

EKSPERIMENTAL BAHAN BAKAR BIOPELET DENGAN MENGGUNAKAN KOMPOR BIOMASSA SEBAGAI SUMBER BAHAN BAKAR TERBARUKAN

Efdias Gestio Ambara⁵, Muhammad Lazim⁶, Rita Maria Veranika⁷, Martin Luther King⁸

Email Korespondensi: rita_maria_veranika@univ-tridinanti.ac.id

Abstrak: Biomassa merupakan sumber energi yang berasal dari siklus biologis. Salah satu bentuk biomassa yang semakin populer adalah biopelet, yaitu bahan bakar terbarukan yang terbuat dari limbah biomassa yang diproses menjadi pelet. Penelitian ini menggunakan kompor biomassa dan bahan bakar biopelet untuk mendukung teknologi yang lebih ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui analisa proksimat, nilai kalor, efisiensi energi, serta karakteristik pembakaran dari empat jenis biopelet menggunakan kompor biomassa. Metode penelitian meliputi proses pembuatan biopelet dengan komposisi bahan masing-masing biomassa 500 g, tepung sago 500 g, dan air 1 liter, serta dilakukan eksperimen langsung untuk mengumpulkan data. Tahap pengujian biopelet meliputi pengujian proksimat di laboratorium dan uji pembakaran menggunakan kompor biomassa dengan mendidihkan 1 liter air, dengan mengukur temperatur air, waktu pembakaran, dan sisa bahan bakar. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan nilai tertinggi pada biopelet campuran dengan kadar kalor (HHV) sebesar 6382.63 cal/g, kadar air 10.71%, kadar abu 4.03%, kadar zat terbang 72.27%, dan kadar karbon terikat 13.01%, serta efisiensi termal 10.54%, kalor serap air 308.067 kJ, laju konsumsi bahan bakar 3.4 kg/jam, dan efisiensi pembakaran 5.6%. Efisiensi dan nilai kalor yang tinggi sangat berpengaruh terhadap proses pembakaran.

Kata kunci: bahan bakar, biomassa, biopelet, efisiensi energi, kompor biomassa

Abstract: Biomass is a renewable energy source derived from biological cycles. One increasingly popular form of biomass is biopellet, which is a renewable fuel produced from biomass waste processed into pellet form. This study utilizes a biomass stove and biopellet fuel to support the development of more environmentally friendly technology. The objective of this study is to analyze the proximate properties, calorific value, energy efficiency, and combustion characteristics of four types of biopellets using a biomass stove. The research method includes the biopellet production process with a composition of 500 g of biomass material, 500 g of sago flour, and 1 liter of water, followed by direct experimental testing to collect the required data. The biopellet testing stages include proximate analysis in the laboratory and combustion testing using a biomass stove by boiling 1 liter of water, while measuring water temperature, combustion time, and remaining fuel. The laboratory test results show that the mixed biopellet achieved the highest values, with a calorific value (HHV) of 6382.63 cal/g, moisture content of 10.71%, ash content of 4.03%, volatile matter of 72.27%, and fixed carbon of 13.01%, as well as a thermal efficiency of 10.54%, water heat absorption of 308.067 kJ, a fuel consumption rate of 3.4 kg/h, and a combustion efficiency of 5.6%. High efficiency and calorific value significantly influence the combustion process.

Keywords: biomass, biomass stove, biopellet, energy efficiency, fuel

⁵ Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti.

^{6,7,8} Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti.

PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah penduduk dan pertumbuhan industri telah menyebabkan peningkatan kebutuhan energi secara signifikan. Ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan, seperti peningkatan emisi gas rumah kaca dan pencemaran udara. Oleh karena itu, pengembangan sumber energi alternatif yang

terbarukan dan ramah lingkungan menjadi sangat penting, salah satunya melalui pemanfaatan biomassa (Namakka et al., 2025).

Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang berasal dari bahan organik, seperti limbah pertanian, limbah kehutanan, dan residu industri agro. Biomassa dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar melalui proses pembakaran langsung untuk

menghasilkan energi panas. Namun, biomassa dalam bentuk aslinya memiliki beberapa kelemahan, antara lain densitas energi rendah, kadar air tinggi, serta nilai kalor yang relatif kecil, sehingga efisiensi pembakarannya menjadi kurang optimal (Syamsiro, 2016; Drobnik, 2024). Untuk meningkatkan kualitas biomassa sebagai bahan bakar, dilakukan proses densifikasi yang menghasilkan biopellet. Biopellet memiliki ukuran seragam, densitas energi lebih tinggi, serta karakteristik pembakaran yang lebih stabil dibandingkan biomassa curah (Oberberger & Thek, 2015; Zlateva et al., 2025). Dalam satu dekade terakhir, biopellet semakin banyak diteliti dan dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif karena berpotensi menggantikan bahan bakar fosil dalam skala rumah tangga maupun industri kecil (Namakka et al., 2025).

Pemanfaatan biopellet akan lebih optimal apabila digunakan pada kompor biomassa yang dirancang khusus untuk bahan bakar padat. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa karakteristik bahan bakar, desain kompor, serta pengaturan aliran udara sangat memengaruhi efisiensi termal dan performa pembakaran kompor biomassa (Bhattacharya et al., 2015; MacCarty et al., 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik biopellet dari berbagai bahan biomassa melalui pengujian proksimat, nilai kalor (HHV dan LHV), serta mengevaluasi kinerja pembakaran biopellet pada kompor biomassa berdasarkan parameter efisiensi termal, laju konsumsi bahan bakar, dan efisiensi pembakaran.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kompor Biomassa

Kompor biomassa merupakan perangkat pembakaran yang menggunakan bahan bakar biomassa untuk menghasilkan energi panas. Kompor ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan menurunkan emisi

dibandingkan dengan sistem pembakaran konvensional. Efisiensi kompor biomassa dipengaruhi oleh desain tungku, sistem suplai udara, serta sifat fisik dan kimia bahan bakar yang digunakan (Bhattacharya et al., 2015; MacCarty et al., 2016).

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar biopellet pada kompor biomassa dapat meningkatkan efisiensi termal serta menurunkan laju konsumsi bahan bakar dibandingkan penggunaan biomassa curah (Tunisa Zahra & Zurohaina, 2025; Melinda et al., 2025).



Gambar 1 Kompor biomassa yang digunakan

B. Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang berasal dari organisme hidup atau sisa aktivitas biologis, seperti limbah pertanian dan limbah kehutanan. Biomassa tersusun atas komponen utama berupa kadar air, zat terbang, karbon terikat, dan abu. Komposisi ini sangat memengaruhi karakteristik pembakaran dan nilai kalor biomassa (Syamsiro, 2016).

Kandungan kadar air yang tinggi pada biomassa dapat menurunkan nilai kalor dan efisiensi pembakaran karena sebagian energi digunakan untuk menguapkan air. Oleh sebab itu, pengolahan biomassa menjadi bahan bakar padat dengan kadar air lebih rendah sangat diperlukan (Drobnik, 2024).



Gambar 2 Biomassa yang digunakan (sekam padi, ampas kelapa, serbuk kayu)

C. Biopellet

Biopellet merupakan bahan bakar padat hasil proses densifikasi biomassa yang berbentuk silinder kecil dengan ukuran seragam. Proses pembuatan biopellet bertujuan untuk meningkatkan densitas energi, memperbaiki karakteristik pembakaran, serta mempermudah penanganan dan penyimpanan bahan bakar (Obernberger & Thek, 2015).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa komposisi bahan baku, tekanan pengepresan, serta perlakuan awal seperti torefaksi berpengaruh signifikan terhadap nilai kalor dan laju pembakaran biopellet (Aditya, 2025; Hakim, 2025; Sukarta & Ayuni, 2024). Biopellet dari bahan campuran umumnya memiliki nilai kalor dan stabilitas pembakaran yang lebih baik dibandingkan biopellet dari satu jenis biomassa (Zlateva et al., 2025).

D. HHV dan LHV

Nilai kalor merupakan jumlah energi panas yang dilepaskan selama pembakaran sempurna suatu bahan bakar. Nilai kalor dibedakan menjadi Higher Heating Value (HHV) dan Lower Heating Value (LHV). HHV memperhitungkan panas kondensasi uap air hasil pembakaran, sedangkan LHV tidak memperhitungkan panas tersebut (Syamsiro, 2016).

Nilai HHV dan LHV menjadi parameter penting dalam evaluasi kualitas biopellet karena berkaitan langsung dengan efisiensi pembakaran dan kinerja energi pada kompor biomassa (Obernberger & Thek, 2015).

E. Pengujian Bahan Bakar

1. Efisiensi Termal

Efisiensi termal merupakan rasio panas yang dihasilkan oleh bahan bakar terhadap panas yang diserap oleh air untuk menaikkan suhu dan menguapkannya dikenal sebagai efisiensi termal. Perhitungan untuk menentukan nilai efisiensi termal didefinisikan sebagai berikut:

$$\eta_T = \frac{m_a \times C_p \times \Delta T + \Delta m_a \times L}{\Delta m_k \times LHV} \times 100\%$$

dimana :

η_T = Efisiensi termal (%)

m_a = Massa air (kg)

C_p = Kalor jenis air (4180 J/kg°C)

ΔT = Selisih suhu (°C)

Δm_a = Massa air yang menguap (kg)

L = Kalor penguapan air (2.260.000 J/kg)

Δm_k = Massa bahan bakar yang telah dibakar (kg)

LHV = Nilai kalor bahan bakar (cal/g)

2. Laju konsumsi bahan bakar

$$FCR = \frac{WFU}{t}$$

dimana:

FCR = Laju konsumsi bahan bakar (kg/jam)

WFU = Berat bahan bakar yang digunakan (kg)

t = waktu oprasional (s)

3. Efisiensi Pembakaran

Untuk mengetahui Efisiensi pembakaran dapat dihitung dengan rumus:

$$\eta_p = \frac{Q}{t \times FCR \times LHV} \times 100\%$$

Dimana:

η_p = Efisiensi pembakaran (%)

Q = Kalor yang dibutuhkan (kcal)

t = Waktu pemanasan (jam)

FCR = Laju konsumsi bahan bakar (kg/jam)

LHV = Nilai kalor bahan bakar (cal/g)

4. Kalor Bahan Bakar

Kalor adalah panas yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna. Kalor dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{bb} = m_{bb} \cdot LHV$$

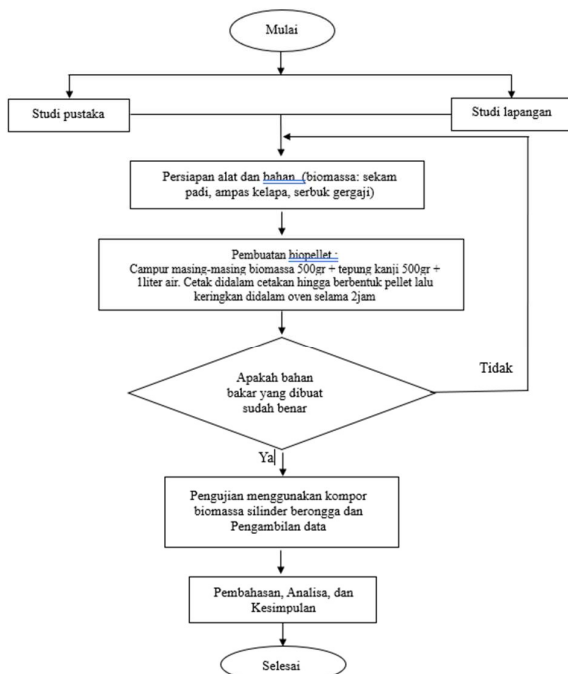
Dengan:

Q_{bb} = Kalor bahan bakar (kcal)

LHV = nilai kalor bahan bakar (cal/g)

m_{bb} = berat bahan bakar (kg)

METODE PENELITIAN



Gambar 3 Diagram Alir

PEMBAHASAN

A. Hasil Analisis Proksimat dan Nilai Kalor

Performa pembakaran biopellet sangat dipengaruhi oleh karakteristik proksimat dan nilai kalor. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa biopellet campuran memiliki performa terbaik dibandingkan biopellet serbuk kayu, ampas kelapa, dan sekam padi, yang ditunjukkan oleh keseimbangan kadar air, kadar abu yang relatif rendah, kandungan karbon terikat yang tinggi, serta nilai kalor HHV tertinggi.

Tabel 1 Hasil analisis proksimat dan nilai kalor

Biopellet	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Terbang (%)	Kadar Carbon Terikat (%)	HHV (cal/g)	LHV (cal/g)
Sekam Padi	9,12	9,94	68,99	11,95	4503,9309	3729,5523
Ampas Kelapa	10,45	0,49	77,75	11,32	4845,1119	4070,7333
Gergaji Kayu	11,14	0,19	76,91	11,77	5199,6035	4425,2249
Campuran	10,71	4,03	72,25	13,01	6382,6287	5608,2501

Kadar air biopellet pada penelitian ini berada pada kisaran 9.12–11.14%, yang masih sesuai dengan rentang kadar air optimal biopellet sebagaimana ditunjukkan oleh Obernberger dan Thek (2015), yaitu di bawah 12%. Biopellet

campuran dengan kadar air 10.71% menunjukkan efisiensi pembakaran yang lebih baik dibandingkan biopellet dengan kadar air lebih tinggi, sejalan dengan temuan Drobnik (2024) yang menyatakan bahwa peningkatan kadar air secara signifikan menurunkan nilai kalor efektif akibat kebutuhan energi untuk penguapan air.

Kadar abu biopellet sekam padi yang tinggi (9.94%) pada penelitian ini konsisten dengan penelitian Zlateva et al. (2025) dan Namakka et al. (2025), yang menyebutkan bahwa kandungan silika tinggi pada sekam padi berkontribusi terhadap peningkatan abu dan penurunan kualitas pembakaran. Sebaliknya, kadar abu biopellet campuran yang lebih rendah (4.03%) menunjukkan bahwa pencampuran biomassa dengan kandungan silika rendah, seperti serbuk kayu dan ampas kelapa, efektif dalam menurunkan residu abu dan meningkatkan efisiensi pembakaran, sebagaimana juga dinyatakan oleh Sukarta dan Ayuni (2024).

Kadar zat terbang biopellet campuran (72.25%) berada pada kisaran optimal yang mendukung kemudahan penyalaan sekaligus kestabilan pembakaran. Nilai ini sejalan dengan hasil penelitian Aditya (2025) yang menyatakan bahwa kadar zat terbang moderat menghasilkan pembakaran yang lebih stabil dibandingkan biopellet dengan zat terbang terlalu tinggi yang cenderung terbakar cepat atau terlalu rendah yang sulit menyala.

Karbon terikat biopellet campuran yang tertinggi (13.01%) berkontribusi terhadap durasi pembakaran yang lebih panjang dan pelepasan panas yang lebih stabil. Temuan ini sejalan dengan Syamsiro (2016), yang menyatakan bahwa kandungan karbon terikat yang tinggi meningkatkan stabilitas pembakaran dan menghasilkan pembakaran yang lebih efektif.

Nilai kalor HHV dan LHV biopellet campuran masing-masing sebesar 6382.63 cal/g dan 5608.25 cal/g, lebih tinggi dibandingkan biopellet tunggal. Hasil ini konsisten dengan penelitian Zlateva et al. (2025) dan Drobnik (2024), yang menyatakan bahwa biopellet berbahan campuran cenderung memiliki nilai kalor lebih tinggi akibat sinergi karakteristik bahan baku yang saling melengkapi.

kesesuaian hasil penelitian ini dengan berbagai literatur menunjukkan bahwa strategi pencampuran biomassa merupakan pendekatan efektif meningkatkan kualitas dan performa biopellet untuk diaplikasikan sebagai bahan bakar pada kompor biomassa.



Gambar 3 Pellet yang dihasilkan

B. Perbandingan Nilai Kalor Batubara dan Biopellet

Berdasarkan hasil pengujian, biopellet campuran memiliki nilai kalor HHV sebesar 6382.63 cal/g, yang sebanding dengan batubara sub-bituminus (4.500–6.000 cal/g) dan mendekati batubara bituminus (6.000–7.500 cal/g) berkualitas menengah. Nilai ini menunjukkan bahwa biopellet campuran memiliki potensi energi yang kompetitif dibandingkan bahan bakar fosil, khususnya batubara peringkat rendah hingga menengah, dengan keunggulan tambahan berupa sifat terbarukan dan emisi yang lebih ramah lingkungan.

C. Tabel Data Hasil Perhitungan

Data hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2 Data hasil perhitungan

Biopellet	Efisiensi Termal (%)	Q_a (KJ)	FCR (kg/jam)	Efisiensi Pembakaran (%)	Q_{bb} (Kcal)
Sekam Padi	6,71	304,302	5,33	5,1	1864,78
Ampas Kelapa	8,22	303,047	4,3	5,2	2035,37
Gergaji Kayu	10,1	302,21	4,05	5,3	2212,61
Campuran	10,54	308,067	3,4	5,6	2804,12

Berdasarkan data hasil perhitungan pada Tabel 2, nilai efisiensi termal biopellet berada pada kisaran 6.71–10.54% dan efisiensi pembakaran berkisar antara 5.1–5.6%. Meskipun nilai tersebut relatif rendah, hal ini masih dapat diterima untuk pengujian kompor biomassa sederhana skala laboratorium karena adanya kehilangan panas melalui radiasi dan konveksi dinding tungku, gas buang yang belum dimanfaatkan secara optimal, serta keterbatasan desain kompor dan distribusi udara pembakaran. Namun demikian, Tabel 2 menunjukkan bahwa biopellet campuran memiliki kinerja paling unggul dengan efisiensi termal tertinggi (10.54%), efisiensi pembakaran tertinggi (5.6%), laju konsumsi bahan bakar terendah (3.4 kg/jam), serta kalor yang diserap air tertinggi (308.067 KJ). Hal ini menegaskan bahwa, meskipun efisiensi absolut masih rendah, perbandingan kinerja antar jenis biopellet tetap konsisten dan menunjukkan bahwa biopellet campuran mampu memanfaatkan energi secara lebih optimal dibandingkan biopellet lainnya, sehingga layak diaplikasikan sebagai bahan bakar biomassa pada kompor skala rumah tangga.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mencapai tujuan utama yaitu mengevaluasi karakteristik proksimat, nilai kalor, dan kinerja pembakaran beberapa jenis biopellet pada kompor biomassa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi bahan baku berpengaruh signifikan terhadap kualitas dan performa biopellet. Biopellet campuran memberikan performa terbaik dibandingkan biopellet serbuk kayu, ampas kelapa, dan sekam padi, yang ditunjukkan oleh kadar abu lebih rendah, karbon terikat lebih tinggi, serta nilai kalor HHV dan LHV tertinggi.

Biopellet campuran juga menghasilkan efisiensi termal tertinggi (10.54%), efisiensi pembakaran tertinggi (5.6%), laju konsumsi bahan bakar terendah (3.4 kg/jam), dan kalor yang diserap air paling besar. Meskipun nilai efisiensi absolut masih relatif rendah, hasil tersebut masih dapat diterima untuk kompor biomassa sederhana skala laboratorium. Dari sisi lingkungan dan kebijakan energi, biopellet campuran berpotensi menjadi bahan bakar terbarukan yang layak untuk substitusi energi fosil dan pemanfaatan limbah biomassa pada skala rumah tangga.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, K. (2025). Optimalisasi nilai kalor dan laju pembakaran biopellet sekam padi melalui torefaksi dan penambahan zeolit alam. *Chemical Engineering Journal Storage*, 5(3), 115–124. <https://doi.org/10.29103/cejs.v5i3.21940>
- Bhattacharya, S. C., Albina, D. O., & Abdul Salam, P. (2015). Sustainable biomass energy systems and household energy security. *Energy for Sustainable Development*, 25, 1–10.
- Drobniak, A. (2024). Fuel properties and combustion performance of densified biomass pellets. *Renewable Energy*, 220, 119–128.
- Hakim, M. H. (2025). Pengaruh komposisi bahan dan tekanan pengepresan pada pembuatan biopellet terhadap nilai kalor hasil pembakaran. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, 4(4), 397–404. <https://doi.org/10.28926/briliant.v4i4.397>
- MacCarty, N., Still, D., & Ogle, D. (2016). Fuel use and emissions performance of cooking stoves in the laboratory and related benchmarks of performance. *Energy for Sustainable Development*, 35, 1–14.
- Melinda, T., Pratama, R., & Yuliana, S. (2025). Effectiveness test of biomass stove based on fuel mass ratio of biopellet and betung bamboo chips. *Journal of Industrial, Energy and Environment Technology*, 6(1), 21–28.
- Namakka, M., Rahman, M. R., & Bakri, M. K. B. (2025). Waste biomass pellets for green energy production: A sustainable alternative for energy security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 190, 114087. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114087>
- Obernberger, I., & Thek, G. (2015). *The pellet handbook: The production and thermal utilisation of biomass pellets*. Earthscan.
- Standar Nasional Indonesia. (2014). *SNI 8021:2014 – Pellet biomassa sebagai bahan bakar padat*. Badan Standardisasi Nasional.
- Sukarta, I. N., & Ayuni, P. S. (2024). Analisis proksimat dan nilai kalor pellet biosolid yang dikombinasikan dengan biomassa limbah bambu. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 13(2), 98–107. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v5i1.8278>
- Syamsiro, M. (2016). Karakteristik pembakaran biopellet dari berbagai jenis biomassa. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Mesin*, 7(1), 15–22.
- Tunisa Zahra, M., & Zurohaina, N. (2025). Effect of airflow rate on biomass gasification stove performance using rice husk and sawdust pellets. *Journal of Industrial, Energy and Environment Technology*, 6(2), 55–63.
- Zlateva, P., Terziev, A., Krumov, K., Murzova, M., & Mileva, N. (2025). Research on the combustion of mixed biomass pellets in a domestic boiler. *Fuels*, 6(2), 40. <https://doi.org/10.3390/fuels6020040>