



PERBANDINGAN KUALITAS BRIKET CANGKANG KAKAO DAN LIMBAH PLASTIK SELULOSA ASETAT

Devia Gahana Cindi Alfian^{a*}, M Taufik Hidayatuloh^a, Abdul Muhyi^a, M. Syauckani^a, Lathifa P. Afisna^a, Dicky J. Silitonga^a, Putra A. Kolala^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Jati Agung, Lampung Selatan, Lampung, Indonesia

*Corresponding authors at: devia.gahana@ms.itera.ac.id

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 01 Oktober 2024

Direvisi pada 19 Februari 2025

Disetujui pada 25 Februari 2025

Tersedia daring pada 01 Maret 2025

Kata kunci:

Briket, kulit kakao, selulosa asetat, energi biomassa, standar SNI.

Keywords:

Briquette, cocoa shell, cellulose acetate, biomass energy, SNI standard.

ABSTRAK

Pemanfaatan limbah biomassa sebagai sumber energi alternatif merupakan solusi potensial dalam mendukung keberlanjutan energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik briket berbahan dasar kulit kakao yang dipadukan dengan selulosa asetat dalam tiga variasi komposisi (%), yaitu A (95:5), B (93:7), dan C (90:10). Briket diproses menggunakan tekanan sebesar 60 kg/cm² dan dikeringkan pada suhu 100°C selama 4 jam. Pengujian dilakukan untuk menentukan kadar karbon, kadar zat terbang, kadar abu, nilai kalor, serta laju dan durasi pembakaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar karbon tertinggi diperoleh pada variasi A (79,29%), yang mendekati standar SNI 1683-2021 dengan batas minimal 79%. Kadar zat terbang pada semua variasi memenuhi standar, dengan nilai terendah pada variasi A (7,05%), lebih rendah dari batas maksimal SNI, yaitu 10-17%. Namun, kadar abu masih jauh melebihi standar, dengan variasi C memiliki kadar abu tertinggi (20,83%), sedangkan batas maksimal SNI adalah 4%. Dari segi nilai kalor, seluruh variasi belum memenuhi standar SNI yang mensyaratkan minimal 6500 kal/g, dengan nilai tertinggi hanya mencapai 4671,63 kal/g. Laju pembakaran tertinggi terjadi pada variasi C (0,26 g/menit) dengan waktu pembakaran 69 menit, sementara variasi A memiliki laju pembakaran terendah (0,22 g/menit) tetapi dengan durasi terpanjang (81 menit), menunjukkan efisiensi pembakaran yang lebih baik. Secara keseluruhan, briket kulit kakao dengan selulosa asetat memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif, tetapi masih memerlukan optimasi lebih lanjut untuk meningkatkan nilai kalor dan menurunkan kadar abu agar sesuai dengan standar nasional.

ABSTRACT

Supporting energy sustainability may be achieved by the use of biomass waste as an alternative energy source. The purpose of this study is to assess the properties of briquettes made of cocoa shell and cellulose acetate in three different compositions (%): A (95:5), B (93:7), and C (90:10). 60 kg/cm² of pressure was used to process the briquettes, and they were then dried for four hours at 100°C. The calorific value, ash content, carbon content, volatile matter content, burning rate, and duration were all tested. According to the findings, variation A had the highest carbon content (79.29%), which is quite near to the 79% standard minimum criterion set forth in SNI 1683-2021. All of the variations' volatile matter contents were within the acceptable range, with variation A having the lowest result at 7.05%, far below the SNI maximum limit of 10–17%. Although the SNI maximum limit is 4%, the ash concentration was higher than the standard, with variation C having the highest ash level (20.83%). The highest reported calorific value was 4671.63 cal/g, and none of the variations were able to meet the SNI norm of 6500 cal/g. Variation A had superior combustion efficiency with the lowest burning rate (0.22 g/min) and the longest burning duration (81 minutes), while variation C had the greatest burning rate (0.26 g/min) and the longest burning duration (69 minutes). In general, cellulose acetate-based cocoa shell briquettes exhibit promise as a substitute fuel source; nevertheless, additional refinement is necessary to raise the calorific value and lower the ash content in order to satisfy national regulations.

1. PENGANTAR

Perkembangan ekonomi di era globalisasi telah mendorong peningkatan konsumsi energi secara signifikan. Jika tidak ditemukan sumber energi alternatif yang berkelanjutan, konsumsi energi akan terus meningkat hingga sumber daya yang ada semakin menipis. Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil menyebabkan ketersediaan sumber daya ini semakin terbatas, sehingga menjadi isu krusial dalam sektor energi global. Setiap tahun, permintaan energi terus meningkat akibat aktivitas manusia yang bergantung pada bahan bakar fosil sebagai sumber utama energi. Penurunan cadangan bahan bakar fosil tidak hanya berpengaruh terhadap ketersediaan energi, tetapi juga dapat berdampak negatif pada stabilitas ekonomi. Namun, banyak pengguna energi yang belum menyadari bahwa sumber energi yang mereka gunakan berasal dari sumber daya yang tidak terbarukan.

Sebagai solusi, biomassa telah dikembangkan sebagai salah satu sumber energi alternatif yang terbarukan. Biomassa berasal dari bahan organik seperti limbah kayu, sekam padi, ampas tebu, dan tempurung kelapa. Berbagai jenis biomassa yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai sumber energi meliputi limbah pertanian dan perkebunan, seperti cangkang sawit, cangkang kakao, tandan kosong kelapa sawit, sekam padi, dan batang tembakau. Biomassa dapat diolah menjadi berbagai bentuk bahan bakar, termasuk briket, biopellet, arang, bio-oil, etanol selulosa, dan gas alam sintetis.

Indonesia merupakan produsen kakao terbesar ketiga di dunia, dengan total produksi mencapai 739.483 ton per tahun. Namun, luas lahan perkebunan kakao di Indonesia mengalami penurunan rata-rata 2,55–3,33% per tahun sebelum 2021. Berdasarkan data Worldatlas (2022), Pantai Gading merupakan produsen kakao terbesar dengan produksi sebesar 2,2 juta ton, diikuti oleh Ghana dengan 800.000 ton. Sementara itu, Kementerian Pertanian Indonesia mencatat bahwa pada tahun 2022 sekitar 109.200 ton kulit kakao terbangun sebagai limbah (Balai Informasi Standar Instrumen Pertanian, 2023). Limbah ini berpotensi meningkat seiring dengan ekspansi lahan perkebunan kakao, baik milik rakyat, pemerintah, maupun swasta. Saat ini, pemanfaatan kakao masih terbatas pada bijinya, sementara cangkang kakao yang merupakan bagian terbesar sering kali dibiarkan membusuk di perkebunan, menimbulkan permasalahan lingkungan seperti bau tidak sedap dan pencemaran tanah. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengolah limbah cangkang kakao menjadi produk yang bernilai guna, salah satunya sebagai bahan bakar alternatif dalam bentuk briket arang.

Selain biomassa, limbah plastik juga menjadi perhatian utama dalam isu keberlanjutan energi dan lingkungan. Limbah plastik, terutama yang berasal dari puntung rokok, berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan karena bahan penyusunnya sulit terurai. Indonesia merupakan negara dengan jumlah perokok aktif terbesar ke-8 di dunia dan menempati peringkat kedua di Asia Tenggara menurut WHO pada tahun 2022 (World Population Review, 2024). Berdasarkan Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023, jumlah perokok aktif di Indonesia diperkirakan mencapai 70 juta orang. Dengan konsumsi rokok mencapai 302 miliar batang per tahun, sekitar 80% puntung rokok dibuang sembarangan, menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius. Filter rokok, yang umumnya terbuat dari serat selulosa asetat, membutuhkan waktu 20 hingga 100 tahun untuk terurai secara alami. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya daur ulang limbah filter rokok guna mengurangi pencemaran lingkungan, salah satunya dengan memanfaatkannya sebagai bahan tambahan dalam pembuatan briket.

Briket merupakan bahan bakar padat berbasis karbon yang dihasilkan dari limbah biomassa dan limbah organik lainnya. Briket memiliki keunggulan dalam hal efisiensi pembakaran, kemudahan penyimpanan, serta sifat ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar konvensional seperti minyak tanah dan batu bara. Salah satu contoh briket berbahan dasar biomassa adalah briket cangkang sawit yang diproduksi dengan tambahan perekat tapioka. Proses pembuatannya melibatkan karbonisasi biomassa, penggilingan, pencampuran dengan perekat, pencetakan, dan pengeringan (Narzary dkk., 2023). Briket yang memenuhi standar kualitas tinggi harus sesuai dengan standar SNI, yang mencakup parameter fisik dan kimia seperti kadar air, kadar abu, kandungan karbon, serta nilai kalor.

Dalam pembuatan briket, perekat berperan penting dalam menentukan sifat mekanis dan karakteristik pembakaran. Tepung tapioka sering digunakan sebagai perekat karena dapat meningkatkan daya ikat dan menghasilkan briket dengan karakteristik pembakaran yang lebih baik dibandingkan perekat lain seperti molase. Studi menunjukkan bahwa penggunaan tepung tapioka sebagai perekat dapat menghasilkan briket dengan kadar abu lebih rendah, nilai kalor lebih tinggi, serta emisi asap yang lebih sedikit dibandingkan dengan penggunaan molase.

Penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi pengaruh variabel proses terhadap kualitas briket. Misalnya, studi oleh (Faizal dkk., 2018) mengkaji pengaruh suhu karbonisasi dan komposisi bahan baku terhadap kualitas biobriket berbahan dasar kulit buah kapuk (KBK) dan limbah plastik LDPE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu karbonisasi optimal adalah 500°C dengan komposisi 85% KBK dan 15% LDPE, menghasilkan nilai kalor sebesar 6985,35 kal/g, kadar karbon padat 51,12%, kadar air 4,65%, kadar abu 4,23%, dan kandungan zat terbang 39%.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan briket berbahan dasar cangkang kakao dengan kombinasi limbah plastik serat selulosa asetat dari filter rokok sebagai bahan tambahan. Penelitian ini juga akan mengkaji pengaruh variasi komposisi bahan dan tekanan pencetakan sebesar 60 kg/cm² terhadap karakteristik briket yang dihasilkan. Selain itu, suhu pengeringan sebesar 100°C akan diterapkan untuk mendapatkan kualitas briket yang optimal. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pemanfaatan limbah biomassa dan limbah plastik sebagai bahan bakar alternatif yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

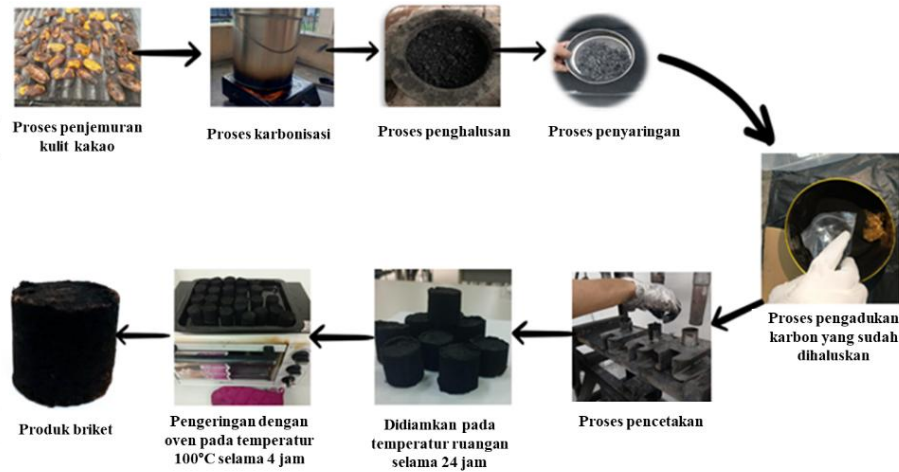
2. METODE

2.1. Proses Pembuatan Briket

Dalam proses pengeringan, kulit kakao terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran yang menempel (Mustafa & Ibrahim, 2023). Selanjutnya, kulit kakao dijemur di bawah sinar matahari hingga kadar airnya berkurang secara signifikan. Setelah kering, kulit kakao dikarbonisasi menggunakan drum yang diletakkan di atas tungku pembakaran. Proses karbonisasi dilakukan dengan membakar bahan hingga tidak lagi mengeluarkan asap, menandakan bahwa proses karbonisasi telah selesai. Drum yang digunakan dilengkapi lubang pada bagian atasnya untuk mempercepat proses karbonisasi. Proses ini berlangsung selama 2 jam pada suhu 200–250°C, kemudian arang yang dihasilkan didinginkan sebelum tahap selanjutnya. Arang kulit kakao yang telah terbentuk kemudian ditumbuk menggunakan alat penumbuk batu hingga berukuran lebih kecil. Selanjutnya, arang tersebut diayak dengan saringan berukuran 60 mesh untuk memperoleh serbuk yang lebih halus (Ahmadien dkk., 2024). Sementara itu, serat selulosa asetat dari filter rokok dicacah menggunakan pemotong mekanis agar tidak menggumpal saat dicampur dengan bahan lainnya. Pada tahap pencampuran, serbuk kulit kakao yang telah dikarbonisasi dicampurkan dengan serat selulosa asetat dan perekat tepung tapioka (Alfian, D. dkk., 2024). Komposisi kulit kakao dan serat selulosa asetat yang digunakan bervariasi, yaitu 90:10, 93:7, dan 95:5 (% dari total berat bahan dasar). Setelah tercampur merata, campuran ini kemudian dicetak menggunakan cetakan yang telah disiapkan dan ditekan dengan tekanan sebesar 60 kg/cm² (Alfian, D. G. C. dkk., 2023). Tahap akhir adalah proses pengeringan, dimana briket yang telah dicetak dikeringkan dalam oven pada suhu 150°C selama 4 jam untuk memastikan kadar airnya rendah dan kualitasnya optimal sebelum digunakan. Skema proses pembuatan briket secara detail ditampilkan pada gambar 1.

2.2. Proses Pengujian

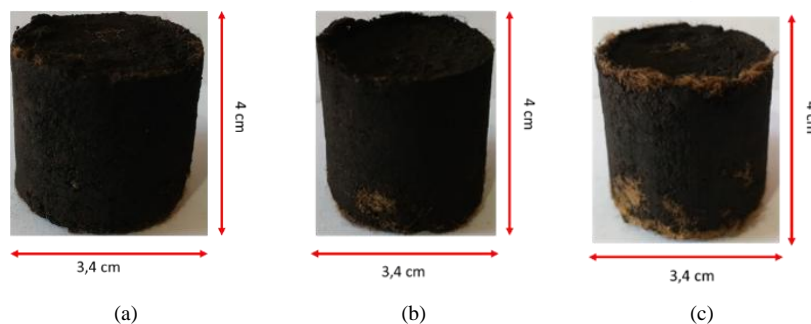
Proses pengujian briket kali ini bertujuan untuk mengukur kadar air menggunakan instrumen analisis data, menentukan kadar abu dan karbon dengan *furnace*, menguji nilai kalor menggunakan *bomb calorimeter*, serta mengukur kandungan zat volatil dan laju pembakaran. Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak kandungan air dalam briket arang. Alat yang digunakan dalam pengujian kadar air adalah *moisture analyzer*. Pengujian nilai kalor dalam penelitian ini menggunakan alat *bomb calorimeter*, yang menghasilkan beberapa komponen untuk perhitungan nilai kalor. Sebelum pengujian nilai kalor dilakukan, briket terlebih dahulu dihancurkan dengan berat rata-rata 0,5 gram per sampel dan diuji selama 20 menit per sampel, untuk menentukan suhu bahan uji sebelum dan sesudah pembakaran dalam *bomb calorimeter*. Pengujian kadar abu dilakukan untuk mengetahui residu hasil pembakaran, seperti sisa pembakaran briket arang. Abu mengandung komponen seperti silikat, yang dapat memengaruhi nilai kalor briket arang. Analisis kadar karbon bertujuan untuk mengetahui sisa karbon yang masih ada setelah pembakaran briket arang biomassa. Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah *furnace*. Uji kadar zat volatil dilakukan untuk mengukur senyawa yang dapat menguap dari briket akibat dekomposisi senyawa selain air. Pengujian ini juga menggunakan *furnace* sebagai alat utama. Pengujian pembakaran briket merupakan metode uji bahan bakar untuk menentukan durasi pembakaran serta memantau kehilangan massa seiring waktu. Briket yang diuji terbuat dari kulit kakao dengan tambahan serat selulosa asetat dalam berbagai komposisi (%), yaitu A (95:5), B (93:7), dan C (90:10).



Gambar 1: Proses pembuatan briket

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 menunjukkan hasil pencetakan briket dengan variasi komposisi selulosa asetat. Pada gambar tersebut, (a) merupakan briket dengan komposisi 95% kulit kakao dan 5% selulosa asetat, yang memiliki permukaan dominan berwarna hitam dengan sedikit serat selulosa terlihat di permukaannya. Variasi (b) menunjukkan lebih banyak serat selulosa pada permukaan dibandingkan variasi (a). Sementara itu, variasi (c) memiliki kandungan selulosa asetat tertinggi, sehingga permukaannya lebih banyak didominasi warna cokelat.



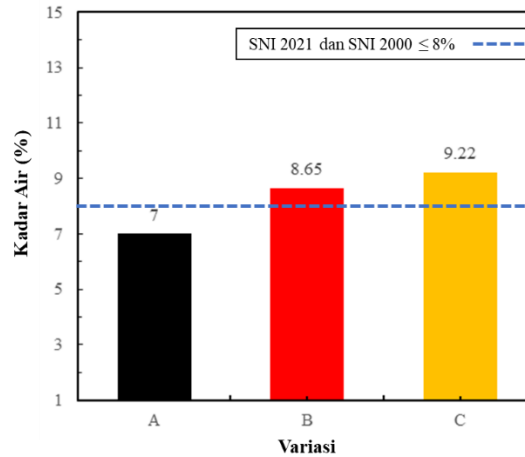
Gambar 2: Briket arang dengan berbagai komposisi. (a) 95% kulit kakao : 5% selulosa asetat, (b) 93% kulit kakao : 7% selulosa asetat, (c) 90% kulit kakao : 10% selulosa asetat

Pengujian	Kulit Kakao: Serat Selulosa Asetat (%)		
	95 : 5 (A)	93 : 7 (B)	90 : 10 (C)
Kadar Air (%)	7,00	8,65	9,22
Nilai Kalor (kal/g)	4671,63	4589,93	4491,58
Kadar Abu (%)	17,71	18,81	20,83
Kadar Zat Terbang (%)	7,04	9,09	11,34
Kadar Karbon (%)	75,23	72,09	67,81
Laju Pembakaran (g/min)	0,22	0,25	0,26

Briket yang telah melalui proses pencetakan dan pengeringan kemudian diuji untuk menentukan karakteristiknya. Pengujian mencakup kadar air, nilai kalor, kadar abu, kadar zat volatil, kadar karbon, dan laju pembakaran. Hasil uji untuk masing-masing variasi, yaitu A (95% kulit kakao: 5% selulosa asetat), B (93% kulit kakao: 7% selulosa asetat), dan C (90% kulit kakao: 10% selulosa asetat), disajikan dalam Tabel 1.

3.1. Pengujian Kadar Air

Gambar 3 menunjukkan kadar air briket dari tiga variasi komposisi, yaitu A (95% kulit kakao: 5% selulosa asetat), B (93% kulit kakao: 7% selulosa asetat), dan C (90% kulit kakao: 10% selulosa asetat). Briket dengan variasi A memiliki kadar air sebesar 7%, sementara variasi B dan C memiliki kadar air masing-masing sebesar 8,65% dan 9,22%. Menurut standar SNI 01-6235-2000 dan SNI 8675:2021, kadar air briket yang disarankan adalah $\leq 8\%$. Dari hasil pengujian, briket dengan variasi A memenuhi standar SNI karena kadar airnya di bawah 8%. Namun, variasi B dan C memiliki kadar air yang melebihi batas standar, yang dapat mempengaruhi efisiensi pembakaran briket. Peningkatan kadar air pada variasi B dan C kemungkinan disebabkan oleh peningkatan jumlah selulosa asetat yang bersifat higroskopis, sehingga lebih banyak menyerap kelembaban dari lingkungan.

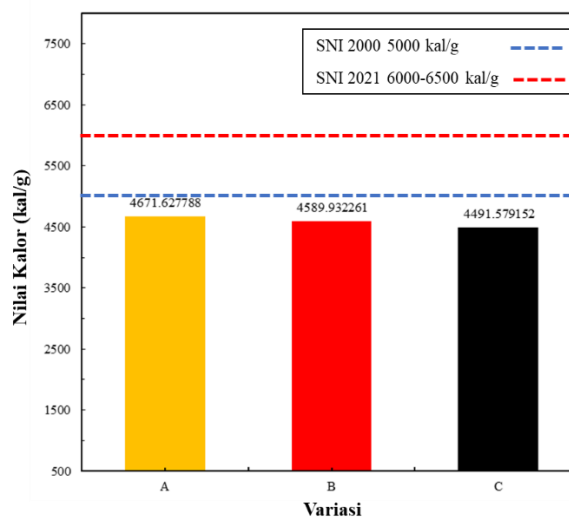


Gambar 3: Persentase kadar air briket

(Nikiema dkk., 2022) melakukan penelitian tentang briket, dari hasil uji menunjukkan bahwa kadar air dengan nilai tertinggi dipengaruhi oleh proses pengeringan dan komponen pembuat briket tersebut. Secara keseluruhan, untuk memenuhi standar SNI, komposisi briket dengan kadar selulosa asetat yang lebih rendah (variasi A) lebih direkomendasikan dalam hal kadar air dibandingkan dengan variasi B dan C. Ada beberapa faktor yang menyebabkan tingginya dan rendahnya kadar air yang diperoleh pada briket arang, yaitu komposisi bahan selulosa asetat yang memiliki sifat dapat menyerap air dan durasi pengeringan briket yang lebih pendek, semakin tinggi kandungan selulosa asetat, semakin tinggi kadar air yang terkandung dalam briket tersebut.

3.2. Pengujian Nilai Kalor

Gambar 4 menunjukkan nilai kalor briket untuk tiga variasi komposisi, yaitu A (95% kulit kakao: 5% selulosa asetat), B (93% kulit kakao: 7% selulosa asetat), dan C (90% kulit kakao: 10% selulosa asetat). Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi A memiliki nilai kalor sebesar 4671,63 kal/g, variasi B sebesar 4589,93 kal/g, dan variasi C sebesar 4491,58 kal/g. Berdasarkan standar SNI 01-6235-2000, nilai kalor minimum yang disyaratkan untuk briket adalah 5000 kal/g, sedangkan dalam standar terbaru SNI 8675:2021, nilai kalor yang direkomendasikan adalah 6000–6500 kal/g. Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi briket yang diuji memiliki nilai kalor di bawah standar SNI, baik SNI 2000 maupun SNI 2021.

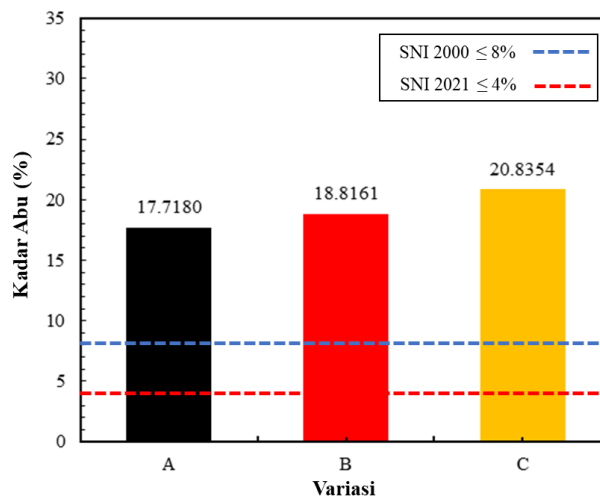


Gambar 4: Besarnya nilai kalor Briket

Penurunan nilai kalor seiring meningkatnya persentase selulosa asetat dalam campuran briket kemungkinan disebabkan oleh karakteristik bahan tersebut yang memiliki kandungan karbon lebih rendah dibandingkan arang kulit kakao. Dengan demikian, briket dengan komposisi selulosa asetat yang lebih tinggi (variasi B dan C) cenderung memiliki nilai kalor lebih rendah dibandingkan variasi A. Untuk meningkatkan nilai kalor agar memenuhi standar SNI, diperlukan optimasi dalam formulasi bahan, seperti penggunaan perekat dengan nilai kalor lebih tinggi atau penambahan material karbon yang lebih kaya energi, sesuai dengan penelitian (Lomunyak dkk., 2024).

3.3. Kadar Abu

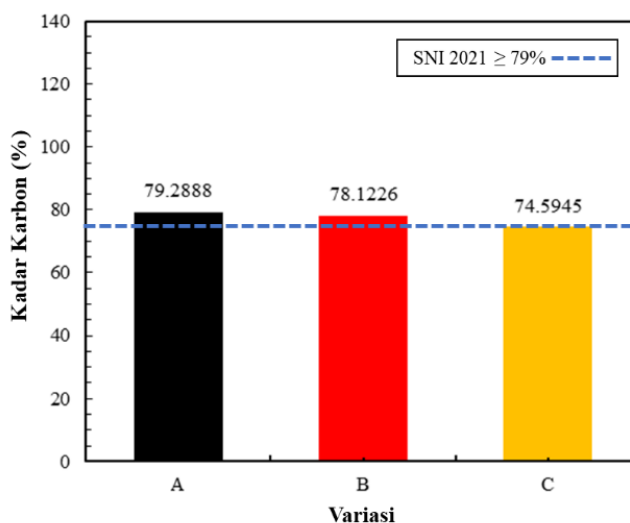
Pengujian kandungan abu dapat menentukan residu dari hasil pembakaran, seperti residu dari briket arang. Abu mengandung komponen seperti silikat yang dapat mempengaruhi nilai kalor dari briket arang. Data dari pengujian kandungan abu pada briket yang terbuat dari kulit kakao dengan penambahan serat asetat selulosa menggunakan berbagai komposisi. Pengujian dilakukan menggunakan *furnace*, dan hasil analisis ditampilkan dalam grafik di bawah ini. Gambar 5 menunjukkan kadar abu briket untuk tiga variasi komposisi, yaitu A (95% kulit kakao: 5% selulosa asetat), B (93% kulit kakao: 7% selulosa asetat), dan C (90% kulit kakao: 10% selulosa asetat). Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi A memiliki kadar abu sebesar 17,72%, variasi B sebesar 18,82%, dan variasi C sebesar 20,84%. Berdasarkan standar SNI 01-6235-2000, kadar abu maksimum yang diperbolehkan untuk briket adalah 8%, sedangkan dalam standar terbaru SNI 8675:2021, kadar abu yang direkomendasikan adalah $\leq 4\%$. Dari hasil pengujian, seluruh variasi briket memiliki kadar abu jauh di atas standar SNI, baik SNI 2000 maupun SNI 2021. Peningkatan kadar abu seiring bertambahnya persentase selulosa asetat dalam campuran briket menunjukkan bahwa bahan tersebut berkontribusi terhadap tingginya residu setelah pembakaran. Kandungan abu yang tinggi dapat berdampak negatif terhadap efisiensi pembakaran karena akan meninggalkan lebih banyak residu yang menghambat proses pembakaran selanjutnya. Untuk menurunkan kadar abu agar sesuai dengan standar SNI, perlu dilakukan optimasi formulasi bahan baku, seperti pemilihan material dengan kandungan abu lebih rendah atau pengolahan lebih lanjut pada bahan sebelum proses karbonisasi seperti penelitian yang dilakukan oleh (Kebede dkk., 2022).



Gambar 5: Persentase kadar abu briket

3.4. Kadar Karbon

Kadar karbon dalam briket merupakan salah satu parameter utama yang menentukan kualitas bahan bakar padat. Pada penelitian ini, variasi komposisi kulit kakao dan selulosa asetat memberikan hasil yang berbeda terhadap kadar karbon yang terbentuk. Gambar 6 menunjukkan kadar karbon briket untuk tiga variasi komposisi, yaitu A (95% kulit kakao: 5% selulosa asetat), B (93% kulit kakao: 7% selulosa asetat), dan C (90% kulit kakao: 10% selulosa asetat). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar karbon pada variasi A adalah 79,29%, variasi B 78,12%, dan variasi C 74,59%. Berdasarkan standar SNI 8675:2021, kadar karbon minimum yang disyaratkan untuk briket adalah $\geq 79\%$. Dari hasil pengujian, hanya briket dengan variasi A yang memenuhi standar SNI, sementara variasi B dan C memiliki kadar karbon yang lebih rendah dari batas minimum yang direkomendasikan.



Gambar 6: Persentase kadar karbon briket

Penurunan kadar karbon seiring bertambahnya kandungan selulosa asetat dalam komposisi briket dapat menunjukkan bahwa bahan tersebut tidak sepenuhnya terkarbonisasi atau memiliki kandungan karbon tetap yang lebih rendah dibandingkan dengan arang kulit kakao. Kadar karbon yang lebih rendah dapat berdampak pada efisiensi pembakaran, karena karbon merupakan komponen utama yang menentukan nilai kalor dan kualitas energi yang dihasilkan oleh briket. Untuk meningkatkan kadar karbon agar sesuai dengan standar,

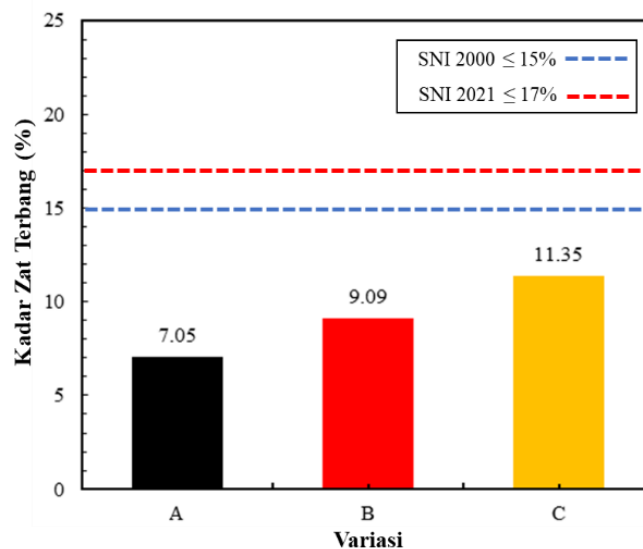
perlu dilakukan optimasi proses karbonisasi, seperti peningkatan suhu dan durasi karbonisasi, atau pengurangan persentase selulosa asetat dalam formulasi briket. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Saeed dkk., 2021), pengujian briket dengan komposisi bahan dipengaruhi oleh zat terbang dan kandungan abu, jika kandungan zat terbang rendah dan kandungan abu rendah, maka akan meningkatkan nilai kandungan karbon, dan sebaliknya, jika nilai zat terbang rendah, kandungan karbon akan lebih tinggi, selain itu kandungan karbon juga dipengaruhi oleh proses pengeringan. Semakin lama waktu pengeringan briket, maka kandungan air yang terdapat dalam briket akan menurun sehingga nilai kalor meningkat dan kandungan karbon juga meningkat, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Alabi dkk., 2023).

3.5. Kadar Zat Terbang

Zat terbang (*volatile matter*) dalam briket adalah komponen yang mudah menguap selama proses pembakaran, yang berkontribusi terhadap kemudahan penyalaan dan karakteristik pembakaran bahan bakar padat. Pada penelitian ini, sesuai dengan gambar 7, kadar zat terbang dalam briket dengan variasi A, B, dan C menunjukkan tren peningkatan seiring dengan bertambahnya komposisi selulosa asetat. Briket dengan variasi A (95% kulit kakao: 5% selulosa asetat) memiliki kadar zat terbang terendah, yaitu 7,05%, diikuti oleh variasi B (93% kulit kakao: 7% selulosa asetat) dengan 9,09%, dan variasi C (90% kulit kakao: 10% selulosa asetat) yang memiliki kadar zat terbang tertinggi, yakni 11,35%. Kenaikan kadar zat terbang ini dapat dikaitkan dengan kandungan selulosa asetat yang lebih tinggi, yang cenderung mengalami dekomposisi termal pada suhu rendah dan menghasilkan lebih banyak senyawa volatil selama pembakaran.

Jika dibandingkan dengan standar SNI 01-6235-2000, yang menetapkan batas kadar zat terbang maksimum 15%, serta SNI 8675:2021, yang menetapkan batas lebih tinggi yaitu 10-17%, semua variasi briket dalam penelitian ini masih berada dalam kisaran yang diperbolehkan. Kadar zat terbang yang lebih rendah pada variasi A menunjukkan potensi briket ini untuk memiliki stabilitas termal yang lebih baik dan menghasilkan residu karbon yang lebih tinggi setelah pembakaran. Meskipun zat terbang yang lebih tinggi dapat meningkatkan kemudahan penyalaan, kandungan yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan pembakaran yang lebih cepat dan tidak efisien, serta meningkatkan emisi gas yang mudah terbakar. Oleh karena itu, dalam formulasi briket, diperlukan keseimbangan antara kadar zat terbang dan karbon tetap agar menghasilkan bahan bakar dengan karakteristik pembakaran yang optimal.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar zat terbang dalam briket meliputi komposisi material yang digunakan. Salah satu faktor utama adalah keberadaan selulosa asetat dalam formulasi briket, yang tidak mengalami proses pirolisis (pemanggangan) sebelum pencetakan. Hal ini sesuai dengan temuan penelitian oleh (Afrah dkk., 2024), yang menyatakan bahwa kandungan zat terbang seperti CO, CO₂, H₂, dan H₂O yang dihasilkan selama pengujian akan lebih tinggi jika bahan perekat dan material penyusun belum mengalami dekomposisi termal sebelumnya. Dengan demikian, semakin tinggi kandungan selulosa asetat sebagai bahan perekat, semakin besar pula zat volatil yang terbentuk selama proses pembakaran.

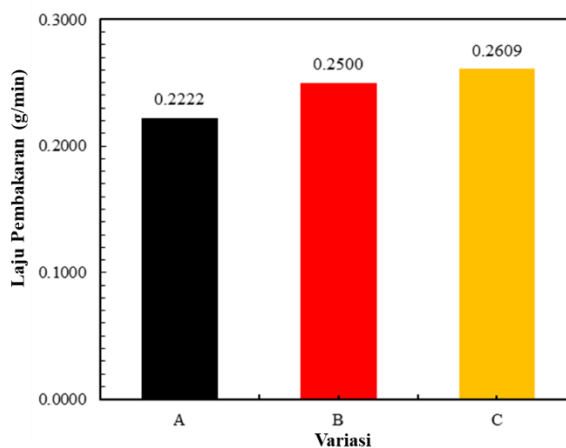


Gambar 7: Persentase kadar zat terbang

3.6. Laju Pembakaran

Gambar 8 menunjukkan laju pembakaran briket untuk tiga variasi komposisi bahan, yaitu A (95% kulit kakao : 5% selulosa asetat), B (93% kulit kakao : 7% selulosa asetat), dan C (90% kulit kakao : 10% selulosa asetat). Dari hasil pengujian, laju pembakaran mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kandungan selulosa asetat dalam briket. Briket A memiliki laju pembakaran 0,2222 g/s, sedangkan briket B menunjukkan peningkatan menjadi 0,2500 g/s, dan briket C memiliki laju pembakaran tertinggi, yaitu 0,2609 g/s. Peningkatan ini dapat dikaitkan dengan sifat selulosa asetat sebagai bahan yang lebih mudah terbakar dibandingkan kulit kakao yang bersifat lebih padat dan karbonisasi lebih tinggi.










Selain itu, laju pembakaran briket dipengaruhi oleh struktur porositas dan kadar zat terbang. Briket dengan kandungan selulosa asetat yang lebih tinggi cenderung memiliki porositas lebih besar, sehingga meningkatkan difusi oksigen selama pembakaran dan mempercepat reaksi oksidasi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Kuye & Kumar, 2023) yang menyebutkan bahwa peningkatan zat terbang dalam bahan bakar padat akan meningkatkan laju pembakaran akibat pelepasan gas yang lebih cepat selama proses pembakaran. Namun, laju pembakaran yang terlalu tinggi dapat menyebabkan efisiensi energi yang lebih rendah karena durasi pembakaran menjadi lebih singkat. Oleh karena itu, dalam pemanfaatannya sebagai bahan bakar alternatif, perlu dipertimbangkan keseimbangan antara laju pembakaran dan efisiensi energi agar briket dapat digunakan secara optimal.



Gambar 8: Persentase laju pembakaran briket

Berdasarkan grafik pada Gambar 8, nilai laju pembakaran tertinggi diperoleh pada variasi komposisi C, yaitu 0,26 g/menit, dengan durasi pembakaran 69 menit. Sementara itu, variasi A memiliki laju pembakaran terendah, yaitu 0,22 g/menit, dengan durasi pembakaran yang lebih lama, yakni 81 menit. Variasi B menunjukkan laju pembakaran sebesar 0,25 g/menit, yang lebih tinggi dibandingkan variasi A, dengan durasi pembakaran 72 menit. Perbedaan laju pembakaran ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan bahan volatil dalam briket, semakin cepat laju pembakarannya, tetapi dengan durasi pembakaran yang lebih pendek. Tabel 2 menyajikan dokumentasi visual proses pembakaran briket dari awal hingga akhir, yang memperlihatkan perubahan fisik briket selama proses pembakaran.

Tabel 2: Proses pembakaran briket

Variasi	Pembakaran Awal	Proses Pembakaran	Akhir Pembakaran	Laju Pembakaran (g/min)
A				0,22
B				0,25
C				0,26

3.7. Perbandingan Uji Briket SNI 2000 dan SNI 2021 dengan Briket Penulis

Berdasarkan tabel 3 perbandingan antara standar SNI dan hasil uji briket dengan variasi A, B, dan C, dapat dianalisis sejauh mana kualitas briket yang dihasilkan memenuhi atau mendekati standar yang telah ditetapkan.

Menurut SNI 01-6325-2000, nilai kalor minimum yang disyaratkan adalah 5000 kal/g, sedangkan dalam SNI 1683-2021, standar meningkat menjadi 6000–6500 kal/g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga variasi (A, B, dan C) memiliki nilai kalor yang lebih rendah dari standar, dengan nilai berkisar antara 4491,58 – 4671,63 kal/g. Ini menunjukkan bahwa briket hasil penelitian belum memenuhi standar SNI terbaru dan masih perlu dilakukan optimasi komposisi bahan baku untuk meningkatkan nilai kalor. SNI 01-6325-2000 menetapkan kadar abu maksimum 8%, sementara dalam SNI 1683-2021 batasnya diperketat menjadi 4%. Hasil penelitian menunjukkan kadar abu yang jauh lebih tinggi dari kedua standar tersebut, dengan nilai tertinggi pada variasi C (20,83%), diikuti oleh B (18,82%), dan yang terendah A (17,72%). Kadar abu yang tinggi ini dapat mengurangi efisiensi pembakaran karena residu yang tertinggal lebih banyak, sehingga perlu dilakukan optimasi terhadap komposisi bahan baku yang digunakan.

Tabel 3: Hasil Perbandingan Briket SNI-1683-2021 dengan Briket Buatan Penulis

Pengujian	SNI-01-6325-2000	SNI-1683- 2021	Variasi		
			A	B	C
Kadar Air (%)	≤ 8	≤ 8	7,00	8,65	9,22
Nilai Kalor (kal/g)	≥5000	≥ 6500	4671,63	4589,93	4491,58
Kadar Karbon (%)	-	≥ 79	79,28	78,12	74,59
Kadar Zat Terbang (%)	≤ 15	10-17	7,04	9,09	11,34
Kadar Abu (%)	≤ 8	≤ 4	17,71	18,81	20,83

Standar SNI 1683-2021 menetapkan kadar karbon minimal 79%. Dari hasil pengujian, hanya variasi A (79,29%) yang memenuhi standar, sedangkan variasi B (78,12%) dan C (74,59%) masih di bawah batas yang disyaratkan. Kadar karbon yang lebih tinggi berkontribusi pada efisiensi pembakaran dan lamanya waktu nyala briket, sehingga perlu ditingkatkan dalam variasi B dan C agar lebih sesuai dengan standar. SNI 01-6325-2000 menetapkan kadar zat terbang maksimum 15%, sedangkan SNI 1683-2021 meningkatkan batasnya menjadi 17%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh variasi (A, B, dan C) memiliki kadar zat terbang yang lebih rendah dari batas maksimum, yaitu 7,05% (A), 9,09% (B), dan 11,35% (C). Ini berarti briket yang dihasilkan memiliki kestabilan yang baik dalam pembakaran, dengan residu yang lebih sedikit dibandingkan batas maksimum standar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi C memiliki laju pembakaran tertinggi (0,26 g/menit), diikuti oleh B (0,25 g/menit), dan A (0,22 g/menit). Laju pembakaran yang lebih tinggi menunjukkan kecepatan konsumsi bahan bakar yang lebih cepat, yang sering dikaitkan dengan kadar zat terbang yang lebih tinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian pembuatan briket berbahan dasar kulit kakao yang dipadukan dengan selulosa asetat dengan variasi komposisi A, B, dan C, diperoleh beberapa kesimpulan terkait karakteristik pembakaran dan kualitas briket yang dihasilkan. Secara umum, setiap variasi memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing, terutama dalam hal nilai kalor, kadar karbon, kadar zat terbang, kadar abu, dan laju pembakaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi A memiliki kadar karbon tertinggi (79,29%) dibandingkan variasi B (78,12%) dan C (74,59%), sehingga lebih mendekati standar SNI 1683-2021 yang mensyaratkan kadar karbon minimal 79%. Namun, dalam aspek nilai kalor, semua variasi masih berada di bawah standar, dengan nilai tertinggi hanya mencapai 4671,63 kal/g, sedangkan SNI 1683-2021 menetapkan standar minimal 6000–6500 kal/g. Hal ini menunjukkan bahwa perlu dilakukan optimasi bahan baku atau proses produksi untuk meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan.

Dalam aspek kadar abu, semua variasi memiliki nilai yang jauh lebih tinggi dari standar, dengan variasi C mencapai 20,83%, variasi B sebesar 18,82%, dan variasi A sebesar 17,72%. Standar SNI 1683-2021 menetapkan kadar abu maksimal 4%, yang berarti briket yang dihasilkan masih memerlukan perbaikan dalam komposisi bahan baku untuk mengurangi residu setelah pembakaran. Sebaliknya, untuk kadar zat terbang, semua variasi telah memenuhi standar SNI dengan nilai di bawah batas maksimum 17%, di mana variasi A memiliki kadar zat terbang paling rendah (7,05%), diikuti oleh variasi B (9,09%) dan variasi C (11,35%). Laju pembakaran tertinggi terjadi pada variasi C dengan 0,26 g/menit, sedangkan variasi A memiliki laju pembakaran terendah sebesar 0,22 g/menit. Waktu pembakaran yang lebih lama pada variasi A (81 menit) menunjukkan efisiensi pembakaran yang lebih baik dibandingkan variasi lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa variasi A lebih stabil dalam proses pembakaran dan berpotensi sebagai bahan bakar alternatif dengan daya tahan lebih baik. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan kulit kakao dengan selulosa asetat sebagai bahan briket memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut, tetapi masih perlu dilakukan optimasi untuk memenuhi standar SNI, terutama dalam meningkatkan nilai kalor dan menurunkan kadar abu. Perbaikan dapat dilakukan dengan menyesuaikan komposisi bahan baku, teknik pemadatan, serta proses karbonisasi agar menghasilkan briket yang lebih berkualitas dan sesuai dengan standar nasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Laboratorium Institut Teknologi Sumatera atas fasilitas, bantuan teknis, serta dukungan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrah, B. D., Saputri, J. F. D., Putri, T. M. R., Komariah, L. N., & Riady, M. I. (2024). Improvement of Brown Coal Quality through Variation of Acacia Wood Waste Biochar Composition in Producing Alternative Solid Fuel. *Journal of Ecological Engineering*, 25(11), 188–199. <https://doi.org/10.12911/22998993/192672>
- Ahmadien, I. K., Alfian, D. G. C., Afisna, L. P., & Silitonga, D. J. (2024). The Effect of Variations in The Composition of Coffee Grounds and Coccopeat Powder on The Characteristics of Briquettes With Tapioca Flour as A Binder. *Jurnal Tekno Insentif*, 18(2), 130–142. <https://doi.org/10.36787/jti.v18i2.1714>
- Alabi, O., Adeyi, T., & Ekun, S. (2023). Analyzing Energy Performance and Assessing Dry Moisture Content of Briquettes through Numerical Investigations. *Engineering and Technology Journal*, 0(0), 1–10. <https://doi.org/10.30684/etj.2023.143782.1608>
- Alfian, D. G. C., Tambunan, M. J., Paundra, F., Silitonga, D. J., Putri, L. A., & Syaekani, M. (2023). The Effect of Pressure Variations on the Characteristics of Coconut Shell Based Briquettes Using Tapioca Starch Adhesive. *ROTASI*, 25(3), 23–32.
- Alfian, D., Saputra, K., Muhyi, A., & Silitonga, D. (2024). Analysis of Biomass Briquettes Made from Bagasse Using Tapioca Starch Adhesive with Drying Temperature Variations. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 19(1), 65–76. Diambil dari <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- Faizal, M., Rifky, A. D., & Sanjaya, I. (2018). Pembuatan briket dari campuran limbah plastik LDPE dan kulit buah kapuk sebagai energi alternatif. *Jurnal Teknik Kimia*, 24(1).
- Kebede, T., Berhe, D. T., & Zergaw, Y. (2022). Combustion Characteristics of Briquette Fuel Produced from Biomass Residues and Binding Materials. *Journal of Energy*, 2022, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2022/4222205>
- Kuye, A., & Kumar, P. (2023, Agustus 15). A review of the physicochemical characteristics of ultrafine particle emissions from domestic solid fuel combustion during cooking and heating. *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163747>
- Lomunyak, G., Osodo, B., Njoka, F., & Kombe, E. (2024). Characterization, optimization and emission analysis of manually-made charcoal dust briquettes with starch, paper and algae binders. *Heliyon*, 10(24). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40991>
- Mustafa, S., & Ibrahim, S. (2023). *Bioresources and Environment Thermal and Physical Properties of Briquette Fuels from Coconut Shells and Cocoa Shells. Bioresources and Environment* (Vol. 2023). Diambil dari www.bioenvuitm.com

- Narzary, A., Brahma, J., & Das, A. K. (2023). Utilization of waste rice straw for charcoal briquette production using three different binder. *Cleaner Energy Systems*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.cles.2023.100072>
- Nikiema, J., Asamoah, B., Egblewogbe, M. N. Y. H., Akomea-Agyin, J., Cofie, O. O., Hughes, A. F., ... Njenga, M. (2022). Impact of material composition and food waste decomposition on characteristics of fuel briquettes. *Resources, Conservation and Recycling Advances*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200095>
- Balai Informasi Standar Instrumen Pertanian. (2023, November 1). Kakao Indonesia: Produksi, Tantangan dan Peluang. Diambil 19 Februari 2025, dari <https://bisip.bsip.pertanian.go.id/berita/kakao-indonesia-produksi-tantangan-dan-peluang>
- Saeed, A. A. H., Harun, N. Y., Bilad, M. R., Afzal, M. T., Parvez, A. M., Roslan, F. A. S., ... Afolabi, H. K. (2021). Moisture content impact on properties of briquette produced from rice husk waste. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063069>
- World Population Review. (2024). Smoking Rates by Country 2024. Diambil 19 Februari 2025, dari <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/smoking-rates-by-country>