



Pengaruh Komposisi Campuran dan Ukuran Butiran terhadap Kualitas Briket Arang dari Limbah Serbuk Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dengan Perekat Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas*)

Dafit Ari Prasetyo^{1,*}, Elvira Anne Violita¹, Umi Sholikah^{2,3}, dan Ulvi Pri Astuti⁴

Sitasi: Prasetyo, Dafit Ari.; Violita, Elvira Anne, Sholikah, Umi, Astuti, Ulvi Pri. (2025). Pengaruh Komposisi Campuran dan Ukuran Butiran terhadap Kualitas Briket Arang dari Limbah Serbuk Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dengan Perekat Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas*). J-TETA: Jurnal Teknik Terapan, V(4) N(2), hlm. 120-127

¹ Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Politeknik Negeri Jember;

² Program Studi Teknik Lingkungan; Institut Teknologi Kalimantan

³ Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima, Japan

⁴ Program Studi Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

* Korespondensi: dafit@polije.ac.id; Tel.: +62 8999707395

Abstract: Mahogany sawdust waste (*Swietenia macrophylla*) has not been widely utilized and is only used as baglog in oyster mushroom cultivation and particle board mixture. The potential of mahogany sawdust waste as fuel is quite high, especially when viewed from its calorific value which reaches 4,652.34-4,844.83 cal/g. Making mahogany sawdust into charcoal briquettes with a mixture of castor oil plant leaves (*Jatropha curcas*) can increase the calorific value and its usefulness as fuel. The variations of the castor oil leaf adhesive mixture used are 10%, 20%, and 30% as well as variations in the size of mahogany sawdust charcoal grains 35 mesh, 60 mesh, and 100 mesh. The briquette with the best composition produced is variation A1B1, namely a briquette with a 10% adhesive mixture and a particle size of 35 mesh (particle size ≈ 0.5 mm) with a calorific value of 6,122 cal/g, water content of 5.62%, ash content of 6.46% and has met the quality standards for charcoal briquettes according to SNI 1-6235-2000.

Keywords: Briquettes; Calorific Value; Castor Oil Plant Leaves; Composition Mixture; Mahogany Sawdust Waste.



Copyright: © 2025 oleh para penulis.

Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Abstrak: Limbah serbuk kayu mahoni (*Swietenia macrophylla*) belum banyak dimanfaatkan dan hanya digunakan sebagai baglog pada budidaya jamur tiram dan bahan campuran papan partikel. Potensi limbah serbuk kayu mahoni sebagai bahan bakar cukup tinggi, terutama jika dilihat dari nilai kalornya yang mencapai 4.652,34-4.844,83 kal/g. Pembuatan serbuk kayu mahoni menjadi briket arang dengan campuran daun tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*) dapat meningkatkan nilai kalor dan kemanfaatannya sebagai bahan bakar. Variasi campuran perekat daun jarak yang digunakan adalah 10%, 20%, dan 30% serta variasi ukuran butiran arang serbuk kayu mahoni 35 mesh, 60 mesh, dan 100 mesh. Briket dengan komposisi terbaik yang dihasilkan adalah variasi A1B1 yaitu briket dengan campuran perekat 10% dan ukuran butiran 35 mesh (ukuran partikel ≈ 0.5 mm) dengan nilai kalor 6.122 kal/g, kadar air 5.62%, kadar abu 6.46% dan telah memenuhi standar kualitas briket arang menurut SNI 1-6235-2000.

Kata kunci: Briket; Nilai Kalor; Daun Jarak Pagar; Komposisi Campuran; Limbah Serbuk Kayu Mahoni.

1. Pendahuluan

Pertambahan jumlah penduduk di Indonesia tidak berimbang dengan ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin menipis. Oleh karena itu, pemerintah melalui siaran pers nomor 126.Pers/04/SJI/2021 menyampaikan bahwa

target bauran energi baru terbarukan (EBT) pada tahun 2025 harus mencapai 23% dari total penggunaan energi nasional. Sementara itu, tingkat penggunaan EBT baru mencapai 11,2% [1]. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan cara mengurangi penggunaan kayu bakar dan gas LPG pada sektor rumah tangga dan menggantinya dengan bahan bakar alternatif berupa briket arang dengan nilai kalor yang cukup tinggi, mudah digunakan serta lebih ramah lingkungan. Briket akan lebih bernilai ekonomis dan menguntungkan apabila dibuat dengan menggunakan bahan baku yang mudah didapatkan dan merupakan bahan yang sudah tidak dimanfaatkan kembali atau limbah.

Limbah kayu mahoni masih banyak tersedia dan belum dimanfaatkan secara besar-besaran sehingga masih menjadi tumpukan dan dibiarkan atau dibakar [2]. Padahal potensi serbuk kayu mahoni sangatlah tinggi dan dapat menjadi sumber energi karena nilai kalornya sebesar 4.652,34-4.844 kal/g [3] terutama digunakan sebagai bahan bakar briket arang, karena nilai kalor serbuk kayu mahoni akan meningkat apabila telah diarangkan menjadi 6.990 kal/g [4]. Selain itu, perekat yang baik juga diperlukan agar dapat menghasilkan briket yang memiliki kuat tekan yang baik. Salah satu bahan yang memiliki kemampuan perekatan yang baik ialah tanaman jarak pagar. Tanaman jarak pagar memiliki kandungan tannin sebesar 7,43% dan saponin 4,89% [5] yang memiliki kemampuan merekatkan bahan.

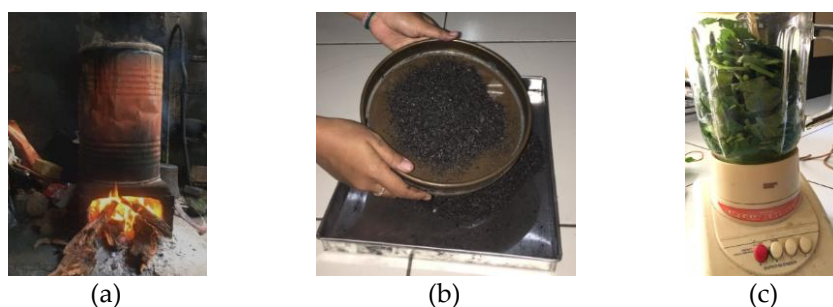
Selain itu, ukuran partikel bahan baku memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kualitas fisik, mekanik, dan performa energi briket. Faktor ini berpengaruh terhadap kepadatan, porositas, distribusi perekat, serta aliran udara selama proses pembakaran. Ukuran partikel merupakan salah satu sifat fisik yang dapat membatasi mutu briket karena memengaruhi homogenitas campuran dan kerapatan kompak yang terbentuk [6]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ukuran partikel yang lebih besar cenderung menghasilkan briket dengan densitas yang lebih rendah dibandingkan partikel yang lebih halus. Hal serupa juga dikemukakan bahwa peningkatan ukuran partikel menyebabkan penurunan densitas briket, sedangkan ukuran partikel yang lebih kecil menghasilkan briket dengan kerapatan yang lebih tinggi [7]. Studi lain mengonfirmasi bahwa ukuran partikel berpengaruh terhadap densitas terkompresi dan kerapatan setelah relaksasi, yang secara langsung berkaitan dengan kestabilan dan kekuatan mekanik briket [8]. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, variasi ukuran partikel dalam kategori kasar (>1,68 mm), sedang (0,59–1,68 mm), dan halus (<0,59 mm) menunjukkan perbedaan karakteristik fisik dan energi briket yang signifikan [6]. Oleh karena itu, penentuan ukuran partikel yang tepat pada bahan baku arang serbuk kayu mahoni menjadi aspek penting untuk memperoleh briket dengan densitas tinggi, kekuatan mekanik yang baik, serta efisiensi pembakaran optimal ketika dikombinasikan dengan perekat alami seperti daun jarak pagar (*Jatropha curcas*).

Penambahan perekat akan menaikkan kuat tekan [9] sehingga briket aman untuk didistribusikan. Sedangkan, penambahan perekat yang berlebihan juga akan menurunkan nilai kalor [10] karena terdapat penambahan air pada saat pembuatan perekat. Disamping itu, ukuran partikel arang pada pembuatan briket juga berpengaruh terhadap kuat tekan dan nilai kalor, serta beberapa parameter lain seperti densitas, densitas kamba, serta laju pembakaran [11]. Penelitian ini menganalisis pengaruh komposisi campuran perekat dan ukuran butiran terhadap kualitas briket arang serbuk kayu mahoni dengan perekat daun tanaman jarak pagar. Sehingga melalui penelitian ini bisa didapatkan komposisi terbaik briket arang serbuk kayu mahoni. Analisis kualitas briket arang yang dilakukan adalah analisis berdasarkan SNI 1-6235-2000 tentang kualitas briket arang kayu yang meliputi nilai kalor, kadar air, dan kadar abu [12].

2. Bahan dan Metode

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik digital, *blender*, drum tangki pirolisis, *muffle furnace*, oven, timbangan duduk, *bomb calorimeter*, *beaker glass*, desikator, gelas ukur, dan *stopwatch*. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah serbuk kayu mahoni yang didapatkan dari salah satu usaha meubel di Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember dan daun tanaman jarak pagar yang didapatkan dari tanaman jarak pagar yang tumbuh liar pada lahan kosong yang ada di Kecamatan Summersari, Kabupaten Jember.

Preparasi bahan baku briket dilakukan dengan mengarangkan serbuk kayu mahoni dan pembuatan bubur perekat dari daun tanaman pohon jarak pagar. Sebelum dilakukan pengarangkan, serbuk kayu mahoni dikeringkan selama 2-3 hari dibawah panas matahari. Pengarangkan serbuk kayu mahoni dilakukan dengan menggunakan drum tangki pirolisis berukuran 200 liter melalui metode *slow pyrolysis* berbahan bakar kayu bakar dengan suhu mencapai $\pm 323^{\circ}\text{C}$ selama 1-2 jam seperti terlihat pada **Gambar 1(a)**. Selanjutnya arang serbuk kayu mahoni dihaluskan dengan cara digerus sampai mendapatkan ukuran yang sesuai dan diayak dengan ukuran ayakan 35 mesh, 60 mesh, dan 100 mesh seperti **Gambar 1(b)**. Sedangkan perekat dibuat dengan perbandingan daun jarak pagar dan air sebanyak 1:2 seperti **Gambar 1(c)**.



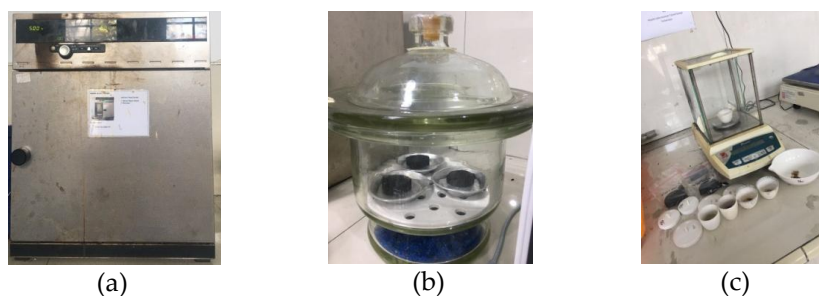
Gambar 1. Preparasi Bahan Baku, (a) *Slow Pyrolysis* dengan tungku kayu bakar, (b) Penyeragaman ukuran butiran, dan (c) Pembuatan perekat daun tanaman pagar jarak

Briket arang dibuat dengan mesin *press* manual dengan cetakan berbentuk tabung berdiameter lingkaran sebesar 5 cm dan menyeragamkan massa briket hasil cetak yaitu sebesar 30 gram, serta persen pemampatan yang sama yaitu sebesar 45,45%. Briket arang serbuk kayu mahoni dengan perekat daun pagar jarak dibuat dengan 2 faktor yaitu komposisi perekat dan ukuran butiran dengan 3 taraf yaitu campuran perekat 10%, 20%, dan 30%, serta ukuran butiran 35 mesh, 60 mesh, dan 100 mesh secara lengkap terlihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Variasi Komposisi Sampel

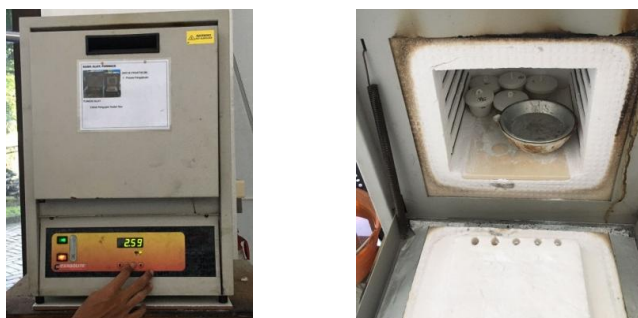
Ukuran Butiran (B)	Campuran Perekat (A)		
	10% (1)	20% (2)	30% (3)
35 mesh (1)	A1B1	A2B1	A3B1
60 mesh (2)	A1B2	A2B2	A3B2
100 mesh (3)	A1B3	A2B3	A3B3

Paramater kualitas briket yang diuji adalah analisis proksimat berdasarkan SNI 1-6235-2000 tentang kualitas briket arang yaitu nilai kalor, kadar air, dan kadar abu, sedangkan kadar zat *volatile* tidak diuji pada penelitian ini. Kadar air diuji dengan menggunakan standar ASTM D1762-84 (2007) dengan menggunakan oven, cawan porselen, *muffle furnace*, desikator, dan neraca massa digital pada **Gambar 2**. Cawan porselen dipanaskan pada *muffle furnace* dengan suhu 750°C selama 10 menit dan didinginkan dalam desikator selama 1 jam kemudian ditimbang berat cawan poselen kosong menggunakan neraca analitik. Sampel briket dimasukkan pada cawan porselen dan ditimbang sampel basah menggunakan neraca analitik, kemudian sampel basah dioven pada suhu 105°C selama 2 jam, setelah itu sampel didinginkan dalam desikator selama 1 jam hingga suhu konstan kemudian sampel kering ditimbang menggunakan neraca analitik [13].

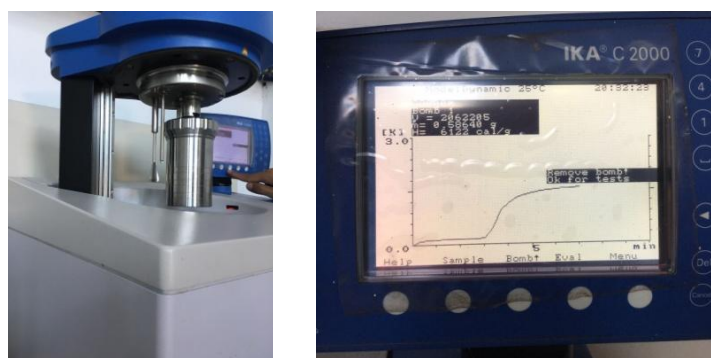


Gambar 2. Proses Analisis Kadar Air menurut ASTM D1762-84 (2007) (a) Pengovenan Sampel, (b) Penstabilan Suhu Sampel di Desikator, (c) Penimbangan Sampel dengan Neraca Analitik

Pengujian kadar abu dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D 1762-84 (2007) dimana sampel hasil uji kadar air dibakar dan dihilangkan kadar zat volatilnya terlebih dahulu dalam *muffle furnace* pada suhu yang naik secara bertahap, yaitu 300°C selama 2 menit, 500°C selama 3 menit, dan 950°C selama 6 menit. Selanjutnya sampel dibakar kembali pada suhu 750°C selama 6 jam untuk menyisakan kandungan abu sampel. Sampel abu dibiarkan dalam *furnace* sampai suhu *furnace* mencapai $\pm 30^\circ\text{C}$. Sampel abu kemudian didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan ditimbang menggunakan neraca analitik seperti **Gambar 3**. Nilai kalor briket diukur dengan menggunakan IKA® C2000 *basic bomb calorimeter* dengan menerapkan standar perhitungan nilai kalor briket berdasarkan ASTM D-5865-13 seperti **Gambar 4** [14].



Gambar 3. Uji Kadar Abu dengan *Muffle Furnace*,

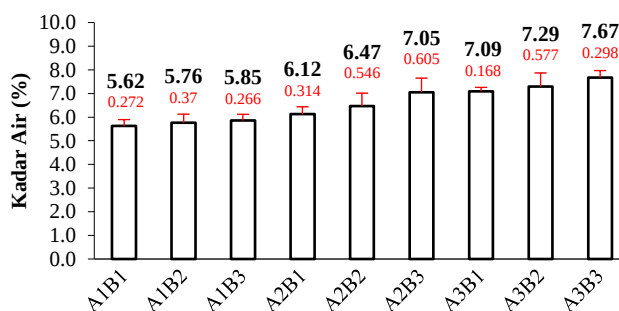


Gambar 4. Uji Nilai Kalor dengan *bomb calorimeter*

3. Hasil

3.1 Kadar Air

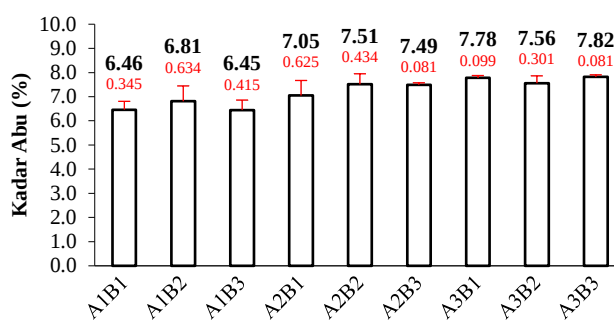
Briket arang yang berbahan serbuk kayu memiliki sifat higroskopis atau mudah menyerap air dari kelembaban udara [15]. Kadar air dapat mempengaruhi perubahan bentuk briket baik selama didistribusikan maupun penyimpanan [16]. Oleh karena itu, kadar air pada briket arang merupakan salah satu parameter penting yang wajib diuji dan penentu kualitas briket. Kadar air briket diuji dengan tiga kali ulangan dan dihasilkan rata-rata kadar air pada penelitian ini berkisar antara 5,62-7,67% dengan standar deviasi berkisar pada 0,168-0,605 seperti terlihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Rata-rata Kadar Air Briket

3.2 Kadar Abu

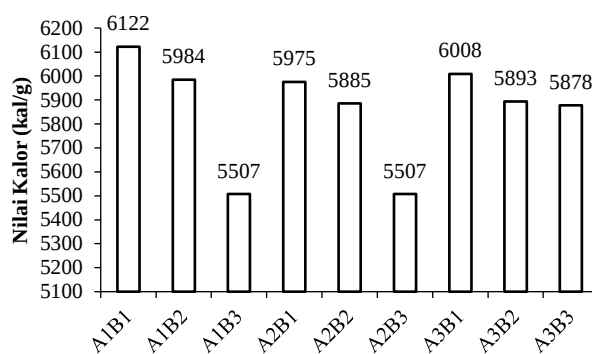
Kadar abu menjadi salah satu parameter penentu kualitas briket. Kadar abu dapat mempengaruhi nilai kalor, kadar karbon, serta ada atau tidaknya asap pada saat pembakaran briket [17]. Kadar abu pada briket hasil penelitian ini berkisar antara 6,45-7,82% dengan standar deviasi data sebesar 0,081-0,634 **Gambar 6**.



Gambar 6. Rata-rata Kadar Abu Briket

3.3 Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan parameter utama penentu kualitas briket yang merupakan bahan bakar, semakin tinggi nilai kalor briket semakin bagus kualitas briket [18]. Briket arang serbuk kayu mahoni dengan perekat daun jarak pagar memiliki rentang nilai kalor 5507-6122 kal/g. Nilai kalor dianalisis menggunakan IKA® C2000 *basic bomb calorimeter* secara lengkap bisa dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai Kalor Briket

4. Pembahasan

4.1 Kadar Air

Berdasarkan hasil uji ANOVA dengan koefisien keragaman 6,22% pada Tabel 2, menunjukkan bahwa komposisi perekat sangat berpengaruh ($F_{hitung} > F_{tabel} 1\%$) terhadap kadar air yang dimiliki oleh setiap sampel yang diuji. Semakin tinggi kadar perekat semakin tinggi kadar air pada briket. Hal ini terlihat pada sampel A3 (komposisi perekat 30%) memiliki rata-rata kadar air 7,35%, lebih tinggi jika dibandingkan dengan sampel A2 dan A1 yang masing-masing memiliki kadar air 6,55% dan 5,74% secara berturut-turut. Hal ini diakibatkan oleh penambahan air pada saat pembuatan perekat serta kandungan air yang ada pada daun jarak pagar sebanyak $4,33 \pm 0,28\%$ [19]. Sedangkan pada arang serbuk kayu, kadar air sudah lebih sedikit karena proses pengarangan dengan suhu diatas 300°C sehingga menyebabkan air yang ada pada arang serbuk kayu teruapkan.

Tabel 2. Hasil *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk Uji Kadar Air

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}		Ke t
					5%	1%	
Komposisi Perekat (A)	2	11,6	5,8	34,953	3,55	6,01	**
Ukuran Butiran (B)	2	1,525	0,763	4,596	3,55	6,01	*
Interaksi A dan B	4	0,381	0,095	0,573	2,93	4,58	TS
Galat/Sisa	18	2,987	0,166				
Total	26	16,493					

Keterangan: **berbeda sangat signifikan, *berbeda signifikan, ^{TS}berbeda tidak signifikan

Ukuran butiran arang serbuk kayu berpengaruh signifikan ($F_{hitung} > F_{tabel} 5\%$), dimana ukuran partikel 60 mesh (0,25 mm) pada sampel B2 memiliki kadar air sebesar 7,29% atau lebih tinggi sedikit jika dibandingkan dengan briket yang dibuat dengan ukuran partikel 100 mesh (sampel B3) sebesar 7,25%. Namun pada ukuran partikel yang lebih

besar yaitu 35 mesh (0,5 mm) memiliki kadar air paling rendah yaitu sebesar 7,1%. Ukuran partikel tidak memiliki pengaruh yang sangat signifikan jika dibandingkan dengan komposisi perekat terhadap kadar air briket. Ukuran partikel tidak secara langsung mempengaruhi kadar air, namun ukuran partikel yang kecil akan menghasilkan angka pori yang kecil, hal inilah yang menyebabkan briket akan lebih mudah dalam mempertahankan air [20].

4.2 Kadar Abu

Pada **Tabel 3** terlihat hasil uji ANOVA dengan koefisien keragaman 5,44% didapatkan bahwa komposisi perekat menunjukkan pengaruh yang sangat signifikan terhadap kadar abu karena nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ 1%. Semakin tinggi komposisi perekat menyebabkan kadar abu yang meningkat, seperti terlihat pada komposisi A3 yang memiliki komposisi perekat 30%, kadar abu rata-rata yang dimiliki adalah 7,72% yang cukup berbeda dengan kadar abu komposisi A1 sebesar 6,57% dan A2 sebesar 7,35%. Hal ini tentunya disebabkan oleh kadar abu yang dimiliki oleh masing-masing bahan penyusunnya, dimana kadar abu serbuk kayu mahoni adalah 0,57% [21] dan daun jarak pagar sebesar 7,4% [22]. Sedangkan untuk ukuran partikel maupun interaksi antara variabel komposisi perekat dan ukuran partikel berbeda tidak signifikan karena nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$ 5%.

Tabel 3. Hasil Uji *Analysis of Variance* (ANOVA) Kadar Abu

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}		Ket
					5%	1%	
Komposisi Perekat (A)	2	6,168	3,084	20,031	3,56	6,01	**
Ukuran Butiran (B)	2	0,199	0,099	0,647	3,56	6,01	TS
Interaksi A dan B	4	0,589	0,147	0,957	2,93	4,58	TS
Galat/Sisa	18	2,771	0,154				
Total	26	9,727					

Keterangan: **berbeda sangat signifikan, ^{TS}berbeda tidak signifikan

4.3 Nilai Kalor

Nilai kalor dipengaruhi oleh kadar air dan kadar abu pada briket dimana kadar air dan kadar abu yang tinggi menyebabkan nilai kalor yang semakin rendah dan sebaliknya [23]. Hal ini dikarenakan, ukuran partikel memengaruhi perubahan porositas dan kerapatan briket, distribusi perekat, serta pengaruhnya terhadap komposisi proksimat (kadar air, abu, bahan volatil, dan karbon tetap). Oleh karena itu, kadar air dan abu yang tinggi jelas menurunkan nilai kalor karena sebagian energi digunakan untuk menguapkan air dan karena abu tidak menyumbang energi pembakaran [23]. Namun hubungan ukuran partikel terhadap nilai kalor tidak selalu linier: beberapa studi melaporkan bahwa partikel yang lebih halus meningkatkan nilai kalor karena memperbaiki pengepakan partikel sehingga meningkatkan fraksi karbon tetap dan menurunkan porositas sehingga energi per satuan volume naik [6], sementara studi lain menemukan partikel kasar menghasilkan nilai kalor lebih tinggi karena porositas yang memadai mendukung aliran udara dan pembakaran yang lebih sempurna sehingga lebih banyak energi nyata dilepaskan saat pembakaran [24]. Selain itu, kajian komprehensif menunjukkan bahwa pengaruh ukuran partikel terhadap nilai kalor sering bergantung pada jenis biomassa dan kadar bahan anorganik (abu) serta kandungan perekat; Heya *et al.* bahkan melaporkan tidak adanya perbedaan bermakna pada nilai kalor antar-variasi ukuran partikel untuk beberapa bahan uji, yang menandakan bahwa faktor proksimat kadang lebih dominan daripada ukuran partikel sendiri [25]. Oleh karena itu, temuan pada briket arang serbuk kayu mahoni (nilai kalor tertinggi pada komposisi A1B1 – perekat 10%, ukuran 35 mesh – sebesar 6.122 kal/g) mengindikasikan bahwa ukuran 35 mesh, dalam kombinasi dengan kadar abu, kadar air, dan persentase perekat yang digunakan, memberikan keseimbangan antara kepadatan dan sirkulasi udara yang menghasilkan pembakaran relatif efisien; namun kesimpulan ini sebaiknya dilandasi analisis proksimat lengkap dan uji perbandingan ukuran partikel lain karena literatur memperlihatkan hasil yang bervariasi antar-feedstock dan kondisi percobaan [6], [11], [23], [24], dan [25].

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis proksimat, nilai kadar air, kadar abu, dan nilai kalor seluruh briket arang serbuk kayu mahoni telah memenuhi standar kualitas briket menurut SNI 1-6235-2000 tentang kualitas briket arang. Komposisi briket arang serbuk kayu mahoni dengan perekat daun jarak yang paling baik adalah briket A1B1 dengan komposisi perekat 10% dan ukuran 35 mesh dengan kadar air 5,62%, kadar abu 6,46%, dan nilai kalor 6.122 kal/g.

Ucapan Terima Kasih: Ucapan terima kasih dari penulis kepada laboratorium Workshop Energi dan Mekanik, Politeknik Negeri Jember yang telah mengijinkan kami melakukan analisis penelitian ini.

Referensi

- [1] A. Pribadi, "Forum Kehumasan Dewan Energi Nasional: Menuju Bauran Energi Nasional Tahun 2025," 9 April 2021. [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/forum-kehumasan-dewan-energi-nasional-menuju-bauran-energi-nasional-tahun-2025>.
- [2] A. O. Setiawan, P. Andrio and P. Coniwati, "Pengaruh Komposisi Pembuatan Biobriket dari Campuran Kulit Kacang dan serbuk Gergaji terhadap Nilai Pembakaran," *Jurnal Teknik Kimia Vol. 18*, vol. 2, pp. 9-16, 2012.
- [3] Mulhidin, A. Prasetya and A. T. Yuliansyah, "Hydrothermal Liquifaction Limbah Serbuk Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*)," *Repository UGM*, 2018.
- [4] B. E. Jati and A. B. Santoso, "Penentuan Kalor Bakar Arang dari Sejumlah Jenis Kayu dan Lama Pirolisis," *Jurnal Fisika Indonesia*, vol. 9, 2005.
- [5] S. Nuraini and E. Sutisna, "Pengaruh Konsentrasi Infusum Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas*, L) terhadap Nilai aPTT," *Politeknik Kesehatan Bandung*, 2016.
- [6] C. O. Zepeda-Cepeda, J. R. Goche-Telles, C. Palacios-Mendoza, O. Moreno-Anguiano, V. D. Nunez-Retana, M. N. Heya and A. Carillo-Parra, "Effect of Sawdust Particle Size on Physical, Mechanical, and Energetic Properties of *Pinus durangensis* Briquettes," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 9, p. 3805, 2021.
- [7] R. S. Bello and M. A. Onilude, "Effects of critical extrusion factors on quality of high-density briquettes produced from sawdust admixture," *Materials Today: Proceedings*, vol. 38, pp. 949-957, 2021.
- [8] A. S. Abie and W. M. Alemu, "Manufacturing and characterization of water hyacinth and sawdust biofuel briquettes," *Results in Engineering*, vol. 27, 2025.
- [9] J. P. Pane, E. Junary and N. Herlina, "Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur dalam Pembuatan Briket Arang Berbahan Baku Pelepah Aren (*Arenga pinnata*)," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 4, pp. 32-38, 2015.
- [10] F. S. Tobing and A. C. Brades, "Pembuatan Briket Arang dari Eceng Gondok dengan Sagu sebagai Pengikat," *Jurnal Teknik Kimia UNSRI*, vol. 20, p. 6, 2007.
- [11] E. I. Briyartendra and W. Widayat, "Pengaruh Ukuran Partikel dan Tekanan Kompaksi terhadap Karakteristik Briket Kayu Jati," *Jurnal Inovasi Mesin*, vol. 1, pp. 14-22, 2019.
- [12] Standar Nasional Indonesia, "SNI 1-6235-2000 tentang Briket Arang Kayu," Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2000.
- [13] ASTM D1762-84, "Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal," American Standard for Testing and Materials (ASTM), 2007.
- [14] ASTM D5685-13, "Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke," American Standard for Testing and Materials (ASTM), 2019.
- [15] Rindayatno and D. O. Lewar, "Kualitas Briket Arang berdasarkan Komposisi Campuran Arang Kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri* Teijsm & Binn) dan Kayu Sengon (*Paraserianthes falcata*)," *Jurnal Hutan Tropis 1*, vol. 1, pp. 39-48, 2017.
- [16] S. Y. Kpalo, M. F. Zainuddin, L. A. Manaf and A. M. Roslan, "Production and Characterization of Hybrid Briquettes from Corncobs and Oil Palm Trunk Bark under a Low Pressure Densification Technique," *Sustainability*, vol. 12, 2020.
- [17] E. Junary, J. P. Pane and N. Herlina, "Pengaruh Suhu dan Waktu Karbonisasi terhadap Nilai Kalor dan Karakteristik pada Pembuatan Bioarang Berbahan Baku Pelepah Aren (*Arenga pinnata*)," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 4, pp. 46-52, 2015.
- [18] N. H. Haryanti, H. Wardhana and Suryajaya, "Pengaruh Tekanan pada Briket Arang Alaban Ukuran Partikel Kecil," *Jurnal Risalah Fisika*, vol. 4, pp. 19-26, 2020.

-
- [19] N. Bello, S. Lawali, M. Alhassan, M. Suleiman, Y. M. Sahabi and Y. Nasiru, "Proximate and Mineral Composition of *Jatropha curcas* Leaves," *ChemSearch Journal*, vol. 1, pp. 99-102, 2019.
- [20] A. Priyanto, Hantarum and Sudarno, "Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Briket terhadap Kerapatan, Kadar Air, dan Laju Pembakaran pada Briket Kayu Sengon," Surabaya, 2018.
- [21] A. Santosa and F. C. Suci, "Rancang Bangun Alat Uji Biomassa untuk Mengetahui Emisi Gas Buang sebagai Sumber Energi Terbarukan," *Infomatek*, vol. 22, pp. 61-68, 2020.
- [22] A. N. Huda, "Formulasi Sediaan Krim yang Mengandung Ekstrak Etanol Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) dan Aktivitasnya terhadap *Staphylococcus epidermis* dan *Pseudomonas aeruginosa*," Universitas Sumatera Utara, Medan, 2014.
- [23] L. Sulistiyaningkartti and B. Utami, "Pembuatan Briket Arang dari Limbah Organik Tongkol Jagung dengan Menggunakan Variasi Jenis dan Persentase Perekat," *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, vol. 02, pp. 43-53, 2017.
- [24] N. Handra, A. Kasim and Gunawarman, "Effect of Particles Size on EFB Bio-briquettes of Calorific Value," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 7, no. 1, 2017.
- [25] M. N. Heya, A. L. R. Hernandez, R. F. Pournavab, L. F. I. Pintor, L. Diaz-Jimenez, M. S. Heya, L. R. S. Cruz and A. C. Parra, "Physicochemical Characteristics of Biofuel Briquettes Made from Pecan (*Carya illinoensis*) Pericarp Wastes of Different Particle Sizes," *Renewable Energy and Biofuels Journal*, vol. 8, pp. 45-53, 2022.