REKAYASA
Journal of Science and Technology
https://journal.trunojoyo.ac.id/rekayasa

REKAYASA ,19(1): 2026 p. 14-27
ISSN: 0216-9495 (Print)
ISSN: 2502-5325 (Online)

Karakteristik Briket Hibrida dari Limbah Domestik dan Serbuk Kayu sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan

Hardiansyah Tambunan[1*)], Mutiara Fahmi[2)]
[1] Manajemen Hutan, Universitas Satya Terra Bhinneka
[2] Agribisnis, Universitas Satya Terra Bhinneka
*e-mail : hardiansyahtambunan@satyaterrabhinneka.ac.id

DOI: https://doi.org/10.21107/rekayasa.v19i1.31911

Submitted September, 28th 2025, Accepted December, 28th2025, Published April, 28th 2026

Abstrak

Limbah domestik dan serbuk kayu yang jumlahnya sangat melimpah berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku energi biomassa. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan briket dengan menggabungkan bahan baku limbah domestik berupa sayur dan serbuk kayu yang disebut dengan briket hibrida (*hybrid briquettes*). Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu persiapan, pembriketan, karakterisasi briket, dan analisis data. Selanjutnya, untuk mengevaluasi pengaruh rasio pencampuran dengan serbuk kayu dan ukuran partikel terhadap sifat-sifat briket hibrida dilakukan analisis statistik menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial/RALF. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air, kerapatan, kadar abu, dan nilai kalor briket hibrida sebagian besar telah memenuhi standar ISO 17225-7:2021 kelas B. Pencampuran bahan baku sayur dengan serbuk kayu dan perbedaan ukuran partikel bahan baku dapat meningkatkan sifat-sifat briket hibrida. Dari hasil analisis statistik, diketahui bahwa interaksi antara rasio pencampuran dengan serbuk kayu dan ukuran partikel berpengaruh nyata terhadap sifat fisis, mekanis, kimia, dan termal briket hibrida. Penggunaan limbah domestik dan serbuk kayu berkontribusi terhadap pengelolaan limbah yang optimal sebagai sumber energi alternatif pengganti energi dari bahan bakar fosil untuk keperluan pemanasan dan memasak di rumah tangga serta sebagai sumber bahan bakar industri.
Kata kunci: biomassa, briket, energi, karakterisasi, terbarukan

Characteristics of Hybrid Briquettes from Domestic Waste and Sawdust as a Renewable Alternative Energy Source

Abstract

Domestic waste and sawdust have great potential to be used as raw materials for biomass energy. This study aims to develop briquettes by combining domestic waste raw materials in the form of vegetables and sawdust, known as hybrid briquettes. The research was conducted in several stages, namely preparation, briquetting, briquette characterization, and data analysis. Furthermore, to evaluate the effect of the mixing ratio with sawdust and particle size on the properties of wood briquettes, statistical analysis was performed using a factorial Completely Randomized Design (CRD). The results of the study showed that the moisture content, density, ash content, and calorific value of hybrid briquettes mostly met the ISO 17225-7:2021 class B standard. Mixing vegetable raw materials with sawdust and varying the particle size of the raw materials can improve the properties of hybrid briquettes. Statistical analysis showed that the interaction between the mixing ratio of sawdust and particle size had a significant effect on the physical, mechanical, chemical, and thermal properties of hybrid briquettes. The use of domestic waste and sawdust contributes to optimal waste management as an alternative energy source to replace fossil fuels for heating and cooking in households and as a source of industrial fuel.
Keywords: biomass, briquettes, energy, characterization, renewable

© 2026 Authors

PENDAHULUAN

Konsumsi energi terus meningkat seiring dengan meningkatnya populasi dunia. Di mana energi sangat dibutuhkan untuk berbagai keperluan manusia, utamanya dalam kegiatan ekonomi, industri, transportasi, dan rumah tangga. Sumber energi dalam memenuhi keperluan tersebut didominasi oleh bahan bakar fosil, yang masih menjadi pilihan utama sampai saat ini. Sebagaimana yang diketahui, bahwa bahan bakar fosil merupakan sumber energi tak terbarukan dengan cadangan yang terbatas dan sewaktu-waktu akan habis. Selain itu, kekhawatiran mengenai bahan bakar fosil yang menghasilkan tingginya emisi karbon dioksida, berdampak buruk terhadap pemanasan global. Oleh karena itu, sumber energi alternatif mendapatkan perhatian besar di berbagai negara (Kongprasert et al., 2019; Tambunan et al., 2023).

Transisi ke energi terbarukan menjadi keharusan dalam upaya mengurangi konsumsi bahan bakar fosil. Energi terbarukan dapat diproduksi dengan menggunakan kemajuan teknologi, sehingga menjadi sumber energi alternatif. Salah satu sumber energi terbarukan adalah bioenergi berasal dari biomassa (Adrian et al., 2023). Energi biomassa atau bioenergi dapat berbentuk padat, cair, dan gas. Di mana sumber biomassa sangat melimpah yang berasal dari organisme hidup, tumbuhan dan hewan, maupun dalam bentuk limbah, seperti limbah rumah tangga, pertanian, peternakan, dan kehutanan (Prasetia et al., 2018). Akan tetapi, sumber biomassa tersebut belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber energi. Sering kali menjadi masalah lingkungan dan kesehatan jika tidak dikelola dengan baik (Oyelaran et al., 2018). Oleh karena itu, pemanfaatan dan pengembangan energi biomassa harus dilakukan dalam hal diversifikasi energi untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.

Biomassa dari limbah-limbah tersebut tidak boleh digunakan secara langsung karena efisiensi pembakaran yang buruk, ukuran yang tidak seragam, dan kerapatan yang rendah, yang mengakibatkan banyaknya emisi gas rumah kaca (GRK) selama pembakaran dan tingginya biaya untuk transportasi dan penyimpanan. Oleh karena itu, perlu dikonversi, sehingga diperoleh bahan bakar padat dengan sifat yang diinginkan, yaitu nilai kalor tinggi, daya tahan tinggi, dan emisi polusi rendah (Chungcharoen & Srisang, 2020). Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan densifikasi, yaitu salah satu metode konversi bahan baku biomassa menjadi briket yang prosesnya tidak rumit dan mampu memenuhi kebutuhan energi untuk pemanasan dan memasak serta sebagai sumber bahan bakar industri (Dinesha et al., 2019). Selain itu, biomassa dari limbah diubah menjadi briket untuk memudahkan penanganan, transportasi, dan penyimpanan (Tauro et al., 2018).

Permintaan akan briket oleh negara-negara sub tropis terus meningkat. Briket yang dihasilkan dapat dijual dan menjadi komoditas unggulan yang kerap digunakan untuk memasak terutama untuk memanggang bahan makanan seperti di Eropa dan digunakan untuk keperluan memasak di restoran serta untuk pemanas air dan pemanas ruangan di Asia seperti di Korea Selatan dan Jepang (Phung & Wikartika, 2023).

Pada penelitian ini akan diteliti karakteristik briket dari dua bahan baku limbah (limbah domestik dan serbuk kayu) yang dikombinasikan dengan bahan perekat pati tapioka melalui metode densifikasi, sebagai energi biomassa sumber energi terbarukan yang disebut dengan briket hibrida (hybrid briquettes). Karakteristik yang diteliti meliputi sifat fisis, mekanis, kimia, dan termal. Urgensi penelitian ini adalah memberikan nilai tambah terhadap limbah domestik dan serbuk kayu menjadi produk penghasil energi yang berupa briket. Pencarian dan pengumpulan limbah dilakukan di sekitar lokasi domisili dan bekerja tim pengusul. Selain tidak hanya berkontribusi terhadap diversifikasi energi, tetapi juga mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB). Mendukung TPB 7 (Energi Bersih dan Terjangkau) melalui pengembangan sumber energi terbarukan, TPB 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab) dengan pengelolaan limbah

berkelanjutan, dan TPB 13 (Aksi terhadap Perubahan Iklim) melalui pengurangan emisi karbon. Terakhir, informasi ini diperlukan untuk pemanfaatan limbah yang berkelanjutan dan dapat diterapkan pada limbah dari sumber lain.

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian dan Bahan yang Digunakan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Polimer, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah domestik berupa sayur daun singkong, serbuk kayu bakau minyak (*Rhizophora apiculata*), dan pati dari tepung tapioka yang digunakan sebagai perekat.

Pengumpulan dan Persiapan Bahan Baku

Limbah domestik berupa sisa sayur dan serbuk kayu dikumpulkan dan dilakukan pengeringan awal di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar air sebelum proses lebih lanjut. Kemudian digiling hingga menjadi serbuk menggunakan *hammer mill* dan disaring menggunakan ayakan ukuran 40 dan 60 mesh. Proses ini bertujuan untuk memperoleh bahan baku dengan ukuran partikel seragam agar memudahkan proses pembuatan briket (pembriketan). Proses selanjutnya adalah pembuatan perekat. Pada penelitian ini, perekat yang digunakan adalah perekat pati dari tepung tapioka. Dibuat dengan mencampur pati dan air dengan perbandingan 1 : 10 (b/b) (Moelyaningrum et al., 2019; Prasetya et al., 2015), kemudian dipanaskan dan diaduk hingga homogen dan matang yang dapat diketahui melalui perubahan warna dari putih menjadi bening.

Pembuatan Briket (Pembriketan)

Metode pembuatan briket dilakukan berdasarkan pada produksi papan partikel skala laboratorium dengan modifikasi pada dimensi dan perekat yang digunakan. Papan partikel menggunakan dimensi volume papan (p x l x t), sedangkan briket menggunakan dimensi volume tabung (luas lingkaran x t). Briket yang diproduksi sebanyak 10 jenis berdasarkan rasio pencampuran dengan serbuk kayu dan ukuran partikel papan dengan rincian yang disajikan pada Tabel 1. Pencampuran serbuk limbah domestik, serbuk kayu, dan perekat pati dilakukan secara manual di dalam ember hingga merata. Kadar perekat yang digunakan adalah 5% berdasarkan berat serbuk yang telah dikeringkan dengan oven. Serbuk dan perekat yang telah tercampur rata dimasukkan ke dalam alat pembuat briket dan dilakukan pengempaan dengan mesin kempa hidrolik dengan tekanan 30 kgf/cm^2 dengan target kerapatan 0,9 g/cm^3. Briket hibrida yang diperoleh kemudian dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari selama 3 hari.

Tabel 1. Jenis Briket Hibrida

No.	Kode	Komposisi Sayur	Komposisi Serbuk Kayu	Ukuran Partikel
1	S	100%	0%	40 mesh
2	S	100%	0%	60 mesh
3	B	0%	100%	40 mesh
4	B	0%	100%	60 mesh
5	S7B2	75%	25%	40 mesh
6	S7B2	75%	25%	60 mesh
7	S5B5	50%	50%	40 mesh
8	S5B5	50%	50%	60 mesh
9	S2B7	25%	75%	40 mesh
10	S2B7	25%	75%	60 mesh

Karakterisasi Briket

Kualitas briket hibrida dievaluasi melalui pengujian sifat fisis kadar air dan kerapatan, sifat mekanis (kuat tekan aksial dan diametral), sifat kimia yang terdiri dari kadar abu, kadar bahan mudah menguap (*volatile matter*), karbon tetap (*fixed carbon*), dan nilai kalor. Selanjutnya, sifat briket hibrida dari hasil pengujian distandarisasi, mengacu pada ISO 17225-7:2021 kelas B.

Uji kadar air dilakukan dengan cara menimbang briket hibrida seberat ± 1 gram yang ditempatkan dalam cawan porselen, kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C selama 16 jam atau sampai mencapai berat konstan. Sampel yang telah dipanaskan didinginkan di dalam desikator dan segera ditimbang kembali setelah mencapai suhu ruang. Proses penentuan kadar air ini mengacu pada standar ASTM E 871-82, dengan perhitungan menggunakan rumus (1) berikut.

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\ \% \quad (1)$$

Pengukuran kerapatan dilakukan dengan menimbang briket hibrida menggunakan timbangan digital untuk memperoleh massa. Selanjutnya, dimensi briket (diameter dan tinggi) diukur guna menghitung volumenya. Penentuan nilai kerapatan dilakukan pada kondisi kadar air tertentu (mengacu pada hasil pengujian kadar air ASTM E 871-82) dan sesuai dengan standar ASTM D 2395-14, dengan perhitungan menggunakan rumus (2) berikut.

$$\text{Kerapatan} = \frac{m}{v} \quad (2)$$

Di mana m adalah berat briket hibrida (g) dan v adalah volume briket hibrida (cm^3)

Daya tahan briket hibrida terhadap beban maksimum hingga mengalami kerusakan ditentukan melalui pengukuran kuat tekan, baik pada arah aksial maupun diametral. Pengujian kekuatan tekan dilakukan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) Tensilon dengan laju penekanan 1 mm/menit. Penentuan kuat tekan aksial mengacu pada standar ASTM D 2166-00 dan dihitung menggunakan rumus (3) – (5) berikut.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3)$$

$$A = \frac{A_0}{(1-\epsilon)} \quad (4)$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (5)$$

Di mana ϵ adalah regangan aksial, ΔL adalah perubahan panjang atau deformasi briket hibrida (cm), L_0 adalah panjang awal briket hibrida (cm), A_0 menyatakan luas penampang awal briket hibrida (cm^2), A adalah luas penampang saat mengalami pembebanan (cm^2), P merupakan beban yang diterapkan (kgf), dan σ menggambarkan kuat tekan aksial (kgf/cm^2)

Uji selanjutnya adalah kuat tekan diametral yang dilakukan dengan merujuk pada standar ASTM D 3967 – 95a yang dihitung dengan rumus (6) sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{2P}{\pi LD} \quad (6)$$

Di mana σ menyatakan kuat tekan diametral (kgf/cm^2), P adalah besarnya beban yang diterapkan (kgf), L menunjukkan panjang briket hibrida (cm), dan D adalah diameter briket hibrida (cm)

Penentuan kadar abu dilakukan dengan menimbang terlebih dahulu cawan porselen beserta penutupnya. Selanjutnya, briket hibrida dengan kadar air tertentu (mengacu pada hasil perhitungan kadar air ASTM E 871-82) ditimbang sebanyak 2 g, dimasukkan ke dalam cawan, lalu ditutup dengan cepat. Setelah itu,

penutup dilepas dan cawan berisi sampel dimasukkan ke dalam tanur untuk dibakar secara bertahap hingga seluruh karbon habis tanpa menimbulkan nyala api. Proses pembakaran dilakukan pada suhu 580–600 °C. Setelah pembakaran selesai, cawan dikeluarkan dari tanur, ditutup kembali, didinginkan, kemudian ditimbang. Penetapan kadar abu ini mengacu pada standar ASTM D 1102-84 dengan perhitungan menggunakan rumus (7).

$$\text{Kadar Abu} = \frac{(A - B)}{C} \times 100\ \% \quad (7)$$

Di mana A adalah berat cawan besera penutup dan abu (g), B adalah berat cawan kosong dan penutup (g), dan C menunjukkan berat briket hibrida yang digunakan (g)

Penentuan kadar bahan mudah menguap diawali dengan menimbang cawan porselen beserta penutupnya. Selanjutnya, sampel briket hibrida dengan kadar air tertentu (mengacu pada hasil perhitungan kadar air ASTM E 871-82) seberat 2 g dimasukkan ke dalam cawan, kemudian ditutup cukup rapat untuk mencegah terbakarnya endapan karbon. Cawan tersebut langsung dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 950 ± 20 °C selama 7 menit. Setelah proses selesai, cawan dikeluarkan dari tanur, didinginkan, lalu segera ditimbang. Penentuan kadar bahan mudah menguap mengacu pada standar ASTM E 872-82, dengan perhitungan menggunakan rumus (8) dan (9).

$$\text{Kehilangan berat} = \frac{(A - B)}{A} \times 100\ \% \quad (8)$$

$$\text{Kadar bahan mudah menguap} = C - D \quad (9)$$

Di mana A merupakan berat sampel briket hibrida yang digunakan (g), B adalah berat sampel briket hibrida yang telah dipanaskan (g), C menunjukkan kehilangan berat (%), dan D adalah kadar air (%)

Penentuan kadar karbon terikat dilakukan dengan cara mengurangkan 100% dengan total kadar air, kadar abu, serta kadar bahan mudah menguap. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM E 870-82 dan dihitung menggunakan rumus (10) berikut.

$$\text{Kadar Karbon Terikat} = 100\% - (\text{kadar air} + \text{kadar abu} + \text{kadar bahan mudah menguap}) \quad (10)$$

Pengujian selanjutnya adalah nilai kalor yang ditentukan dengan menggunakan *Digital Bomb Calorimeter* dengan membakar briket hibrida dalam atmosfer oksigen bertekanan tinggi.

Analisis Data

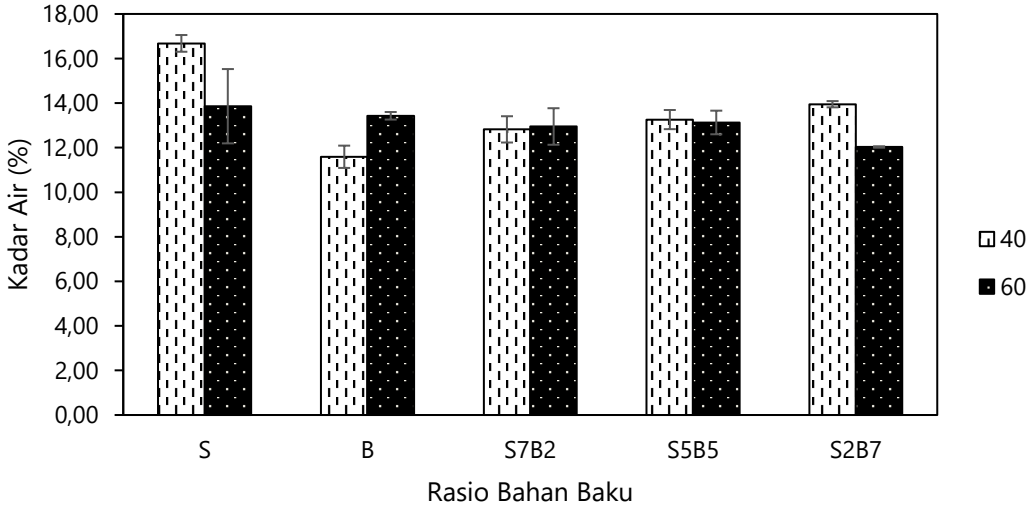
Data yang diperoleh dari karakterisasi sifat-sifat briket dianalisis secara statistik dengan rancangan percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial/RALF (faktor rasio pencampuran dengan serbuk kayu yang terdiri atas 5 taraf perlakuan dan faktor ukuran partikel yang terdiri atas 2 taraf perlakuan, sehingga dihasilkan sebanyak 10 jenis briket dengan 3 ulangan). Selain itu, uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dilakukan untuk mengetahui apakah faktor-faktor tersebut berpengaruh nyata secara statistik pada nilai $p < 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air

Kadar air briket hibrida yang dihasilkan berkisar antara 11,59–16,68%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Briket yang terbuat dari bahan baku tunggal sayur dengan ukuran partikel 40 mesh memiliki kadar air tertinggi, sedangkan kadar air terendah terdapat pada briket yang terbuat dari serbuk kayu dengan ukuran partikel 40 mesh. Kadar air briket hibrida dalam penelitian ini sudah memenuhi standar ISO 17225-7:2021 kelas

B, yang mensyaratkan kadar air maksimal sebesar 15%, kecuali briket yang terbuat dari sayur dengan ukuran partikel 40 mesh. Secara umum, kadar air pada ukuran serbuk 60 mesh cenderung lebih rendah dibandingkan ukuran 40 mesh.

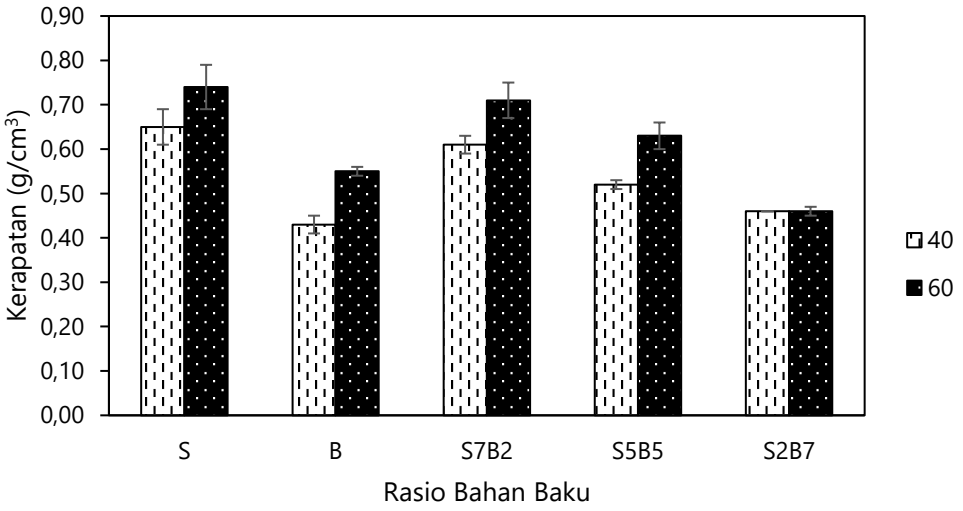


Gambar 1. Kadar Air Briket Hibrida

Berdasarkan analisis statistik, diketahui bahwa interaksi antara rasio pencampuran dengan serbuk kayu dan ukuran partikel berpengaruh nyata terhadap kadar air briket hibrida. Adapun hasil uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa kadar air briket hibrida dengan masing-masing rasio bahan baku berbeda nyata dengan briket berbahan baku tunggal dari sayur maupun serbuk kayu. Kadar air briket sangat dipengaruhi oleh ukuran serbuk dan jenis bahan baku yang digunakan. Pada umumnya, ukuran serbuk yang lebih halus (60 mesh) menghasilkan kadar air lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya luas permukaan partikel sehingga proses penguapan air saat pengeringan lebih efektif. Selain itu, ukuran partikel bahan baku dapat memengaruhi variasi proporsi kadar air. Rongga yang lebih kecil yang dapat mengisi partikel air mengakibatkan briket memiliki kadar air yang lebih rendah (Putra et al., 2024). Kadar air secara signifikan memengaruhi karakteristik pembakaran briket. Selama pembakaran, kadar air dalam bahan bakar padat menyerap panas untuk membentuk uap, sehingga secara signifikan mengurangi nilai kalor bahan bakar. Hal ini dapat menyebabkan pembakaran bahan volatil yang tidak sempurna dan akumulasi karbon yang tidak terbakar (asap) (Tambunan et al., 2025).

Kerapatan

Kerapatan briket hibrida bervariasi mulai dari 0,43–0,74 g/cm^3, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Briket yang terbuat dari bahan baku tunggal sayur dengan ukuran partikel 60 mesh memiliki kerapatan tertinggi, sedangkan kerapatan terendah ditemukan pada briket yang terbuat dari bahan baku tunggal serbuk kayu dengan ukuran partikel 40 mesh. Kerapatan briket hibrida dalam penelitian ini sebagian besar telah memenuhi standar ISO 17225-7:2021 kelas B, yang mensyaratkan kerapatan minimum sebesar 0,6 g/cm^3. Berdasarkan analisis statistik, diketahui bahwa interaksi antara rasio pencampuran dengan serbuk kayu dan ukuran partikel berpengaruh nyata terhadap kerapatan briket hibrida. Adapun hasil uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa kerapatan briket hibrida dengan rasio S7B2 dengan ukuran partikel 60 mesh berbeda nyata dengan kerapatan seluruh briket hibrida, kecuali briket yang terbuat dari bahan baku tunggal sayur berukuran 60 mesh.



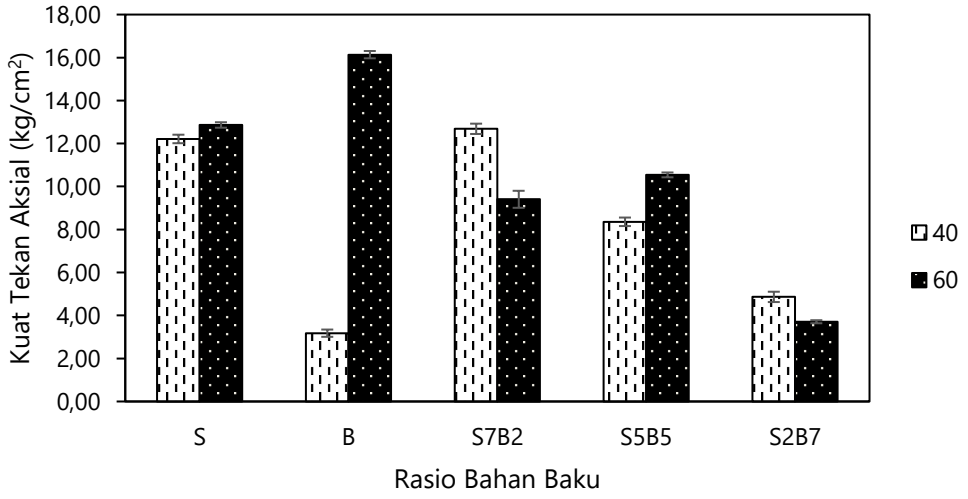
Gambar 2. Kerapatan Briket Hibrida

Berdasarkan Gambar 2, diketahui juga bahwa kerapatan briket hibrida yang terbuat dari serbuk dengan ukuran partikel yang lebih kecil (60 mesh) lebih tinggi daripada ukuran partikel yang lebih besar (40 mesh). Kerapatan dipengaruhi oleh ukuran partikelnya, ketika ukuran partikel kecil, maka luas permukaan partikel meningkat, menghasilkan lebih banyak kontak antara permukaan. Peningkatan kontak ini mengarah pada peningkatan kerapatan. Selaras dengan hasil yang didapatkan oleh Fatriani (2018), bahwa semakin kecil ukuran partikel, semakin tinggi pula kerapatannya.

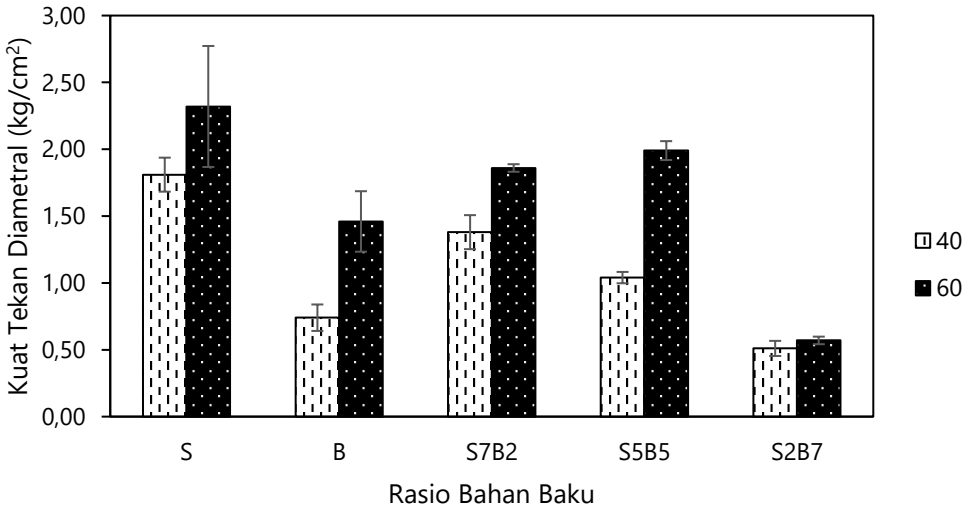
Di sisi lain, kerapatan briket hibrida juga dipengaruhi oleh tekanan yang diaplikasikan saat proses pembuatan. Cesprini et al. (2021) menyatakan bahwa karakteristik operasi tekanan dan suhu merupakan parameter yang mempengaruhi kerapatan briket. Tekanan yang tinggi berpengaruh terhadap mekanisme pembentukan ikatan yang kuat antar partikel dan meningkatkan kontak partikel, atau dengan memperkecil jarak antar partikel, sehingga menghasilkan briket hibrida yang padat dan berkerapatan tinggi.

Kuat Tekan

Kuat tekan aksial dan diametral briket hibrida disajikan pada Gambar 3 dan 4. Diketahui bahwa kuat tekan aksial briket hibrida yang dihasilkan pada penelitian ini berada pada rentang nilai 3,18–16,13 kg/cm^2, sementara itu kuat tekan diametral briket hibrida yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 0,51–2,32 kg/cm^2. Briket B (terbuat dari serbuk kayu) dengan ukuran partikel 60 mesh memiliki nilai kuat tekan aksial tertinggi, sedangkan yang terendah dimiliki oleh briket B berukuran partikel 40 mesh. Sementara itu, pada kuat tekan diametral nilai terendah dimiliki oleh briket hibrida dengan rasio S2B7 berukuran 40 mesh dan kuat tekan diametral tertinggi diperoleh pada briket yang terbuat dari bahan baku tunggal sayur berukuran 60 mesh. Umumnya, tekan aksial lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan diametral (Bazargan et al., 2014), hal tersebut sesuai dengan hasil yang diperoleh pada penelitian ini. Kuat tekan briket hibrida (aksial dan diametral) tidak memiliki nilai minimum yang harus dipenuhi dalam standar ISO 17225-7:2021 kelas B.



Gambar 3. Kuat Tekan Aksial Briket Hibrida



Gambar 4. Kuat Tekan Diametral Briket Hibrida

Berdasarkan analisis statistik, diketahui bahwa interaksi antara rasio pencampuran dengan serbuk kayu dan ukuran partikel berpengaruh nyata terhadap kuat tekan aksial dan diametral briket hibrida. Adapun hasil uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa kuat tekan aksial briket yang terbuat dari serbuk kayu dengan ukuran partikel yang lebih kecil (60 mesh) berbeda nyata dengan seluruh briket hibrida. Sementara itu, pada kuat tekan diametral, briket yang terbuat dari serbuk sayur berukuran 60 mesh berbeda nyata dengan seluruh briket hibrida, kecuali briket hibrida dengan rasio S5B5 berukuran 60 mesh.

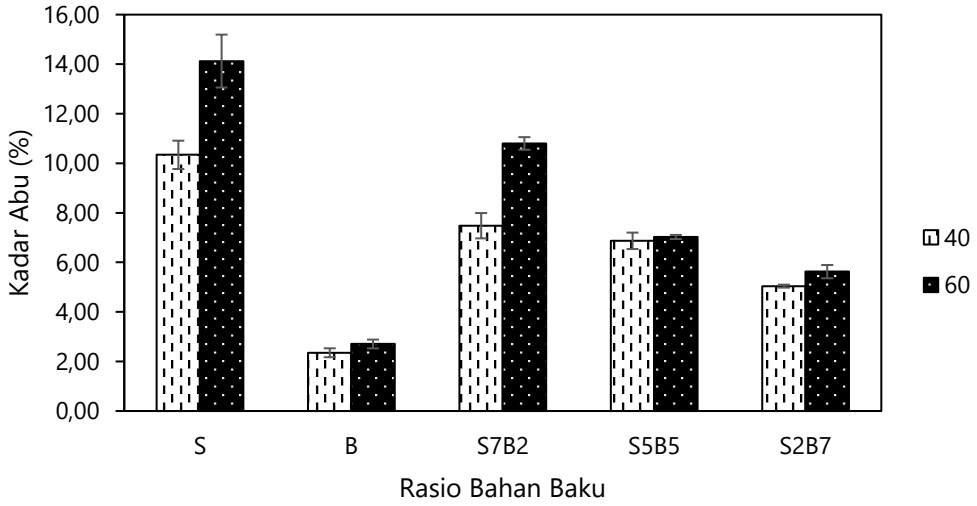
Briket yang terbuat dari ukuran partikel yang lebih kecil (60 mesh) memiliki kuat tekan yang lebih tinggi. Peningkatan ini menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran serbuk, semakin baik ikatan antarpartikel yang terbentuk. Fenomena serupa juga dinyatakan oleh Pang et al. (2019), bahwa ukuran partikel yang lebih halus menghasilkan briket dengan kekuatan mekanis lebih baik karena meningkatnya luas permukaan kontak antarpartikel. Kuat tekan briket juga erat kaitannya dengan kerapatannya. Briket yang berkerapatan tinggi akan

menunjukkan nilai kuat tekan yang juga tinggi. Dalam penelitian ini, briket yang terbuat dari serbuk sayur ukuran 60 mesh memiliki kerapatan tinggi (Gambar 1), yang diikuti oleh kuat tekan diametral yang juga tinggi.

Briket dengan kerapatan tinggi memiliki sedikit ruang kosong, sehingga kompresibilitasnya rendah, sementara briket dengan kerapatan rendah masih memiliki ruang kosong yang cenderung menyebabkan retakan, sehingga rentan terhadap kerusakan saat diberi tekanan. Kuat tekan aksial dan diametral briket merupakan salah satu parameter penting untuk menilai kualitas mekanis briket, terkhusus dalam hal ketahanan terhadap tekanan selama proses penyimpanan, transportasi, maupun penggunaan (Nuryawan et al., 2025). Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa perlakuan ukuran partikel lebih halus mampu memperbaiki sifat mekanis campuran yang pada awalnya cenderung lemah. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa ukuran serbuk halus (60 mesh) lebih efektif dalam meningkatkan kuat tekan briket dibandingkan ukuran 40 mesh, terutama pada komposisi campuran yang seimbang.

Kadar Abu

Kadar abu briket hibrida yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 2,35–14,13%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Briket yang terbuat dari sayur dengan ukuran partikel 60 mesh memiliki kadar abu tertinggi, sedangkan kadar abu terendah terdapat pada briket yang terbuat dari serbuk kayu dengan ukuran partikel 40 mesh. Kadar abu briket hibrida dalam penelitian ini sebagian besar sudah memenuhi standar ISO 17225-7:2021 kelas B, yang mensyaratkan kadar abu maksimal sebesar 10%. Dari variasi kadar abu briket hibrida diketahui bahwa dengan adanya pencampuran bahan baku sayur dan serbuk kayu, maka menurunkan kadar abu dibandingkan dengan hanya menggunakan bahan baku tunggal sayur. Berdasarkan analisis statistik, diketahui bahwa interaksi antara rasio pencampuran dengan serbuk kayu dan ukuran partikel berpengaruh nyata terhadap kadar abu briket hibrida. Adapun hasil uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa kadar abu briket yang terbuat dari bahan baku tunggal serbuk kayu berbeda nyata dengan kadar abu seluruh briket hibrida.



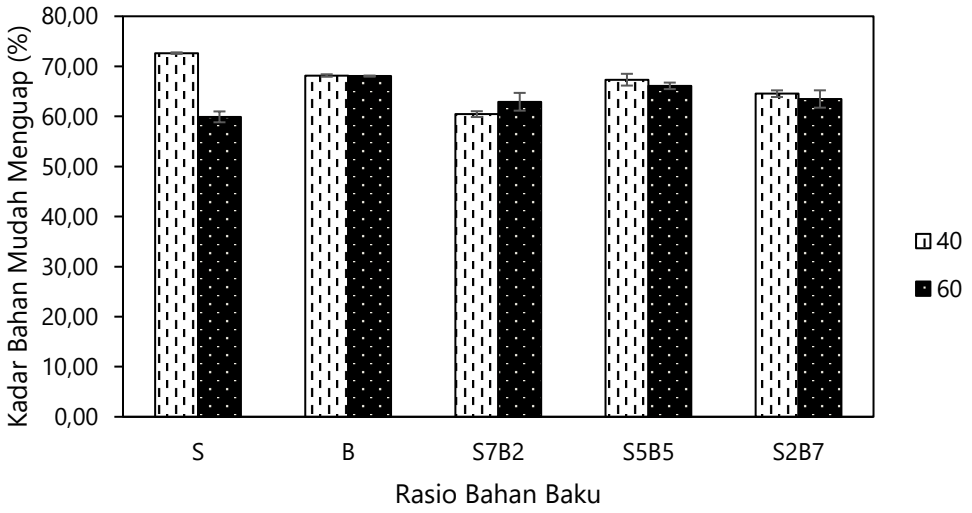
Gambar 5. Kadar Abu Briket Hibrida

Temuan ini sesuai dengan penelitian Hakim et al. (2025) yang menunjukkan terdapat hubungan antara ukuran partikel dan kadar abu, bahwa ukuran partikel yang lebih kecil berkaitan dengan kadar abu yang lebih tinggi. Kadar abu dalam jumlah besar dalam briket menunjukkan bahwa residu pembakaran yang akan dihasilkan oleh briket cukup besar, tetapi nilai energi briket relatif rendah (Tambunan et al., 2023). Selain itu,

konsentrasi abu dalam briket dapat dipengaruhi oleh keberadaan komponen anorganik dalam limbah biomassa dan jumlah perekat yang digunakan selama proses pembuatan briket (Setyono & Yayok Suryo Purnomo, 2022). Kadar abu pada briket memengaruhi sisa pembakaran yang dihasilkan. Apabila kadar abu tinggi, maka sisa pembakaran bahan bakar tersebut tinggi yang menghasilkan nilai kalor yang lebih rendah. Oleh karena itu, sifat ini merugikan pembakaran.

Kuat Bahan Mudah Menguap

Kadar bahan mudah menguap (*volatile matter*) briket biomassa yang dihasilkan pada penelitian ini bervariasi antara 59,92–72,65%, seperti yang disajikan pada Gambar 6. Nilai tertinggi dan terendah ditemukan pada briket berbahan baku sayur (S) dengan ukuran partikel masing-masing sebesar 40 mesh (72,65%) dan 60 mesh (59,92%). Secara umum, bahan baku sayur (S) menunjukkan kadar bahan mudah menguap yang lebih tinggi dibandingkan serbuk kayu (B). Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan senyawa organik volatil pada biomassa sayuran, yang lebih mudah terurai pada proses pembakaran. Hasil ini sejalan dengan temuan Palniandy et al. (2019) yang menyatakan bahwa bahwa biomassa non-kayu memiliki kandungan bahan mudah menguap lebih tinggi dibandingkan kayu**.**



Gambar 6. Kadar Bahan Mudah Menguap Briket Hibrida

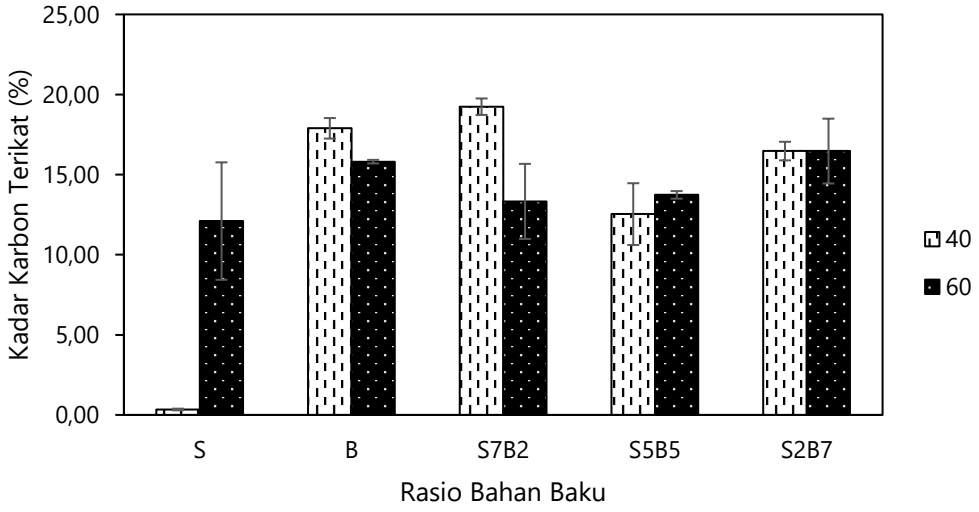
Standar ISO 17225-7:2021 kelas B tidak memberikan persyaratan terkait nilai kadar bahan mudah menguap. Kadar bahan mudah menguap briket hibrida pada penelitian ini termasuk dalam kategori rendah apabila dibandingkan dengan briket dari campuran kulit kacang mete dan pinang dan briket dari campuran tempurung kelapa dan kulit kacang tanah, masing-masing sebesar 70–75% dan 68,14–74,67% (Chungcharoen & Srisang, 2020; Dalimunthe et al., 2021). Berdasarkan analisis statistik, diketahui bahwa interaksi antara rasio pencampuran dengan serbuk kayu dan ukuran partikel berpengaruh nyata terhadap kadar bahan mudah menguap briket hibrida. Adapun hasil uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa kadar bahan mudah menguap briket hibrida dengan masing-masing rasio bahan baku berbeda nyata dengan briket dengan bahan baku tunggal dari sayur maupun serbuk kayu.

Semakin tinggi kadar bahan mudah menguap dalam suatu bahan bakar, semakin rendah kandungan karbonnya, sehingga ketika dibakar akan menghasilkan emisi asap yang lebih tinggi dan laju pembakarannya lebih cepat. Tingginya laju pembakaran akan menyebabkan pemborosan penggunaan briket. Menurut Ivanov et al. (2003), suatu bahan bakar diklasifikasikan tanpa asap jika mengandung kurang dari 20% bahan mudah

menguap dan diperoleh kestabilan nyala api. Nilai yang terlalu tinggi (>60%) menyebabkan briket mudah menyala dan cepat habis terbakar, namun menghasilkan asap yang lebih banyak sehingga menurunkan efisiensi pembakaran. Dari hasil penelitian diketahui bahwa briket berbahan campuran sayur dan serbuk kayu menunjukkan karakteristik lebih seimbang, karena kadar bahan mudah menguap lebih rendah dibandingkan bahan tunggal sayur maupun serbuk kayu, tetapi tetap memiliki sifat mudah menyala. Formulasi campuran tersebut berpotensi menghasilkan briket hibrida dengan performa pembakaran lebih stabil serta emisi asap lebih rendah.

Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat (*fixed carbon*) briket hibrida pada penelitian ini bervariasi antara 0,34–19,24%, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7. Nilai tertinggi diperoleh pada briket hibrida dengan rasio bahan baku S7B2 (40 mesh), yaitu 19,24%, sedangkan nilai terendah ditemukan pada briket berbahan baku sayur (S) dengan ukuran partikel 40 mesh dengan kadar karbon terikat hanya sebesar 0,34%. Standar ISO 17225-7:2021 kelas B tidak memberikan persyaratan terkait nilai kadar karbon terikat. Berdasarkan analisis statistik, diketahui bahwa interaksi antara rasio pencampuran dengan serbuk kayu dan ukuran partikel berpengaruh nyata terhadap kadar karbon terikat briket hibrida. Adapun hasil uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa kadar karbon terikat briket hibrida dengan rasio S7B2 (40 mesh) berbeda nyata dengan briket dengan bahan baku tunggal dari sayur maupun serbuk kayu. Hal tersebut berarti bahwa pencampuran bahan baku dapat meningkatkan nilai karbon terikat daripada hanya menggunakan satu jenis bahan baku saja.

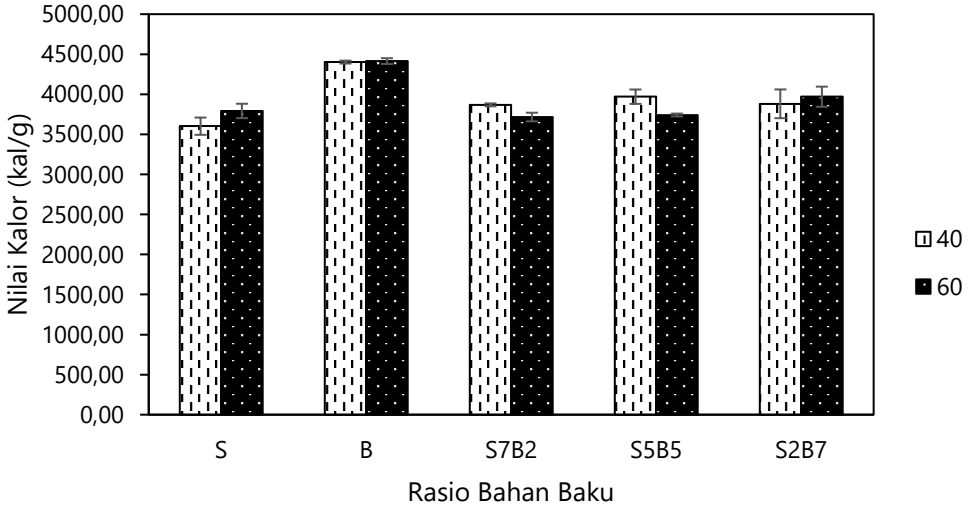


Gambar 7. Kadar Karbon Terikat Briket Hibrida

Pengukuran karbon terikat menunjukkan jumlah bahan padat yang dapat terbakar setelah menghilangkan bahan mudah menguap dari briket. Karbon terikat merupakan parameter kualitas bahan bakar yang memengaruhi nilai kalor. Semakin tinggi kadar karbon terikat, semakin tinggi pula nilai kalornya, sehingga meningkatkan kualitas bahan bakar. Selain itu, bahan bakar dengan karbon terikat yang tinggi cenderung menunjukkan kadar abu dan kadar bahan mudah menguap yang lebih rendah. Secara keseluruhan, karbon terikat merupakan faktor penting dalam menilai potensi energi biomassa padat, khususnya briket (Tambunan et al., 2025).

Nilai Kalor

Nilai kalor briket hibrida disajikan pada Gambar 8. Diketahui bahwa nilai kalor briket hibrida yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 3601,50–4414,21 kal/g. Briket yang terbuat dari serbuk kayu dengan ukuran partikel 60 mesh memiliki nilai kalor tertinggi, sedangkan yang terendah dimiliki oleh briket yang terbuat dari sayur berukuran 40 mesh. Nilai kalor briket hibrida pada penelitian ini memenuhi standar ISO 17225-7:2021 kelas B, yang mensyaratkan nilai kalor minimum sebesar 3464 kal/g. Hal ini berarti bahwa briket hibrida yang dihasilkan layak dan memungkinkan untuk digunakan sebagai sumber energi. Dengan kandungan energi yang besar, maka akan dihasilkan jumlah panas yang tinggi saat proses pembakaran briket hibrida.



Gambar 8. Nilai Kalor Briket Hibrida

Berdasarkan analisis statistik, diketahui bahwa interaksi antara rasio pencampuran dengan serbuk kayu dan ukuran partikel berpengaruh nyata terhadap nilai kalor briket hibrida. Adapun hasil uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa nilai kalor briket yang terbuat dari bahan tunggal serbuk kayu berbeda nyata dengan seluruh briket hibrida. Berdasarkan Gambar 8 juga diketahui bahwa pencampuran briket hibrida yang terbuat dari serbuk dengan ukuran partikel kecil memiliki nilai kalor yang tinggi. Ukuran partikel bahan baku dalam hal ini memainkan peran penting dalam peningkatan nilai kalor. Sukarta et al. (2023) menyatakan bahwa jenis bahan baku yang digunakan untuk memproduksi briket berperan penting dalam produksi karbon terikat, dengan beragam karakteristik material yang memengaruhinya. Lebih lanjut, ukuran partikel juga memengaruhi tingkat kandungan panas. Semakin kecil ukuran partikel, semakin tinggi nilai kalornya karena berkaitan dengan kadar air yang rendah dan luas permukaan partikel yang lebih luas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Briket hibrida yang dihasilkan dari limbah domestik berupa sayur dan serbuk kayu sebagian besar telah memenuhi standar ISO 17225-7:2021 kelas B. Briket yang dihasilkan dalam penelitian ini merupakan sumber bahan bakar padat yang menjanjikan karena hanya memanfaatkan limbah sayur dan serbuk kayu, sehingga mendukung upaya transisi ke energi terbarukan dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB). Secara umum, pencampuran bahan baku sayur dengan serbuk kayu dan perbedaan ukuran partikel bahan baku dapat meningkatkan sifat-sifat briket hibrida. Briket hibrida digunakan untuk keperluan pemanas atau memasak di rumah tangga dan juga digunakan sebagai sumber bahan bakar di industri.

DAFTAR PUSTAKA

Adrian, M. M., Purnomo, E. P., Enrici, A., & Khairunnisa, T. (2023). Energy transition towards renewable energy in Indonesia. *Heritage and Sustainable Development*, *5*(1), 107–118. https://doi.org/10.37868/hsd.v5i1.108

Bazargan, A., Rough, S. L., & McKay, G. (2014). Compaction of palm kernel shell biochars for application as solid fuel. *Biomass and Bioenergy*, *70*, 489–497. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.08.015

Cesprini, E., Greco, R., Causin, V., Urso, T., Cavalli, R., & Zanetti, M. (2021). Quality assessment of pellets and briquettes made from glued wood waste. *European Journal of Wood and Wood Products*, *79*(5), 1153–1162. https://doi.org/10.1007/s00107-021-01695-1

Chungcharoen, T., & Srisang, N. (2020). Preparation and characterization of fuel briquettes made from dual agricultural waste: Cashew nut shells and areca nuts. *Journal of Cleaner Production*, *256*, 120434. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120434

Dalimunthe, Y. K., Kasmungin, S., Sugiarto, E., Sugiarti, L., & Lagrama, A. (2021). Making Briquettes from Waste of Coconut Shell and Peanut Shell. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, *4*(2), 196–209. https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v4i2.7417

Dinesha, P., Kumar, S., & Rosen, M. A. (2019). Biomass Briquettes as an Alternative Fuel: A Comprehensive Review. *Energy Technology*, *7*(5). https://doi.org/10.1002/ente.201801011

Fatriani, S. A. (2018). Air Conditions, Revenues, And Conditions Abu Wood Pellet Powder Wood Galam Timber (Melaleuca cajuputi Roxb) And Wood Akasia (Acacia mangium Wild). *EnviroScienteae*, *14*(1), 77–81.

Hakim, L., Iswanto, A. H., Lubis, Y. S., & Wirawan, A. J. (2025). Charcoal Briquette Manufactured from Indonesian Sugar Palm Bunches (Arenga longipes Mogea) as Biomass-Based New Renewable. *Journal of Renewable Materials*, *February*, 1–14. https://doi.org/10.32604/jrm.2025.056365

Ivanov, I. P., Sudakova, I. G., & Kuznetsov, B. N. (2003). Manufacture of Briquetted and Granulated Fuels from Lignite with Biobinders and Heated Die. *Chemistry for Sustainable Development*, *2003*(11), 847–852.

Kongprasert, N., Wangphanich, P., & Jutilarptavorn, A. (2019). Charcoal briquettes from Madan wood waste as an alternative energy in Thailand. *Procedia Manufacturing*, *30*, 128–135. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.019

Moelyaningrum, A. D., Molassy, H. D., & Setyowati, I. K. (2019). The formulation Robusta coffee bark Jember Indonesia for charcoal Briquettes as alternative energy : the comparison organic starch adhesive and anorganic adhesive. *Journal of Physics: Conference Series*, *1363*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1363/1/012091

Nuryawan, A., Simatupang, J., Risnasari, I., Nur, T. Bin, Fatriasari, W., Basyuni, M., Tambunan, H., Utami, S. S., & Jeong, B. (2025). Physical, chemical, mechanical, and thermal properties of charcoal briquettes produced from mangrove branch wood. *Frontiers in Materials*, *12*. https://doi.org/10.3389/fmats.2025.1611316

Oyelaran, O. A., Sani, F. M., Sanusi, O. M., Balogun, O., & Fagbemigun, A. O. (2018). Energy Potentials of Briquette Produced from Tannery Solid Waste. *Makara Journal of Technology*, *21*(3), 122. https://doi.org/10.7454/mst.v21i3.3429

Palniandy, L. K., Yoon, L. W., Wong, W. Y., & Yong, S. K. (2019). Comparison of woody and non-woody biomass as a fuel source for direct carbon fuel cell. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *268*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/268/1/012124

Pang, L., Yang, Y., Wu, L., Wang, F., & Meng, H. (2019). Effect of particle sizes on the physical and mechanical properties of briquettes. *Energies*, *12*(19). https://doi.org/10.3390/en12193618

Phung, C. K., & Wikartika, I. (2023). Pemanfaatan Pemasaran Digital: Meningkatkan Potensi Ekspor Briket Arang Tempurung Kelapa dalam Bisnis Internasional. *El-Mujtama: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *4*(2), 871–884. https://doi.org/10.47467/elmujtama.v4i2.4471

Prasetia, H., Annisa, N., & Santosa, L. F. (2018). Biomass Convertion For Renewable Alternative Energy. *Enviromental Science and Engineering INTERNATIONAL JOURNAL*, *1*(1), 6–9.

Prasetya, J., Junary, E., & Herlina, N. (2015). Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur Dalam Pembuatan Briket Arang Berbahan Baku Pelepah Aren (Arenga pinnata). *Jurnal Teknik Kimia USU*, *4*(2), 32–38.

Putra, A. R., Iswanto, A. H., Nuryawan, A., Darmawan, S., Madyaratri, E. W., Fatriasari, W., Hua, L. S., Antov, P., Manurung, H., & Pendi, A. P. A. S. H. (2024). Characteristics of Biopellets Manufactured from Various Lignocellulosic Feedstocks as Alternative Renewable Energy Sources. *Journal of Renewable Materials*, *12*(6), 1103–1123. https://doi.org/10.32604/jrm.2024.051077

Setyono, M. Y. P., & Yayok Suryo Purnomo. (2022). Analisis Kadar Air dan Kadar Abu Briket Lumpur IPAL dan Fly Ash dengan Penambahan Serbuk Gergaji Kayu. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, *1*(6), 696–703. https://doi.org/10.55123/insologi.v1i6.1047

Sukarta, I. N., Sastrawidana, I. D. K., & Suyasa, I. W. B. (2023). Proximate Analysis and Calorific Value of Fuel Briquettes from Wood and Coffee Skins Biomass as a Renewable Energy Source. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, *24*(8), 291–298. https://doi.org/10.12912/27197050/172506

Tambunan, H., Nuryawan, A., Iswanto, A. H., Risnasari, I., Basyuni, M., & Fatriasari, W. (2023). Briquettes Made of Branches Wood of Three Mangrove Species Bonded by Starch Adhesive. *Materials*, *16*(15). https://doi.org/10.3390/ma16155266

Tambunan, H., Safrizal, & Fahmi, M. (2025). Characteristics of Agricultural and Plantation Wastes as Solid Biomass Energy Feedstock: A Systematic Review. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*. https://doi.org/10.21009/jkem.10.2.6

Tauro, R., García, C. A., Skutsch, M., & Masera, O. (2018). The potential for sustainable biomass pellets in Mexico: An analysis of energy potential, logistic costs and market demand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *82*(September 2017), 380–389. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.036