]. Serbuk kayu, sebagai salah satu jenis limbah, seringkali kurang dimanfaatkan. Pemanfaatan limbah serbuk kayu dapat berupa sebagai bahan baku untuk menghasilkan biomassa padat dalam bentuk pelet, sehingga menjadi sumber energi ramah lingkungan dan membantu mengurangi jumlah limbah serbuk kayu. Pelet kayu dapat terbuat dari berbagai macam jenis kayu termasuk kayu gelam.

Kayu gelam merupakan salah satu jenis tumbuhan asli rawa yang tumbuh di hutan gambut dangkal dan tepian sungai. Kayu ini termasuk dalam kelas kuat II dan kelas awet III[2], yang menunjukkan bahwa kayu gelam memiliki karakteristik kekuatan dan keawetan yang cukup baik. Di Kalimantan Selatan, Kabupaten Barito Kuala merupakan salah satu pusat produksi kayu gelam, dengan produksi mencapai 20.000 meter kubik per tahun, menjadikan daerah ini sebagai penghasil kayu gelam terbesar di Kalimantan Selatan. Kabupaten Barito Kuala, merupakan daerah di mana penduduknya aktif memanfaatkan kayu gelam untuk kebutuhan sehari-hari, seperti konstruksi bangunan, lantai, tiang penopang, dan sebagai dasar beton. Pemanfaatan kayu gelam sebagai energi alternatif berupa pelet kayu belum dilakukan dan dikembangkan.



Gambar 1. Pohon gelam

Pelet kayu adalah produk yang dikembangkan sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar konvensional. Pelet ini merupakan hasil kompresi biomassa di bawah tekanan untuk digunakan sebagai bahan bakar padat. Pelet kayu biasanya dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga, seperti pemanas ruangan. Selain itu, pelet kayu juga dapat digunakan dalam skala industri, termasuk dalam industri pembangkit listrik. Pelet kayu keras seringkali menjadi pilihan utama karena memiliki kadar air yang lebih rendah secara alami, kepadatan yang lebih tinggi, waktu pembakaran yang lebih lama, serta keluaran panas yang setara dengan batu bara. Pelet kayu dapat ditambahkan perekat yang terbuat dari bahan organik untuk memperkuat bentuknya.



Gambar 2. Pelet kayu gelam

Perekat merupakan material yang berfungsi untuk mengikat dua atau lebih objek menjadi satu kesatuan. Dalam pembuatan pelet kayu, penggunaan perekat sangat penting karena serbuk kayu secara alami cenderung terpisah. Dengan adanya perekat, pelet kayu dapat dibentuk dan dipadatkan sesuai kebutuhan penelitian. Pemilihan jenis dan takaran perekat sangatlah krusial, karena kedua faktor ini dapat mempengaruhi nilai kalor pada saat proses pembakaran[3]. Perekat berbasis pati adalah salah satu jenis perekat yang sering digunakan, terdiri dari pati jagung, kentang, tapioka, gandum, sorgum, ubi jalar, sagu, dan lainnya.

Tepung tapioka diperoleh melalui proses ekstraksi air dari umbi singkong (ketela pohon). Setelah air hasil ekstraksi disaring, ampasnya dipisahkan. Cairan yang disaring kemudian diendapkan, dan endapannya dikeringkan serta digiling menjadi butiran pati putih halus, yang dikenal sebagai tapioka[4]. Tepung terigu, di sisi lain, dihasilkan dari penggilingan biji gandum (*triticum vulgare*). Kelebihan utama tepung terigu dibandingkan dengan sereal lain adalah kemampuannya membentuk gluten, yang membuat adonan menjadi elastis dan tidak mudah hancur selama proses cetak dan masak. Perekat dari tepung tapioka dapat membantu memperbaiki kepadatan pelet kayu, namun juga akan mempengaruhi mutu pelet kayu.

Tabel 1. Komposisi per 100 gr tepung terigu

Tepung Terigu	
Air (%)	11,9
Protein (%)	8,75
Lemak (%)	1,64
Kadar Abu (%)	0,53
Nitrogen (%)	1,4

Di Indonesia terdapat standar untuk mengukur kualitas pelet kayu, standar tersebut yaitu SNI (Standar Nasional Indonesia) 8021:2014[6], adapun nilai standarisasi tersebut dapat dilihat pada tabel 2. Pelet kayu berstandar SNI tentu akan menarik minat masyarakat untuk menggunakannya dan juga memiliki kualitas yang baik. Dengan demikian pelet kayu gelam yang dibuat dengan beberapa variasi perekat dan ukuran serbuk dapat menghasilkan pelet kayu yang sesuai dengan standar SNI dan memiliki nilai ekonomis di masyarakat.

Tabel 2. Standarisasi pelet kayu di Indonesia

Parameter	Standar SNI 8021:2014
Kadar Air (%)	Maks. 12
Kadar Abu (%)	Maks. 1,5
Zat Mudah Menguap (%)	Maks. 80
Kadar Karbon Terikat (%)	Min. 14
Nilai Kalor (%)	Min. 4000

## METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan Studi Eksperimental dengan membuat spesimen menggunakan alat cetak pelet manual. Penelitian dilakukan dengan membuat spesimen menggunakan variasi ukuran partikel 40 mesh, 50 mesh, dan 60 mesh, variasi persentase perekat 0%, 5%, 10%, dan 15%, serta jenis perekat yaitu tapioka dan tepung terigu. Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap nilai kalor, berat jenis, serta kekuatan tekan, termasuk analisis ekonomi dari pelet kayu gelam. Adapun prosedur penelitian yang dilakukan seperti persiapan bahan baku, yaitu kayu gelam, yang berasal dari Kabupaten Barito Kuala. Selain itu, dilakukan juga pembelian perekat dan persiapan peralatan yang dibutuhkan untuk penelitian. Kemudian dilakukan pengeringan bahan baku serbuk kayu gelam dengan dikeringkan menggunakan oven selama delapan jam dengan suhu 50°C selama empat hari untuk mengurangi kadar air yang ada dalam bahan. Serbuk kayu gelam yang sudah kering kemudian diayak.

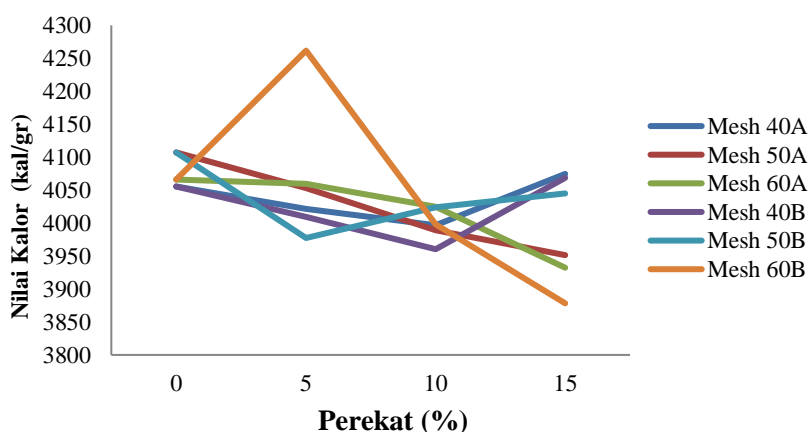
Proses pengayakan bertujuan untuk memperoleh partikel kayu gelam berukuran kecil. Ukuran ayakan yang digunakan adalah 40 mesh (0,420 mm), 50 mesh (0,297 mm), dan 60 mesh (0,250 mm). Partikel yang tidak lolos ayakan akan dikembalikan untuk proses penghalusan ulang. Serbuk kayu gelam yang sudah sesuai ukuran meshnya kemudian dicampurkan dengan perekat. Perekat terbuat dari air dan tepung (tapioka atau terigu) dicampur dalam panci dan diaduk hingga merata. Campuran tersebut dipanaskan hingga mendidih dan diaduk sampai mengental. Selanjutnya, campuran ini dicampurkan dengan serbuk kayu gelam sesuai dengan persentase yang telah ditentukan, namun sebelum itu dilakukan proses penimbangan.

Serbuk kayu gelam dan perekat ditimbang terlebih dahulu untuk mendapatkan variasi sesuai kebutuhan penelitian. Setelah itu, campuran perekat dan serbuk kayu gelam dimasukkan ke dalam blender untuk mencapai campuran yang homogen. Serbuk kayu gelam yang telah dicampurkan dengan perekat kemudian dicetak menggunakan alat press manual dengan tekanan sebesar 60 kg/cm<sup>3</sup> selama 120 detik. Setelah proses pencetakan, pelet kayu dikeluarkan secara perlahan untuk menghindari kerusakan. Kemudian pelet kayu gelam dilakukan pengujian. Pengujian nilai kalor pelet kayu gelam dilakukan di Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Banjarbaru, untuk pengujian berat jenis dan kekuatan tekan dilakukan di laboratorium Teknik Sipil ULM.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Nilai Kalor

Pengaruh ukuran serbuk (mesh), persentase, dan jenis perekat terhadap nilai kalor pelet kayu gelam ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan nilai kalor dengan persentase perekat dan ukuran mesh

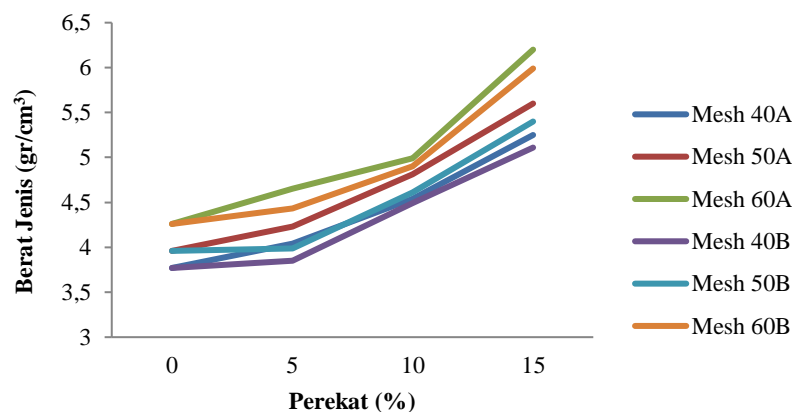
Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa nilai kalor tertinggi pada pelet kayu gelam diperoleh dengan perekat tapioka pada mesh 60 dengan komposisi perekat 5%, yaitu sebesar 4261,65 kal/gr. Sedangkan, nilai kalor terendah ditemukan pada pelet kayu gelam dengan perekat tapioka pada mesh 60 dengan komposisi perekat 15%, yakni sebesar 3878,23 kal/gr. Selain itu, pelet kayu gelam tanpa perekat memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan pelet yang menggunakan perekat, baik tapioka (B) maupun terigu (A). Penurunan nilai kalor terjadi seiring dengan peningkatan jumlah perekat, karena perekat cenderung sulit terbakar dan membawa banyak air, sehingga energi panas yang ada terlebih dahulu digunakan untuk menguapkan air yang terkandung dalam perekat pada pelet kayu[6]. Nilai kalor juga dipengaruhi jenis perekat, penggunaan perekat tapioka cenderung menghasilkan pelet kayu dengan nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan dengan perekat terigu. Hal ini disebabkan oleh kandungan pati dalam tapioka yang lebih tinggi, sehingga memberikan kontribusi lebih besar terhadap energi yang dilepaskan selama pembakaran.

Sementara itu, perekat terigu yang mengandung protein dan gluten, memiliki nilai energi yang sedikit lebih rendah, yang dapat mengurangi nilai kalor total pelet kayu[7,8]. Gambar 3 juga menunjukkan bahwa partikel dengan ukuran lebih halus cenderung menghasilkan nilai kalor yang lebih rendah seiring bertambahnya perekat, mengindikasikan bahwa ukuran partikel yang lebih kecil cenderung memiliki distribusi energi yang kurang efisien karena partikel yang lebih kecil mungkin tidak menyatu dengan baik[9], kecenderungan ini tidak berarti semuanya akan berjalan seperti itu ada beberapa faktor yang mungkin akan mengubah hal tersebut seperti kualitas bahan baku, proses dan metode pengolahan, faktor lingkungan, dan kondisi penyimpanan.

Nilai kalor pelet kayu gelam dalam penelitian ini sebagian besar sudah sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) 8021:2014 yaitu minimal 4000 kal/gr sehingga peluang pelet kayu gelam untuk digunakan masyarakat sebagai salah satu energi alternatif terbuka lebar. Selain itu peluang usaha pelet kayu gelam juga menjadi prospek yang menjanjikan.

### Berat Jenis

Pengaruh ukuran serbuk (mesh), persentase, dan jenis perekat terhadap berat jenis pelet kayu gelam ditampilkan pada Gambar 4.



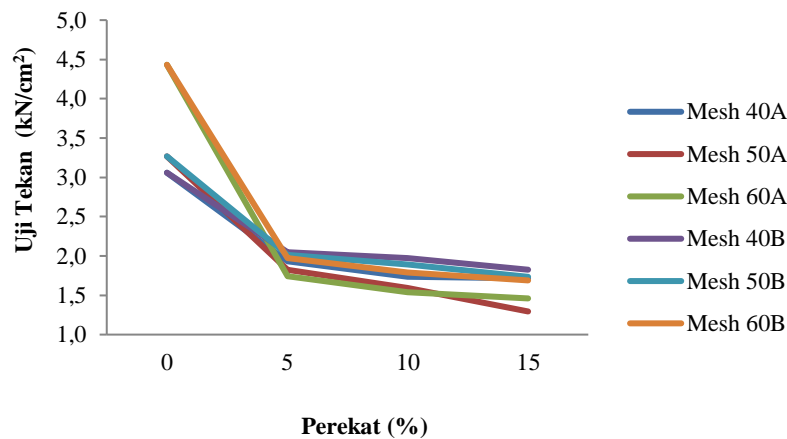
Gambar 4. Hubungan berat jenis dengan persentase perekat dan ukuran mesh

Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa pengujian berat jenis pelet kayu gelam terendah ditunjukkan oleh komposisi perekat 0% dengan variasi 40 mesh memiliki berat jenis 3,77 gr/cm<sup>3</sup> dan nilai berat jenis tertinggi pada perekat 15% dengan variasi 60 mesh perekat terigu memiliki nilai 6,20 gr/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan Gambar 4, semakin banyak penambahan komposisi perekat menyebabkan peningkatan nilai berat jenis pelet kayu gelam. Hal ini karena semakin besar ukuran mesh yang digunakan akan menghasilkan serbuk yang semakin halus, dan penggunaan variasi ukuran serbuk membuat terjadi perbedaan ukuran

berat jenis pada setiap variasi komposisi. Selain itu penambahan komposisi perekat berbanding lurus terhadap nilai berat jenis pelet kayu gelam, hal ini terjadi karena penambahan komposisi perekat baik itu tapioka maupun terigu menyebabkan peningkatan nilai berat jenis karena masih mengandung banyak kadar air. Ini menunjukkan bahwa jenis perekat dan variasi ukuran serbuk berpengaruh nyata terhadap berat jenis pelet kayu gelam[10,11]. Gambar 4 juga menunjukkan bahwa dengan ukuran partikel yang lebih halus, penggunaan perekat dalam jumlah besar membantu meningkatkan kepadatan pelet kayu gelam, yang secara langsung berkaitan dengan kualitas pembakaran yang lebih baik.

### Uji Kuat Tekan

Pengaruh ukuran serbuk (mesh), persentase, dan jenis perekat terhadap kuat tekan pelet kayu gelam ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan kuat tekan dengan persentase perekat dan ukuran mesh

Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa pengujian uji kuat tekan pelet kayu gelam diketahui bahwa uji kuat tekan terendah ditunjukkan oleh mesh 60 15% perekat terigu dengan hasil 1,294 kN/cm<sup>2</sup> sedangkan uji kuat yang tertinggi dengan komposisi mesh 60 tanpa perekat dengan hasil 4,432 kN/cm<sup>2</sup>. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun perekat membantu meningkatkan kepadatan, kelebihan perekat dapat menyebabkan material menjadi terlalu rapuh dan mudah hancur ketika diberikan tekanan. Selain itu, ukuran mesh juga berpengaruh, di mana semakin kecil ukuran mesh yang digunakan, akan menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi. Ukuran mesh yang lebih kecil memungkinkan luas kontak antar partikel serta jumlah partikel yang berkontak menjadi lebih besar, sehingga mampu menahan gaya tekan saat dilakukan uji tekan. Pemilihan jenis perekat turut mempengaruhi kerapatan pelet kayu, di mana perekat dengan daya rekat rendah menyebabkan lebih banyak porositas dibandingkan perekat dengan daya rekat tinggi[12,13]. Hal ini terlihat pada Gambar 5, di mana nilai kuat tekan tapioka (B) lebih tinggi dibandingkan dengan terigu (A).

### Nilai Ekonomis Pelet Kayu Gelam

Saat ini harga pelet kayu per kilogramnya berkisar antara Rp 2.000 hingga Rp 4.000 tergantung tempat dan kualitas dari pelet kayu tersebut. Untuk pelet kayu gelam dengan nilai kalor 4261,65 kal/gr diasumsikan dapat dijual dengan harga Rp 2.000 per 1 Kg, jika dibandingkan dengan kondisi bahan bakar lainnya pemanfaatan pelet kayu sebagai bahan bakar mempunyai prospek yang baik. Perbandingan nilai kalor dan harga bahan bakar lainnya seperti yang terlihat dalam tabel 4. Untuk konsumsi energi rumah tangga harian seperti yang terlihat dalam tabel 5.

Tabel 4. Perbandingan efisiensi bahan bakar

Bahan Bakar	Nilai Kalor (Kal/Kg)	Harga (Rp)
Minyak Tanah	11.000	20.000/lit
Gas LPG	11.900	7.355/kg
Pelet kayu gelam	4.262	2000/kg

Tabel 5. Perbandingan biaya konsumsi energi rumah tangga

Item	Minyak Tanah	LPG	Pelet Kayu Gelam
Harga per kg atau per liter	20.000	7.355	2000
Jumlah Kalori (kal)	11.000	11.900	4.262
Kebutuhan Energi per hari (4L Minyak Tanah x 11.000)	44.000	44.000	44.000
Kebutuhan Rumah Tangga / hari (L atau Kg)	4	3,698	10,324
Harga Konsumsi (Rp)	80.000	27.195	20.648

Jika sebuah keluarga membutuhkan 4 liter minyak tanah setiap hari, dengan nilai kalor minyak tanah sebesar 11.000 kalori, maka kebutuhan energi minyak tanah untuk keluarga tersebut adalah 44.000 kalori per hari. Dengan harga minyak tanah saat ini sebesar Rp 20.000, satu keluarga akan membutuhkan biaya energi sebesar Rp 80.000 per hari. Permintaan energi ini dijadikan sebagai dasar untuk membandingkan kebutuhan energi dari dua jenis bahan bakar lainnya, yaitu gas cair (LPG) dan pelet kayu gelam. Perbandingan konsumsi energi kedua bahan bakar ini dapat dilihat pada Tabel 5. Untuk memenuhi kebutuhan energi sebesar 44.000 kal/hari menggunakan LPG, biaya yang dibutuhkan adalah Rp 27.195. Namun, harga ini berlaku jika pembelian dilakukan dari distributor resmi, sedangkan di luar distributor resmi, harga LPG bisa mencapai dua kali lipat dari harga yang ditetapkan pemerintah. Sementara itu, biaya konsumsi energi menggunakan pelet kayu gelam untuk memenuhi kebutuhan energi sebesar 44.000 kalori hanya sekitar Rp 20.648. Dari hasil perbandingan biaya konsumsi energi tersebut, terlihat bahwa pelet kayu gelam memiliki potensi yang menjanjikan untuk digunakan.

Pelet kayu gelam dapat menjadi pilihan bahan bakar alternatif yang murah dari segi biaya produksi dan juga ramah lingkungan, pelet kayu gelam dapat dimanfaatkan sebagai pemanas ataupun bahan bakar untuk kompor pada skala rumah tangga dan untuk skala industri dapat dimanfaatkan sebagai *co firing* atau material tambahan yang dicampur dengan batubara untuk digunakan sebagai bahan bakar dalam industri pembangkit listrik lebih khususnya tenaga uap[14]. Sehingga dengan pemanfaatan pelet kayu gelam sebagai bahan bakar dapat menjadi salah satu solusi alternatif energi pengganti bahan bakar fosil yang semakin waktu semakin berkurang ketersediaannya di alam.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa nilai kalor pelet kayu gelam menurun seiring dengan semakin kecilnya ukuran serbuk (mesh). Pelet kayu gelam yang menggunakan perekat tapioka memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang menggunakan perekat terigu. Semakin halus ukuran serbuk (mesh) dan semakin besar persentase perekat yang digunakan, berat jenis pelet meningkat namun kuat tekan cenderung menurun. Sebagian besar pelet kayu gelam dalam penelitian ini sudah sesuai dengan nilai kalor pelet kayu SNI (Standar Nasional Indonesia) 8021:2014 yaitu minimal 4000 kal/gr dan pelet kayu gelam juga memiliki nilai ekonomis yang baik dan berpotensi besar sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil.

## REFERENSI

- [1] S. Hardiatmi, “Pendukung Keberhasilan Pengelolaan Sampah Kota,” *J. Invormasi Pertan.*, vol. 10, no. 1, pp. 50–66, 2011.
- [2] W. Supriyati, T. A. Prayitno, S. Sumardi, and S. N. Marsoem, “Kearifan Lokal Penggunaan Kayu Gelam Dalam Tanah Rawa Gambut Di Kalimantan Tengah (Local Wisdom of Utilization of Gelam Wood on Peatswamp Land of Central Kalimantan),” *J. Mns. dan Lingkung.*, vol. 22, no. 1, p. 94, 2015, doi: 10.22146/jml.18729.
- [3] I. Muzi and S. A. Mulasari, “Perbedaan Konsentrasi Perekat Antara Briket Bioarang Tandan Kosong Sawit Dengan Briket Bioarang Tempurung Kelapa Terhadap Waktu Lama Membara,” *J. Kesehat. Masy.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2015, doi: 10.47317/jkm.v8i1.277.
- [4] A. MUSTAFA, “Analisis Proses Pembuatan Pati Ubi Kayu (Tapioka) Berbasis Neraca Massa,” *Agrointek*, vol. 9, no. 2, p. 118, 2016, doi: 10.21107/agrointek.v9i2.2143.
- [5] S. Mustamu and G. Pattiruhu, “Pembuatan Biopellet Dari Kayu Putih Dengan Penambahan Gondorukem Sebagai Bahan Bakar Alternatif,” *J. Hutan Pulau-Pulau Kecil*, vol. 2, no. 1, pp. 91–100, 2018, doi: 10.30598/jhppk.2018.2.1.91.
- [6] A. Gandhi B, “Pengaruh Varian Jumlah Campuran Perekat Terhadap Karakteristik Briket Arang Tongkol Jagung,” *Profesional*, vol. 8, p. 1, 2010, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/161364-ID-none.pdf>.
- [7] V. Kamperidou, “Quality Analysis of Commercially Available Wood Pellets and Correlations between Pellets Characteristics,” *Energies*, vol. 15, no. 8, 2022, doi: 10.3390/en15082865.
- [8] B. Saletnik, A. Saletnik, G. Zagula, M. Bajcar, and C. Puchalski, “The Use of Wood Pellets in the Production of High Quality Biocarbon Materials,” *Materials (Basel)*, vol. 15, no. 13, 2022, doi: 10.3390/ma15134404.
- [9] Spirchez, C., & Lunguleasa, A. (2022). Torrefaction of spruce, beech, and oak pelets in order to improve calorific value. *BioResources*, 17(4), 6804.
- [10] S. Suwadji and H. Pebriana, “Sifat Wood Pellet dari Limbah Kayu Jati,” *J. Wana Trop.*, vol. 8, no. 2, pp. 47–58, 2018.
- [11] M. J. Stolarski, P. Stachowicz, and P. Dudzic, “Wood pellet quality depending on dendromass species,” *Renew. Energy*, vol. 199, no. April, pp. 498–508, 2022, doi: 10.1016/j.renene.2022.08.015.
- [12] S. Suryaningsih, P. M. Anggraeni, and O. Nurhilal, “Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Kualitas Termal Dan Mekanik Briket Campuran Arang Sekam Padi Dan Kulit Kopi,” *J. Mater. dan Energi Indones.*, vol. 9, no. 02, p. 79, 2020, doi: 10.24198/jmei.v9i2.26351.
- [13] A. Paktiawal and M. Alam, “Temperature effect on compressive strength and quality grading of standard grade concrete with partial replacement of natural coarse aggregate by burnt wood pellet aggregate,” *Mater. Today Proc.*, vol. 56, pp. 574–580, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.02.387.
- [14] Z. Maskur and A. Nugroho, “Analisa Karakteristik Biomasa untuk Cofiring pada Pembangkit Batubara di Indonesia,” *Semin. Nas. Teknol. Ind. Berkelanjutan I (SENASTITAN I)*, pp. 394–402, 2021.