

# Produksi Briket Bioarang dari Limbah Serbuk Kayu Jati dengan Metode Pirolisis

Robby Zitni Ilma<sup>1</sup>, Asroful Abidin<sup>1,\*</sup> dan Mokh. Hairul Bahri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Muhammadiyah Jember 1; robbyzidni300600@gmail.com

<sup>2</sup>Universitas Muhammadiyah Jember 2; asrofulabidin@unmuhjember.ac.id

<sup>3</sup>Universitas Muhammadiyah Jember 3; mhairulbahri@unmuhjember.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.xxxxx/xxxxx>

\*Correspondensi: Asroful Abidin

Email: asrofulabidin@unmuhjember.ac.id

Published: Januari, 2024



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi suhu (250°C, 350°C, 450°C, 550°C) pada proses pirolisis terhadap uji proksimat dan nilai kalor briket bioarang berbahan serbuk kayu jati. Serbuk kayu jati diolah melalui proses pirolisis dengan variasi suhu yang telah ditentukan. Parameter proksimat yang diamati meliputi kadar air, abu, volatile matter, dan fixed carbon. Selain itu, nilai kalor dari briket bioarang diukur untuk menilai potensi energi yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi suhu pirolisis signifikan mempengaruhi komposisi proksimat briket bioarang. Suhu tertinggi (550°C) menghasilkan kadar air yang rendah, abu yang minimal, serta kandungan volatile matter dan fixed carbon yang optimal. Selain itu, nilai kalor briket bioarang meningkat seiring dengan kenaikan suhu pirolisis. Dengan demikian, penggunaan suhu pirolisis yang tepat dapat meningkatkan kualitas briket bioarang dari serbuk kayu jati, memberikan potensi sebagai sumber energi alternatif yang efisien dan ramah lingkungan. Penemuan ini dapat menjadi landasan untuk pengembangan lebih lanjut dalam memanfaatkan biomassa kayu jati sebagai bahan bakar berkelanjutan.

**Keywords:** Pirolisis; Suhu Variabel; Briket Bioarang; Serbuk Kayu Jati; Proksimat dan Nilai Kalor.

## PENDAHULUAN

British Petroleum (2005), menyatakan bahwa 47,5 % kebutuhan energi di Indonesia dipenuhi oleh bahan bakar minyak. Saat ini saja, cadangan minyak bumi Indonesia tinggal 1 persen dan gas bumi hanya 1,4 % dari total cadangan minyak dan gas bumi dunia, sedangkan cadangan batubara hanya 3 persen dari cadangan batubara dunia (Yudanto dkk, 2020). Dari data tersebut dapat diperkirakan beberapa tahun lagi, Indonesia akan menjadi pengimpor penuh minyak bumi (net oil importer). Oleh karena itu, usaha untuk mencari bahan bakar alternatif yang dapat diperbarui (renewable), ramah lingkungan, dan bernilai ekonomis, semakin banyak dilakukan (Mondal dkk, 2021). Indonesia sebagai negara tropis memiliki potensi kayu yang sangat besar, sehingga limbah yang dihasilkan industri kayu juga besar. Berdasarkan hasil pengumpulan Data Kehutanan Triwulanan Tahun 2022 (DKT2022), jumlah produksi kayu bulat di Indonesia adalah sebesar 64,65 juta m<sup>3</sup> (Badan Pusat Statistik, 2022). Kayu Jati merupakan kayu yang sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan *furniture*. Ketersediaan limbah kayu jati yaitu serbuk kayu jati cukuplah banyak, pemanfaatan limbah kayu jati banyak dimanfaatkan sebagai bahan untuk membantu proses pembakaran batu bata dan dibuang begitu saja, sehingga limbah serbuk gergaji kayu jati dapat mencemari lingkungan disekitarnya (J. S. Wibowo, 2021). Briket adalah bahan yang potensial dan dapat diandalkan untuk rumah tangga. Briket

mampu menyuplai energi dalam jangka Panjang (Faizal dkk, 2019). Briket didefinisikan sebagai bahan bakar yang berwujud padat dan berasal dari sisa-sisa bahan organik yang telah mengalami proses pemampatan dengan daya tekan tertentu. Pemanfaatan briket sebagai energi alternatif merupakan langkah yang tepat (Hayati, 2020). Briket dapat menggantikan penggunaan kayu bakar yang mulai meningkat konsumsinya dan berpotensi merusak ekologi hutan. Selain itu, harga briket relatif murah dan terjangkau oleh masyarakat, terutama yang berdomisili di daerah terpencil dan pengusaha briket dapat menyerap tenaga kerja, baik di pabrik briketnya, distributor, industri tungku, dan mesin briket (Masyrurroh & Rahmawati, 2022). Novita dkk menyatakan bahwa pirolisis merupakan teknologi yang cukup menjanjikan dalam mengkonversi biomassa menjadi bahan bakar yang dapat diperbaharui.

Teknologi pirolisis sangat berpotensi untuk dikembangkan karena ketersediaan sumber bahan biomassa yang sangat melimpah, teknologinya mudah untuk dikembangkan, bersifat ramah lingkungan dan menguntungkan secara ekonomi (Novita dkk, 2021). Produk hasil pirolisis dapat dimanfaatkan untuk energi terbarukan, sumber bahan kimia, penghasil energi dan sebagainya. Salah satu teknologi yang mempunyai peluang besar untuk menghasilkan biofuel. Proses pirolisis dapat mengubah biomassa menjadi produk cair, padat dan gas (Ridhuan dkk, 2019). Pemanfaatan biomassa untuk energi alternatif dapat mengurangi dampak lingkungan saat ini menjadi masalah seperti peningkatan CO<sub>2</sub> dalam lingkungan yang disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil (Ridhuan & Suranto, 2019). Menurut penelitian dari Hanif Rahmat H, hasil analisa pengujian briket arang serbuk gergaji kayu sengon dengan variasi temperatur pirolisis 200°C, 300°C, 400°C didapat kesimpulan yaitu : semakin tinggi temperatur pirolisis maka akan semakin tinggi juga nilai kalornya, nilai kalor meningkat dari temperatur pirolisis 200°C sebesar 6.210,784 kal/gr menjadi 6.820,945 kal/gr pada temperatur pirolisis 400°C; semakin tinggi temperatur pirolisis maka akan semakin berkurangnya kadar air, kadar air menurun dari temperatur pirolisis 200°C sebesar 3,822% menjadi 3,209% pada temperatur pirolisis 400°C (Rahmat H, 2020).

Dalam upaya mendukung keberlanjutan lingkungan dan menghadapi tantangan pemanasan global, pencarian solusi alternatif untuk pengelolaan limbah organik menjadi semakin mendesak. Salah satu potensi sumber daya yang dapat dimanfaatkan adalah limbah serbuk kayu jati, yang dapat diubah melalui proses pirolisis menjadi briket bioarang. Pirolisis merupakan metode termokimia yang melibatkan pemanasan biomassa pada suhu tinggi dengan ketersediaan oksigen yang terbatas, menghasilkan bioarang, gas-gas, dan cairan pirolisis. Limbah serbuk kayu jati, yang sering kali dihasilkan dari industri pengolahan kayu, merupakan sumber daya yang potensial untuk dikonversi menjadi energi alternatif berupa briket bioarang. Pemanfaatan limbah serbuk kayu jati tidak hanya membantu mengurangi volume limbah dan dampak lingkungan negatif, tetapi juga memberikan nilai tambah dengan menghasilkan produk energi yang dapat digunakan secara lokal. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi pirolisis limbah serbuk kayu jati sebagai metode yang efektif dalam menghasilkan briket bioarang.

Fokus utama penelitian adalah pada karakteristik fisik dan kimia briket bioarang yang dihasilkan, serta analisis proses pirolisis untuk mengoptimalkan rendemen produk dan kualitas bioarang yang dihasilkan. Dengan mengidentifikasi potensi limbah serbuk kayu jati sebagai bahan baku untuk produksi briket bioarang melalui pirolisis, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada upaya pengelolaan limbah berkelanjutan dan pengembangan sumber energi alternatif. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi landasan untuk pengembangan teknologi pirolisis yang lebih efisien dan ramah lingkungan dalam mendukung keberlanjutan dan kemandirian energi di tingkat lokal maupun global.

---

## METODE

Metode penelitian ini termasuk metode penelitian eksperimen yang bermaksud untuk mengetahui pengaruh variabel independen (*treatment* /perlakuan) terhadap variabel dependen (hasil) dalam kondisi yang terkendalikan. Kondisi dikendalikan agar tidak ada variabel lain (selain variabel *treatment*) yang memengaruhi variabel dependen (hasil). Agar kondisi dapat dikendalikan maka dalam penelitian eksperimen menggunakan kelompok kontrol dan seiring penelitian eksperimen dilakukan di dalam laboratorium.

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Jember untuk proses pirolisis bahan baku, kemudian untuk uji proksimat dan uji nilai kalor dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

### Rencana Kebutuhan Alat

Beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian, diantaranya adalah:

1. Alat pirolisis
2. Alat uji proksimat
3. Timbangan
4. Ayakan 50 mesh
5. Sendok
6. Cetakan briket
7. Alat press briket
8. Wadah briket
9. Gelas ukur
10. Oven

### Rencana Kebutuhan Komponen

Rencana bahan/komponen yang diperlukan dalam pembuatan briket, antara lain:

1. Serbuk kayu jati
2. Tepung tapioka
3. Air

### Variabel Penelitian

Dalam sebuah penelitian terdapat beberapa jenis variabel yang tersusun atas berbagai komponen seperti faktor, atribut, dan perlakuan yang akan diambil berdasarkan kajian penelitian.

Variabel terikat adalah variabel yang ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Pengujian ini menggunakan variasi temperatur pirolisis dan bahan baku dari serbuk kayu jati.

Variabel terkontrol adalah variabel yang dibuat didalam suatu penelitian. Berat bahan baku serbuk kayu jati yang digunakan sebesar 500 gram. Pengujian ini menggunakan variasi temperatur sebagai berikut : 550° C.

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya tidak dapat di tentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung variabel terikatnya. Penelitian ini memiliki variabel bebas yang meliputi data yang diperoleh pada pengujian proksimat dan nilai kalor.

Parameter uji sebagai acuan adalah standar SNI No.1/6235/2000 dimana dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Standar Kualitas Nilai Briket.

No.	Parameter	Standar SNI No.1/6235/2000
1.	Kadar Air (%)	$\leq 8$
2.	Kadar Abu (%)	$\leq 8$
3.	Kadar Karbon Terikat (%)	$\geq 77$
4.	Kadar Zat Menguap (%)	$\geq 15$
5.	Nilai Kalor (kal/g)	$\leq 5000$

Berdasarkan tabel 1 diketahui bahwa standar kualitas nilai briket harus sesuai SNI (Standar Nasional Indonesia).

**Prosedur Penelitian**

Adapun prosedur penelitian sebagai berikut :

1. Mulai penelitian.
2. Belajar atau mencari referensi yang terkait dengan penelitian.
3. Menyiapkan alat dan bahan penelitian.
4. Memulai proses pirolisis untuk bahan menjadi arang dan setelah itu dilanjutkan dengan proses pengayakan.
5. Pencampuran bahan serta mencetak bahan menjadi briket.
6. Setelah bahan dicetak lalu dikeringkan melalui oven.
7. Kemudian briket di uji proksimat dan uji nilai kalor.
8. Jika hasil uji sesuai harapan maka dilanjut dengan hasil dan pembahasan, jika hasil uji tidak sesuai harapan maka saya akan mengulang atau memperbaiki penelitian.
9. Hasil dan pembahasan.
10. Selanjutnya kesimpulan dan saran.
11. Selesai.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil nilai uji proksimat sebelum di pirolisis dan sesudah di pirolisis dengan suhu 550°C dapat dilihat pada tabel 2 dan 3.

**Tabel 2.** Hasil nilai uji proksimat serbuk kayu jati sebelum dipirolisis.

No.	Bahan	Pengujian	Sebelum di pirolisis			Hasil rata-rata uji
			1	2	3	
1	Serbuk	Kadar air (%)	8,6957	8,8583	8,7475	8,7672
2	Kayu jati	Kadar abu (%)	4,3478	3,9370	4,1750	4,1533
3		Kadar zat menguap (%)	67,1937	67,1260	67,1968	67,1722
4		Kadar karbon terikat (%)	19,7628	20,0787	19,8807	19,9074
5		Nilai kalor (Kal/gr)	4363,5309	4343,1425	4406,6995	4371,1243

Berdasarkan pada tabel 2 diketahui bahwa hasil uji proksimat serbuk kayu jati sebelum dipirolisis mendapatkan nilai kadar air sebesar 8,7672%, nilai kadar abu sebesar 4,1533%, nilai kadar zat menguap 67,1722%, nilai kadar karbon terikat sebesar 19,9074% dan nilai kalor sebesar 4371,1243 kal/gr.

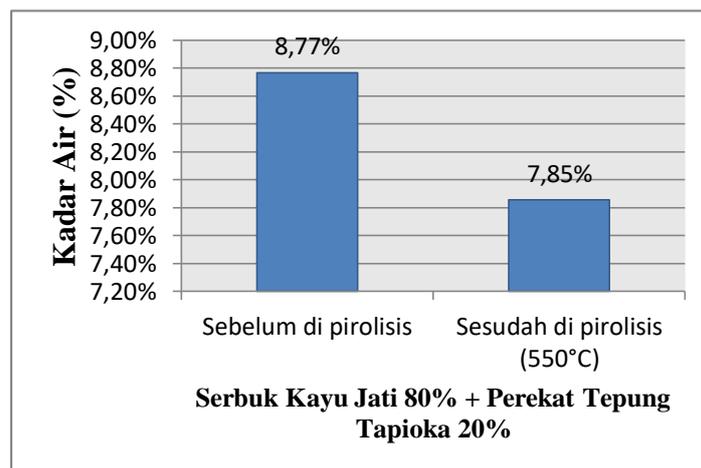
**Tabel 3.** Hasil nilai uji proksimat briket serbuk kayu jati sesudah di prolisis dengan suhu 550°C.

No.	Bahan	Pengujian	Temperatur 550°C			Hasil rata-rata uji
			1	2	3	
1	Serbuk Kayu jati 80% + Perekat Tepung Tapioka 20%	Kadar air (%)	7,9051	7,7689	7,8895	7,8545
2		Kadar abu (%)	7,9051	7,9681	7,6923	7,8552
3		Kadar zat menguap (%)	24,3083	24,1036	24,4576	24,2898
4		Kadar karbon terikat (%)	59,8814	60,1594	59,9606	60,0005
5		Nilai kalor (Kal/gr)	6279,7913	6264,9506	6311,0509	6285,2643

Berdasarkan pada tabel 3 diketahui bahwa hasil uji proksimat serbuk kayu jati sesudah dipirolisis pada suhu 550°C mendapatkan nilai kadar air sebesar 7,8545%, nilai kadar abu sebesar 7,8552%, nilai kadar zat menguap 24,2898%, nilai kadar karbon terikat sebesar 60,0005% dan nilai kalor sebesar 6285,2643 kal/gr.

### Uji kadar air

Pada penelitian ini, kadar air yang diuji adalah sampel material pada setiap tahapan proses. Pengujian kadar air dilakukan pada setiap tahapan proses karena kadar air merupakan salah satu parameter penentuan kualitas arang yang berpengaruh terhadap nilai kalor pembakaran, kemudahan menyala, daya pembakaran dan jumlah asap yang dihasilkan selama pembakaran. Tingginya kadar air arang dapat menurunkan nilai kalor pembakaran, menyebabkan proses penyalaaan menjadi lebih sulit dan menghasilkan banyak asap (Yuliah dkk, 2019). Kadar air yang harus dicapai pada arang yang telah diproduksi berdasarkan standar SNI No.1/6235/2000 yaitu  $\leq 8\%$ . Hasil pengujian kadar air dapat ditunjukkan pada gambar 2.



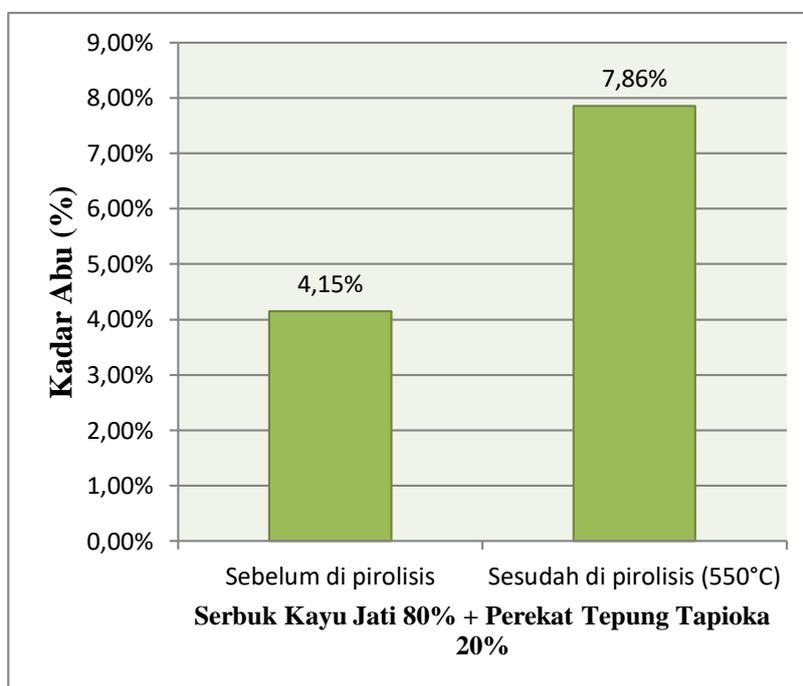
**Gambar 1.** Hasil uji kadar air.

Pada gambar 2 menunjukkan bahwa nilai kadar air sebelum dipirolisis masih belum memenuhi standar SNI No.1/6235/2000, sedangkan nilai kadar air sesudah dipirolisis pada suhu 550°C telah memenuhi standar SNI No.1/6235/2000 dengan kadar air  $\leq 8\%$ . Semakin sedikit kadar air maka semakin baik arang yang dihasilkan.

### Uji kadar abu

Kadar abu menyebabkan turunnya mutu briket karena dapat menurunkan nilai kalor. Kadar abu merupakan bahan sisa proses pembakaran yang tidak memiliki unsur karbon atau nilai kalor. Komponen

utama abu dalam biomassa berupa kalsium, potasium, magnesium, dan silika yang berpengaruh terhadap nilai kalor pembakaran. Kadar abu merupakan salah satu parameter yang penting karena bahan bakar tanpa abu (seperti minyak dan gas) memiliki sifat pembakaran yang lebih baik. Nilai kadar abu yang harus dicapai pada arang yang telah diproduksi berdasarkan standar SNI No.1/6235/2000 yaitu  $\leq 8\%$ . Semakin kecil kadar abu, mutu pada arang akan semakin baik (Ndraha, 2019). Hasil pengujian kadar abu dijelaskan pada gambar 3.

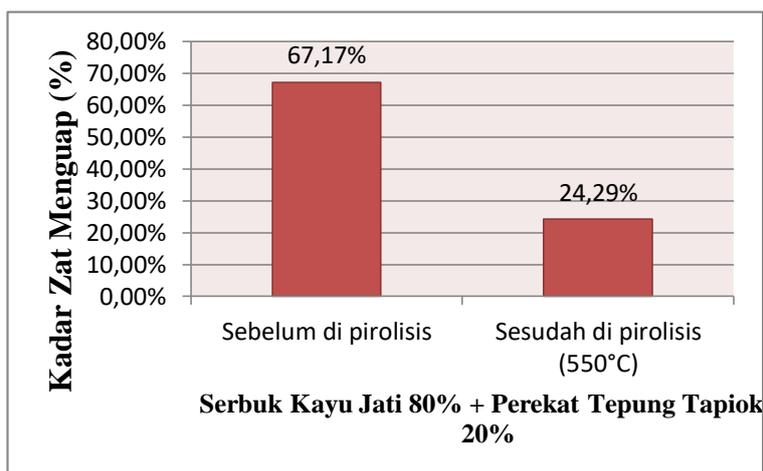


**Gambar 2.** Hasil uji kadar abu.

Pada gambar 3 menunjukkan bahwa nilai uji kadar abu sebelum dipirolisis telah memenuhi standar SNI No.1/6235/2000 yaitu  $\leq 8\%$ . Pada nilai kadar abu sesudah dipirolisis pada suhu 550°C telah memenuhi standar SNI No.1/6235/2000 yaitu  $\leq 8\%$ .

### Uji kadar zat menguap

Kadar zat terbang dapat dijadikan sebagai parameter untuk mengukur banyaknya asap yang dihasilkan pada saat pembakaran. Semakin tinggi jumlah kadar zat terbang dari suatu bahan bakar maka jumlah asap yang dihasilkan semakin tinggi. Kadar zat terbang yang tinggi dipengaruhi oleh komponen kimia seperti zat yang mudah menguap pada saat pembakaran suhu tinggi. Selain itu, kadar zat terbang briket yang tinggi disebabkan karena tidak adanya proses karbonisasi. Karbonisasi mampu mengurangi kadar zat terbang karena tidak terdapat oksigen dalam proses karbonisasi yang dapat menyebabkan hilangnya komponen zat terbang dari bahan dan karbon tetap tertinggal dalam bahan. Kadar zat terbang berdasarkan hasil uji telah memenuhi standar SNI. Semakin kecil kadar zat menguap, mutu briket akan semakin baik (Anizar dkk, 2020). Hasil pengujian kadar zat menguap dapat dilihat pada gambar 4.

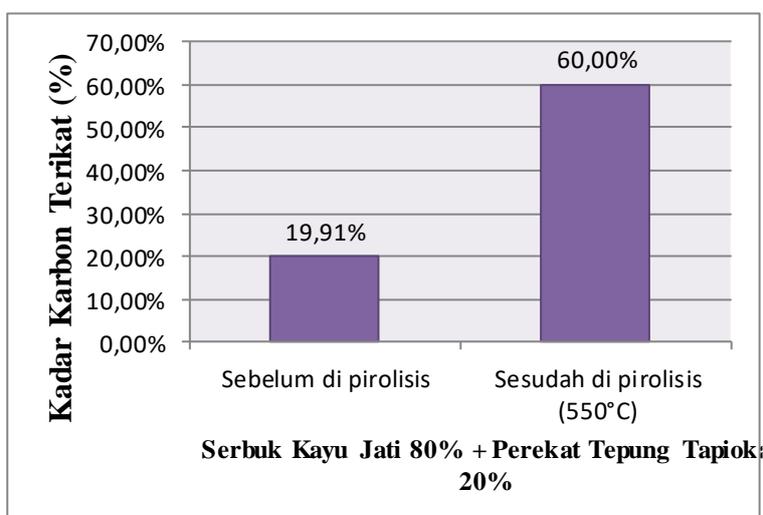


**Gambar 3.** Hasil uji kadar zat menguap.

Pada gambar 4 menunjukkan bahwa nilai uji kadar zat menguap sebelum dipirolisis dan sesudah dipirolisis pada suhu 550°C masih belum memenuhi standar SNI yaitu  $\leq 15\%$ .

### Uji kadar karbon terikat

Karbon terikat merupakan komponen fraksi karbon (C) yang terdapat di dalam bahan selain air, abu, dan zat terbang, sehingga keberadaan karbon terikat pada briket dipengaruhi oleh nilai kadar abu dan kadar zat terbang pada briket tersebut. Pengukuran karbon terikat menunjukkan jumlah material padat yang dapat terbakar setelah komponen zat terbang dihilangkan dari bahan tersebut. Kadar karbon sebagai parameter kualitas bahan bakar karena mempengaruhi besarnya nilai kalor. Kandungan kadar karbon terikat yang semakin tinggi akan menghasilkan nilai kalor semakin tinggi, sehingga kualitas bahan bakar akan semakin baik (Arifah, 2019). Untuk hasil pengujian kadar karbon terikat tertera pada gambar 5.

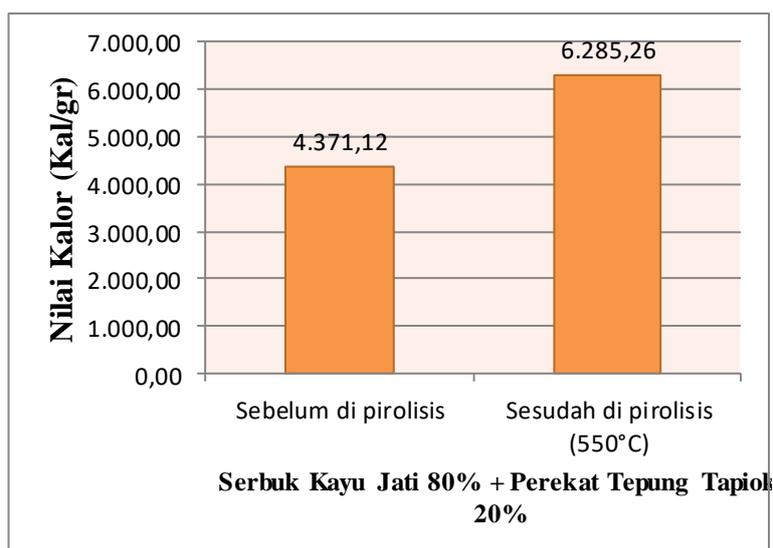


**Gambar 4.** Hasil uji kadar karbon terikat.

Pada gambar 5 menunjukkan nilai kadar karbon terikat sebelum dipirolisis dan sesudah dipirolisis pada suhu 550°C masih belum memenuhi standar SNI No.1/6235.2000 yaitu  $\geq 77\%$ .

## Uji nilai kalor

Nilai kalor adalah jumlah suatu panas yang dihasilkan persatu berat dari proses pembakaran cukup dari satu bahan yang mudah cukup terbakar. Parameter utama dalam menentukan kualitas bahan bakar arang adalah nilai kalor. Nilai kalor didefinisikan sebagai panas yang dilepaskan dari pembakaran sejumlah kuantitas unit bahan bakar (massa) dimana produknya dalam bentuk ash, gas CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Nitrogen dan air, tetapi tidak termasuk air yang menjadi uap (vapor). Kalor yang semakin tinggi menunjukkan kualitas bahan bakar yang semakin baik. Nilai kalor berkorelasi positif dengan kadar karbon terikat di dalam arang. Hasil uji menunjukkan nilai kalor telah memenuhi standar SNI. Semakin besar nilai kalor, mutu briket akan semakin baik (R. Wibowo, 2019). Hasil pengujian nilai kalor dapat di lihat pada gambar 6.



**Gambar 5.** Hasil uji nilai kalor.

Hasil uji nilai kalor pada gambar 6 menunjukkan serbuk sebelum dipirolisis belum memenuhi standar SNI, sedangkan pada serbuk yang sudah dipirolisis pada suhu 550°C telah memenuhi standar SNI No.1/6235/2000 yaitu  $\geq 5000$  kal/gr.

## SIMPULAN

Dalam menghadapi tantangan krisis energi global, terutama di Indonesia, pemanfaatan bahan bakar minyak yang semakin terbatas menjadi permasalahan serius. Dengan cadangan minyak dan gas bumi yang semakin menipis, mencari alternatif energi yang dapat diperbarui, ramah lingkungan, dan ekonomis menjadi keharusan mendesak. Indonesia, sebagai negara tropis dengan potensi kayu yang melimpah, memiliki peluang besar untuk mengoptimalkan limbah serbuk kayu jati sebagai sumber daya biomassa. Sayangnya, limbah serbuk kayu jati seringkali tidak dimanfaatkan dengan baik dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan jika tidak dikelola dengan benar. Oleh karena itu, solusi yang ramah lingkungan perlu dikembangkan untuk mengelola limbah tersebut. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah pengembangan briket bioarang dari limbah serbuk kayu jati. Briket ini bukan hanya sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, tetapi juga memiliki potensi untuk mengurangi penggunaan kayu bakar tradisional yang dapat merusak ekologi hutan.

Penggunaan teknologi pirolisis menjadi relevan dalam mengubah biomassa menjadi briket bioarang, dengan suhu pirolisis pada 550°C menghasilkan briket yang memenuhi standar SNI. Variasi temperatur pirolisis memengaruhi karakteristik briket bioarang, terutama nilai kalor yang meningkat seiring dengan peningkatan suhu pirolisis. Pemanfaatan briket bioarang sebagai energi alternatif tidak hanya memberikan dampak positif terhadap lingkungan dengan mengurangi emisi asap dan CO<sub>2</sub>, tetapi juga memberikan nilai tambah ekonomis dengan harga yang terjangkau dan potensi penyerapan tenaga kerja. Penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan teknologi pirolisis yang lebih efisien dan ramah lingkungan dalam mengelola limbah serbuk kayu jati. Penggunaan briket bioarang sebagai sumber energi terbarukan dan alternatif dapat menjadi kontribusi signifikan dalam mendukung keberlanjutan energi, tidak hanya di tingkat lokal tetapi juga secara global. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan pentingnya optimalisasi limbah serbuk kayu jati melalui teknologi pirolisis sebagai langkah strategis dalam mengatasi permasalahan energi dan lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anizar, H., Sribudiani, E., & Somadona, S. (2020). Pengaruh Bahan Perekat Tapioka Dan Sagu Terhadap Kualitas Briket Arang Kulit Buah Nipah. *Perennial*, 16(1), 11–17. <http://dx.doi.org/10.24259/perennial.v16i1.9159>
- Arifah, R. (2019). Keberadaan karbon terikat dalam briket arang dipengaruhi oleh kadar abu dan kadar zat yang menguap. *Jurnal Wahana Inovasi*, 6(2), 365–377.
- Badan Pusat Statistik, B. (2022). *Statistik Produk Kehutanan*.
- Faizal, M., Saputra, M., & Zainal, F. A. (2019). Pembuatan Briket Bioarang dari Campuran Batubara dan Biomassa Sekam Padi dan Eceng Gondok. *Teknik Kimia*, 21(4), 1–12.
- Hayati, N. (2020). Optimasi Kondisi Pirolisis Dan Pengeringan Pada Proksimat Arang Tempurung Kelapa Dengan Metode Taguchi. *Simetris*, 12(1), 6–12.
- Masyuroh, A., & Rahmawati, I. (2022). Pembuatan Briket Arang Dari Serbuk Kayu Sebagai Sumber Energi Alternatif. *ABDIKARYA: Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat*, 4(1), 95–103. <https://doi.org/10.47080/abdikarya.v4i1.1881>
- Mondal, S., Mondal, A. K., Chintala, V., Tauseef, S. M., Kumar, S., & Pandey, J. K. (2021). Thermochemical pyrolysis of biomass using solar energy for efficient biofuel production: a review. *Biofuels*, 12(2), 125–134. <https://doi.org/10.1080/17597269.2018.1461512>
- Ndraha, N. (2019). Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang. *Skripsi Universitas Sumatera Utara*, January, 20–27.
- Novita, S. A., Santosa, S., Nofialdi, N., Andasuryani, A., & Fudholi, A. (2021). Artikel Review: Parameter Operasional Pirolisis Biomassa. *Agroteknika*, 4(1), 53–67. <https://doi.org/10.32530/agroteknika.v4i1.105>
- Rahmat H, H. (2020). *Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Karakteristik Termal Briket Arang Gergaji Kayu Sengon*.
- Ridhuan, K., Irawan, D., & Inthifawzi, R. (2019). Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(1), 69–78. <https://doi.org/10.24127/trb.v8i1.924>
- Ridhuan, K., & Suranto, J. (2019). Perbandingan Pembakaran Pirolisis Dan Karbonisasi Pada Biomassa

- 
- Kulit Durian Terhadap Nilai Kalori. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1), 50–56. <https://doi.org/10.24127/trb.v5i1.119>
- Wibowo, J. S. (2021). Pemanfaatan Buah Pinus Dengan Serbuk Gergaji Kayu Jati Menjadi Briket Sebagai Energi Alternatif. *AME (Aplikasi Mekanika Dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(2), 97. <https://doi.org/10.32832/ame.v7i2.4977>
- Wibowo, R. (2019). Analisis Thermal Nilai Kalor Briket Ampas Batang Tebu dan Serbuk Gergaji. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(1), 9–15. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2019.010.01.2>
- Yudanto, A., Kartika, L. C., Kimia, J. T., Teknik, F., Diponegoro, U., Sudharto, J. P., Fax, T., Ir, P., & Susetyo, D. (2020). *SERBUK GERGAJI KAYU JATI*. 024.
- Yuliah, Y., Suryaningsih, S., & Ulfi, K. (2019). Penentuan Kadar Air Hilang dan Volatile Matter pada Bio-briket dari Campuran Arang Sekam Padi dan Batok Kelapa. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 1(1), 51–57. <https://doi.org/10.24198/jiif.v1n1.7>