

**KARAKTERISTIK BRIKET DARI LIMBAH KULIT BIJI JAMBU METE
(*Anacardium occidentale*) DENGAN PEREKAT CASHEW NUT SHELL LIQUID
(CNSL)**

Muhamad Chalvin Pratama^{1(*)}, Abraham Rahman¹, Rahmanpiu¹
Universitas Halu Oleo^{1,2,3}
e-mail: muhamadchalvinp023@gmail.com

Diterima: 14/05/2026; Direvisi: 16/06/2026; Diterbitkan: 20/06/2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik briket arang dari limbah kulit biji jambu mete (*Anacardium occidentale*) dengan menggunakan perekat *Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL). Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan tiga variasi komposisi perekat, yaitu A (25 g arang : 15 mL CNSL), B (25 g arang : 20 mL CNSL), dan C (25 g arang : 25 mL CNSL), dengan masing-masing perlakuan dilakukan tiga kali ulangan. Kulit biji jambu mete dikarbonisasi melalui metode pirolisis, kemudian dicampur dengan perekat CNSL dan dicetak menjadi briket. Karakteristik yang diuji meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, nilai kalor, kerapatan, dan laju pembakaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah perekat CNSL meningkatkan kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan kerapatan briket, tetapi menurunkan kadar karbon terikat dan nilai kalor. Nilai kadar air berturut-turut sebesar 9,21%; 9,62%; dan 13,07%, kadar abu 4,31%; 6,40%; dan 7,23%, kadar zat terbang 15,36%–21,89%, serta kadar karbon terikat 70,71%–57,81%. Nilai kalor tertinggi diperoleh pada perlakuan A sebesar 5.928 kal/g. Berdasarkan keseluruhan parameter, perlakuan A menghasilkan karakteristik briket terbaik. CNSL berpotensi digunakan sebagai perekat briket biomassa, meskipun beberapa parameter, terutama kadar air, kadar zat terbang, dan nilai kalor pada beberapa perlakuan, belum sepenuhnya memenuhi standar SNI 01-6235-2000.

Kata Kunci: *Briket, Cashew Nut Shell Liquid (CNSL), Kulit Biji Jambu Mete, Biomassa, Energi Alternatif.*

ABSTRACT

This study aimed to analyze the characteristics of charcoal briquettes produced from cashew nut shell waste (*Anacardium occidentale*) using *Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL) as a binder. The research was conducted experimentally using three binder compositions: A (25 g charcoal : 15 mL CNSL), B (25 g charcoal : 20 mL CNSL), and C (25 g charcoal : 25 mL CNSL), with each treatment replicated three times. Cashew nut shells were carbonized through a pyrolysis process, mixed with CNSL binder, and molded into briquettes. The briquettes were characterized based on moisture content, ash content, volatile matter, fixed carbon, calorific value, density, and burning rate. The results showed that increasing the amount of CNSL binder increased moisture content, ash content, volatile matter, and density, while decreasing fixed carbon and calorific value. The moisture content values were 9.21%, 9.62%, and 13.07%, respectively; ash content was 4.31%, 6.40%, and 7.23%; volatile matter ranged from 15.36% to 21.89%; and fixed carbon decreased from 70.71% to 57.81%. The highest calorific value was obtained in treatment A, reaching 5,928 cal/g. Based on the overall parameters evaluated, treatment A produced the best briquette characteristics. The findings indicate that CNSL has potential as a binder for biomass briquettes; however, several parameters, particularly moisture



content, volatile matter, and calorific value in some treatments, did not fully comply with the requirements of SNI 01-6235-2000.

Keywords: *Briquette, Cashew Nut Shell Liquid (CNSL), Cashew Nut Shell, Biomass, Alternative Energy.*

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, industrialisasi, dan perkembangan teknologi menyebabkan konsumsi bahan bakar fosil semakin tinggi. Di sisi lain, cadangan energi fosil bersifat tidak terbarukan dan jumlahnya semakin menurun dari waktu ke waktu. Penggunaan bahan bakar fosil juga berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca dan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan sumber energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan menjadi salah satu upaya penting untuk mendukung ketahanan energi berkelanjutan. Dalam konteks ini, berbagai kajian menunjukkan bahwa transisi menuju energi berbasis biomassa menjadi bagian penting dari strategi keberlanjutan energi global karena sifatnya yang terbarukan dan lebih ramah lingkungan (Kumar et al., 2025). Selain itu, pemanfaatan sumber energi alternatif dari biomassa juga semakin mendapat perhatian dalam upaya mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil (Suryadri et al., 2021).

Biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif. Biomassa berasal dari bahan organik seperti limbah pertanian, perkebunan, dan kehutanan yang tersedia dalam jumlah melimpah. Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi tidak hanya dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, tetapi juga membantu mengurangi permasalahan limbah organik. Salah satu limbah biomassa yang berpotensi dimanfaatkan adalah limbah kulit biji jambu mete (*Anacardium occidentale*). Secara umum, biomassa memiliki karakteristik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi padat melalui proses densifikasi menjadi briket yang meningkatkan nilai guna limbah organik (Kaliyan & Morey, 2009). Selain itu, pemanfaatan biomassa seperti kulit biji jambu mete juga telah dilaporkan memiliki potensi ekonomi dan teknis yang baik sebagai bahan baku energi alternatif (Ifa et al., 2020).

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil jambu mete yang menghasilkan limbah kulit biji dalam jumlah besar setiap tahunnya. Namun, sebagian besar limbah tersebut masih belum dimanfaatkan secara optimal dan sering kali hanya dibuang atau dibakar secara langsung. Kondisi ini menimbulkan kesenjangan antara potensi limbah sebagai sumber energi alternatif dengan pemanfaatannya yang masih rendah. Padahal, kulit biji jambu mete mengandung lignoselulosa dan karbon yang cukup tinggi sehingga berpotensi dijadikan bahan baku pembuatan briket biomassa. Berbagai studi juga menegaskan bahwa limbah kulit biji jambu mete merupakan sumber daya biomassa yang melimpah dan memiliki potensi besar untuk dikonversi menjadi energi terbarukan yang bernilai tambah (Nyirenda et al., 2021).

Briket biomassa merupakan bahan bakar padat yang dihasilkan melalui proses karbonisasi, pencampuran bahan dengan perekat, pencetakan, dan pengeringan. Kualitas briket umumnya ditentukan oleh karakteristik bahan baku dan jenis perekat yang digunakan. Beberapa penelitian dalam lima tahun terakhir menunjukkan bahwa kulit biji jambu mete dapat menghasilkan briket dengan nilai kalor yang baik dan berpotensi digunakan sebagai sumber energi alternatif. Namun, sebagian besar penelitian masih menggunakan perekat konvensional seperti tepung tapioka dan tepung kanji yang memerlukan penambahan air sehingga dapat memengaruhi kualitas briket yang dihasilkan. Dalam proses densifikasi tersebut, faktor seperti



jenis perekat, tekanan pencetakan, dan karakteristik bahan baku sangat menentukan kualitas fisik dan ketahanan briket (Kaliyan & Morey, 2009). Selain itu, berbagai penelitian juga menekankan bahwa optimalisasi proses pembuatan briket dari limbah biomassa seperti kulit jambu mete dapat meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan (Ifa et al., 2020).

Salah satu alternatif perekat yang berpotensi digunakan adalah *Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL), yaitu cairan alami yang diperoleh dari kulit biji jambu mete. CNSL mengandung senyawa fenolik seperti kardanol, kardol, dan asam anakardat yang memiliki sifat perekat alami serta berpotensi meningkatkan nilai tambah limbah jambu mete. Penelitian yang dilakukan oleh Pathaveerat et al. (2024) menunjukkan bahwa limbah kulit biji jambu mete setelah ekstraksi CNSL masih berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku briket. Meskipun demikian, kajian mengenai penggunaan CNSL sebagai perekat pada pembuatan briket biomassa masih relatif terbatas sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kualitas briket. CNSL juga diketahui memiliki potensi luas dalam pengembangan material berbasis biomassa karena kandungan senyawa fenoliknya yang tinggi dan dapat dimodifikasi menjadi berbagai produk bernilai tambah (Furtado et al., 2024; Rojzman et al., 2024). Bahkan, perkembangan riset terkini menunjukkan bahwa CNSL telah banyak digunakan dalam pengembangan material fungsional seperti resin bio-based dan nanomaterial (Bloise et al., 2023).

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat kesenjangan penelitian terkait pemanfaatan CNSL sebagai perekat alami pada briket berbahan baku limbah kulit biji jambu mete. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada penggunaan kulit biji jambu mete sebagai bahan baku briket, sedangkan pemanfaatan CNSL sebagai perekat belum banyak dikaji. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan CNSL sebagai perekat sekaligus pemanfaatan limbah kulit biji jambu mete sebagai bahan baku utama briket. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik briket berdasarkan kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, nilai kalor, kerapatan, dan laju pembakaran guna mengetahui potensi CNSL sebagai perekat alternatif pada briket biomassa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada Oktober 2025 hingga April 2026 di Laboratorium Pendidikan Kimia FKIP dan Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Halu Oleo, Kendari. Bahan utama yang digunakan adalah limbah kulit biji jambu mete yang diperoleh dari Desa Lahontohe, Kecamatan Tongkuno, Kabupaten Muna, serta *Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL) sebagai perekat. Alat yang digunakan meliputi alat pirolisis, oven, tanur, cetakan briket, neraca analitik, desikator, *Differential Scanning Calorimetry* (DSC), dan peralatan gelas laboratorium. Seluruh proses penelitian dilakukan melalui tahapan persiapan bahan, karbonisasi, pencampuran dengan perekat, pencetakan, hingga pengujian karakteristik briket sesuai parameter yang ditentukan.

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan tiga variasi komposisi perekat CNSL, yaitu A (25 g arang : 15 mL CNSL), B (25 g arang : 20 mL CNSL), dan C (25 g arang : 25 mL CNSL). Kulit biji jambu mete dikarbonisasi menggunakan pirolisis pada suhu 200–400°C selama 2 jam, kemudian arang yang dihasilkan dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh. Serbuk arang dicampurkan dengan CNSL sesuai variasi perlakuan, lalu dicetak menjadi briket dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Briket yang dihasilkan kemudian diuji karakteristiknya meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon

terikat, nilai kalor, kerapatan, dan laju pembakaran untuk mengetahui pengaruh variasi perekat terhadap kualitas briket.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Briket kulit biji jambu mete dengan perekat *Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL) dianalisis berdasarkan beberapa parameter karakteristik untuk mengetahui kualitasnya sebagai bahan bakar alternatif. Parameter yang diuji meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, nilai kalor, kerapatan, dan laju pembakaran. Pengujian ini dilakukan pada tiga variasi komposisi perekat yaitu perlakuan A, B, dan C. Hasil keseluruhan pengujian tersebut disajikan secara ringkas pada Tabel 1 sebagai dasar analisis pengaruh variasi perekat terhadap kualitas briket yang dihasilkan.

Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Briket Kulit Biji Jambu Mete

Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Terbang (%)	Kadar Karbon Terikat (%)	Nilai Kalor (kal/g)	Kerapatan (g/cm ³)	Laju Pembakaran (g/menit)
A (25:15)	9,21	4,31	15,36	70,71	5.928	0,85	0,85
B (25:20)	9,62	6,40	17,32	67,19	4.089	0,92	0,92
C (25:25)	13,07	7,23	21,89	57,81	-	0,94	0,94

Berdasarkan data pada Tabel 1, terlihat bahwa setiap variasi komposisi perekat CNSL memberikan pengaruh yang berbeda terhadap karakteristik briket kulit biji jambu mete. Perlakuan A menunjukkan hasil yang relatif lebih baik dibandingkan perlakuan B dan C pada beberapa parameter penting seperti kadar air, kadar karbon terikat, dan nilai kalor. Sementara itu, peningkatan jumlah perekat pada perlakuan B dan C cenderung meningkatkan kadar air, kadar abu, serta kadar zat terbang, namun menurunkan kualitas energi briket. Secara umum, data tersebut menunjukkan bahwa variasi komposisi perekat sangat memengaruhi kualitas fisik, kimia, dan performa pembakaran briket yang dihasilkan.

Selain itu, pola perubahan yang terjadi antarperlakuan menunjukkan adanya hubungan yang konsisten antara peningkatan konsentrasi CNSL dengan perubahan sifat proksimat dan sifat fisis briket. Hal ini mengindikasikan bahwa perekat tidak hanya berfungsi sebagai pengikat, tetapi juga sebagai komponen aktif yang turut memengaruhi karakteristik termal serta struktur material briket. Perbedaan nilai antarperlakuan juga menunjukkan adanya kecenderungan trade-off antara peningkatan sifat mekanik, seperti kerapatan, dengan penurunan kualitas energi, seperti nilai kalor dan karbon terikat. Kondisi tersebut umum ditemukan pada sistem briket berbasis biomassa, sehingga hasil ini menegaskan bahwa optimasi komposisi perekat menjadi faktor kunci dalam menentukan keseimbangan antara kekuatan fisik dan efisiensi energi briket.

Pembahasan

Secara umum, pembahasan hasil penelitian ini difokuskan pada keterkaitan antara variasi konsentrasi perekat CNSL dengan perubahan karakteristik fisik, kimia, dan performa pembakaran briket kulit biji jambu mete. Analisis dilakukan berdasarkan parameter proksimat

dan sifat fisis yang saling berhubungan dalam menentukan kualitas briket sebagai bahan bakar padat. Pendekatan ini penting untuk memahami mekanisme pengaruh perekat tidak hanya secara individual pada tiap parameter, tetapi juga secara keseluruhan dalam membentuk kualitas energi briket. Dengan demikian, pembahasan ini diarahkan untuk mengidentifikasi kecenderungan utama serta hubungan antarparameter yang muncul akibat variasi perlakuan. Dalam konteks pengembangan material berbasis biomassa, pendekatan integratif seperti ini juga banyak digunakan untuk mengevaluasi sistem perekat berbasis resin alami dan limbah lignoselulosa yang berorientasi pada keberlanjutan material energi (de Paiva et al., 2024). Selain itu, hasil penelitian pada biobriket berbasis biomassa menunjukkan bahwa variasi jenis dan konsentrasi perekat dapat memengaruhi tidak hanya kekuatan mekanik, tetapi juga sifat pembakaran dan nilai kalor, sehingga pemilihan binder menjadi faktor penting dalam optimasi kualitas briket (Sitoresmi, 2025).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan perekat *Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL) memengaruhi seluruh karakteristik briket kulit biji jambu mete, baik sifat fisik maupun kimia. Perubahan tersebut terjadi karena CNSL tidak hanya berfungsi sebagai pengikat, tetapi juga membawa komponen organik seperti fenolik yang ikut memengaruhi proses karbonisasi dan kualitas pembakaran briket. Secara umum, peningkatan kadar perekat cenderung memperbaiki kerapatan briket, tetapi menurunkan kualitas energi akibat meningkatnya komponen non-karbon. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa jenis dan komposisi perekat biomassa berpengaruh signifikan terhadap densitas, kekuatan mekanik, kadar air, serta nilai kalor briket sehingga diperlukan keseimbangan antara kekuatan struktur dan kualitas termal bahan bakar (Anis et al., 2024; Rindayatno et al., 2024). Secara teoritis, kualitas briket sangat dipengaruhi oleh karakteristik densifikasi biomassa yang mencakup kekuatan mekanik, porositas, dan distribusi partikel yang menentukan performa pembakaran (Kaliyan & Morey, 2009). Selain itu, sifat proksimat seperti kadar air, abu, zat terbang, dan karbon terikat juga menjadi indikator utama dalam menentukan kualitas energi briket biomassa (Ifa et al., 2020).

a. Kadar Air

Kadar air meningkat seiring bertambahnya CNSL, yaitu 9,21% (A), 9,62% (B), dan 13,07% (C). Peningkatan ini dipengaruhi oleh sifat higroskopis arang serta kemampuan senyawa organik CNSL dalam mempertahankan kelembapan pada struktur pori briket. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin tinggi perekat, semakin besar kemungkinan terbentuknya ikatan air dalam matriks briket. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi perekat dapat meningkatkan kadar air briket karena kemampuan bahan perekat dalam menahan dan mengikat air pada struktur biomassa (Idris et al., 2021). Kadar air yang tinggi berdampak negatif terhadap efisiensi pembakaran karena membutuhkan energi tambahan untuk penguapan air sebelum pembakaran optimal terjadi. Fenomena ini juga berkaitan dengan karakteristik umum biomassa yang menunjukkan bahwa kadar air berpengaruh langsung terhadap nilai kalor dan efisiensi pembakaran bahan bakar padat (Ifa et al., 2020).

Selain itu, peningkatan kadar air pada briket juga menunjukkan adanya pengaruh interaksi antara sifat higroskopis bahan arang dan karakter kimia CNSL sebagai perekat organik. Struktur pori briket yang lebih tertutup akibat penambahan perekat diduga turut memerangkap uap air di dalam matriks material. Kondisi ini menyebabkan proses pengeringan menjadi kurang optimal pada saat preparasi briket. Oleh karena itu, pengendalian kadar perekat



menjadi faktor penting untuk menekan peningkatan kadar air agar efisiensi pembakaran tetap terjaga.

b. Kadar Abu

Kadar abu meningkat dari 4,31% (A), 6,40% (B), hingga 7,23% (C). Hal ini disebabkan oleh adanya fraksi anorganik dalam CNSL serta residu karbonisasi yang tidak terbakar sempurna. Semakin banyak perekat yang ditambahkan, semakin tinggi akumulasi material anorganik yang tersisa setelah pembakaran. Hasil ini sejalan dengan penelitian Muhammad (2025) yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi perekat berpengaruh terhadap karakteristik fisikokimia biobriket, termasuk kecenderungan meningkatnya kadar abu akibat bertambahnya residu padat yang tertinggal setelah proses pembakaran. Meskipun masih memenuhi standar SNI, peningkatan kadar abu tetap menurunkan efisiensi panas karena menghambat proses oksidasi bahan bakar. Secara umum, kadar abu yang tinggi juga berkorelasi dengan penurunan kualitas pembakaran karena mengurangi fraksi bahan bakar aktif dalam biomassa (Ifa et al., 2020).

Peningkatan kadar abu juga dapat dikaitkan dengan akumulasi komponen residu yang berasal dari proses karbonisasi bahan baku dan kontribusi unsur anorganik dalam CNSL. Seiring bertambahnya konsentrasi perekat, jumlah material yang tidak terbakar sempurna juga cenderung meningkat. Hal ini menyebabkan fraksi residu padat menjadi lebih besar setelah proses pembakaran selesai. Dengan demikian, pengaturan komposisi bahan baku menjadi penting untuk meminimalkan residu abu yang terbentuk.

c. Kadar Zat Terbang

Kadar zat terbang mengalami kenaikan dari 15,36% (A) menjadi 21,89% (C). Peningkatan ini berkaitan dengan kandungan senyawa volatil dalam CNSL seperti fenol dan turunan aromatik yang mudah menguap saat pemanasan. Secara teoritis, semakin tinggi zat volatil maka semakin cepat briket menyala, tetapi menghasilkan pembakaran yang kurang stabil. Temuan ini sejalan dengan Bhatia et al. (2024) yang menjelaskan bahwa CNSL mengandung berbagai senyawa fenolik dan fraksi cardanol yang mudah mengalami degradasi termal sehingga berpotensi meningkatkan kandungan zat terbang pada material berbasis biomassa. Oleh karena itu, perlakuan A lebih mendekati kondisi ideal karena memiliki kandungan zat terbang yang lebih rendah. Selain itu, perilaku volatil biomassa juga berpengaruh terhadap karakteristik pembakaran seperti kecepatan nyala dan stabilitas api selama proses pembakaran (Suryadri et al., 2021).

Kenaikan kadar zat terbang juga mengindikasikan bahwa penambahan CNSL meningkatkan kontribusi senyawa organik yang mudah menguap selama pemanasan. Senyawa volatil ini berperan dalam fase awal pembakaran yang ditandai dengan proses devolatilisasi yang lebih cepat. Namun, peningkatan yang terlalu tinggi dapat mengurangi kestabilan nyala api karena pembakaran berlangsung lebih cepat dan tidak merata. Oleh sebab itu, diperlukan keseimbangan antara kemudahan penyalaan dan kestabilan pembakaran.

d. Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat menurun dari 70,71% (A) menjadi 57,81% (C). Penurunan ini terjadi karena peningkatan kadar air, abu, dan zat terbang yang secara langsung mengurangi fraksi karbon tetap dalam briket. Secara teori, karbon terikat merupakan indikator utama kualitas energi karena berkorelasi langsung dengan nilai kalor. Temuan ini sejalan dengan



Toscano et al. (2023) yang menjelaskan bahwa peningkatan kadar air, abu, dan zat terbang akan menurunkan proporsi karbon terikat sehingga berpengaruh terhadap kualitas bahan bakar padat biomassa. Dengan demikian, perlakuan A memiliki kualitas energi terbaik dibanding perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa struktur material biomassa yang lebih stabil cenderung memiliki kandungan karbon tetap yang lebih tinggi dan kualitas energi yang lebih baik (Kaliyan & Morey, 2009).

Penurunan kadar karbon terikat juga menunjukkan bahwa sebagian fraksi karbon dalam briket terkonversi menjadi komponen volatil atau residu abu selama proses karbonisasi dan pembakaran. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan perekat dapat memengaruhi distribusi unsur karbon dalam struktur briket. Selain itu, perubahan ini berdampak langsung pada potensi energi yang dapat dihasilkan oleh briket. Dengan demikian, pengendalian komposisi bahan baku menjadi kunci untuk mempertahankan kandungan karbon tetap yang tinggi.

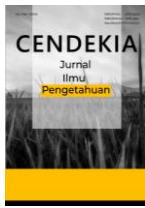
e. Nilai Kalor

Nilai kalor tertinggi diperoleh pada perlakuan A (5.928 kal/g), sedangkan perlakuan B menurun menjadi 4.089 kal/g dan perlakuan C tidak memenuhi pengukuran optimal. Penurunan ini disebabkan oleh meningkatnya kadar air dan zat volatil yang mengurangi efisiensi konversi energi panas. Secara teoritis, nilai kalor sangat dipengaruhi oleh kandungan karbon tetap dalam bahan bakar. Temuan ini sejalan dengan Sarker et al. (2023) yang menjelaskan bahwa peningkatan kadar air dan komponen volatil dapat menurunkan nilai kalor biomassa, sedangkan kandungan karbon terikat yang lebih tinggi berkontribusi terhadap peningkatan energi pembakaran. Dengan demikian, perlakuan A merupakan kondisi paling optimal dalam menghasilkan energi panas. Dalam kajian biobriket modern, kestabilan nilai kalor juga sangat ditentukan oleh keseimbangan struktur kimia bahan baku dan jenis perekat yang digunakan dalam sistem densifikasi biomassa (Nasir et al., 2026).

Selain itu, studi terhadap briket biomassa juga menunjukkan bahwa kualitas energi sangat dipengaruhi oleh keseimbangan antara komponen proksimat dalam bahan baku (Ifa et al., 2020). Perubahan nilai kalor juga mencerminkan keterkaitan langsung antara komposisi kimia briket dengan efisiensi energi yang dihasilkan. Briket dengan kandungan air dan zat volatil yang lebih tinggi cenderung memiliki energi bersih yang lebih rendah karena sebagian energi digunakan untuk proses penguapan dan devolatilisasi. Selain itu, variasi struktur karbon dalam briket turut memengaruhi kemampuan material dalam menyimpan dan melepaskan energi panas. Oleh karena itu, optimasi komposisi sangat penting untuk memperoleh nilai kalor yang maksimal.

f. Kerapatan

Kerapatan meningkat dari 0,85 g/cm³ (A) hingga 0,94 g/cm³ (C). Hal ini menunjukkan bahwa CNSL efektif sebagai perekat dalam memperkuat ikatan antarpartikel arang. Peningkatan kerapatan juga berdampak pada kekuatan mekanik briket, namun dapat menghambat difusi oksigen saat pembakaran. Temuan ini sejalan dengan penelitian Chungcharoen dan Srisang (2020) yang melaporkan bahwa briket dengan struktur lebih padat memiliki stabilitas fisik yang lebih baik, tetapi cenderung mengalami penurunan laju pembakaran karena berkurangnya porositas dan aliran udara di dalam briket. Oleh karena itu, terdapat *trade-off* antara kekuatan fisik dan efisiensi pembakaran. Fenomena ini juga sesuai dengan konsep densifikasi biomassa yang menyatakan bahwa peningkatan densitas akan



meningkatkan kekuatan mekanik tetapi menurunkan porositas bahan bakar (Kaliyan & Morey, 2009).

Peningkatan kerapatan juga menunjukkan bahwa CNSL mampu mengisi ruang antarpartikel arang sehingga menghasilkan struktur briket yang lebih kompak. Hal ini meningkatkan kontak antarpartikel sehingga memperkuat ikatan mekanik dalam material. Namun, struktur yang terlalu padat dapat mengurangi ruang pori yang diperlukan untuk aliran udara selama pembakaran. Dengan demikian, pengaturan tingkat densifikasi menjadi penting untuk menjaga keseimbangan antara kekuatan dan performa pembakaran.

g. Laju Pembakaran

Laju pembakaran meningkat dari 0,85 g/menit (A) menjadi 0,94 g/menit (C). Hal ini dipengaruhi oleh meningkatnya zat terbang yang mempercepat proses penyalaan dan konsumsi massa briket. Secara teori, briket dengan laju pembakaran rendah lebih efisien karena mampu mempertahankan panas lebih lama. Temuan ini sejalan dengan Ifa et al. (2020) yang menunjukkan bahwa karakteristik proksimat biomassa, terutama kandungan zat terbang dan karbon terikat, berpengaruh terhadap perilaku pembakaran dan pemanfaatan energi briket. Dengan demikian, perlakuan A memberikan karakteristik pembakaran paling stabil. Selain itu, sifat pembakaran biomassa juga dipengaruhi oleh komposisi kimia dan struktur material yang menentukan kecepatan reaksi termal selama proses pembakaran (Suryadri et al., 2021).

Selain dipengaruhi oleh kadar zat terbang, laju pembakaran juga berkaitan dengan struktur pori dan tingkat kerapatan briket. Briket yang lebih padat cenderung memiliki distribusi oksigen yang lebih terbatas di dalam struktur material. Kondisi ini dapat memengaruhi kecepatan reaksi pembakaran secara keseluruhan. Oleh karena itu, laju pembakaran tidak hanya ditentukan oleh komposisi kimia, tetapi juga oleh sifat fisik briket yang terbentuk.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan CNSL sebagai perekat memberikan pengaruh signifikan terhadap karakteristik fisik, kimia, dan performa pembakaran briket kulit biji jambu mete. CNSL tidak hanya berperan sebagai pengikat, tetapi juga sebagai komponen aktif yang memengaruhi dinamika termal dan struktur material briket. Perubahan konsentrasi perekat terbukti memengaruhi berbagai parameter seperti kerapatan, kadar air, abu, zat terbang, karbon terikat, dan nilai kalor. Hubungan antarparameter tersebut menunjukkan adanya interaksi kompleks yang menentukan kualitas akhir briket berbasis biomassa.

Temuan penelitian ini juga mengindikasikan adanya trade-off antara peningkatan kekuatan fisik dan penurunan efisiensi energi seiring bertambahnya konsentrasi CNSL. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kualitas briket tidak dapat dinilai hanya dari satu parameter, tetapi harus mempertimbangkan keseimbangan seluruh sifat yang ada. Oleh karena itu, diperlukan optimasi komposisi perekat dan kondisi proses untuk menghasilkan briket dengan karakteristik yang lebih seimbang. Hasil ini memperkuat potensi CNSL sebagai perekat alternatif yang menjanjikan dalam pengembangan energi biomassa yang berkelanjutan.

KESIMPULAN

Briket dari limbah kulit biji jambu mete dengan perekat Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) menunjukkan bahwa variasi jumlah perekat berpengaruh terhadap seluruh karakteristik briket yang dihasilkan. Secara umum, peningkatan perekat CNSL cenderung meningkatkan kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan kerapatan, namun menurunkan kadar karbon terikat



serta nilai kalor. Temuan ini menunjukkan adanya trade-off antara peningkatan sifat fisik (kekompakan briket) dan penurunan kualitas energi pembakaran. Perubahan tersebut mengindikasikan bahwa komposisi perekat memiliki peran penting dalam menentukan keseimbangan antara sifat mekanik dan sifat termal briket. Selain itu, variasi formulasi juga menunjukkan bahwa setiap penambahan CNSL memberikan respon yang berbeda terhadap struktur internal briket. Berdasarkan seluruh parameter yang diuji, perlakuan A (25 g : 15 mL) merupakan kondisi paling optimal karena menghasilkan nilai kalor tertinggi sebesar 5.928 kal/g dan kadar karbon terikat sebesar 70,71%, sehingga paling mendekati karakteristik briket yang diharapkan.

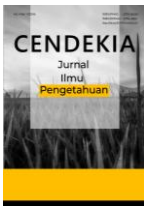
Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa CNSL berpotensi digunakan sebagai perekat alami alternatif dalam pembuatan briket biomassa, terutama karena mampu meningkatkan kekuatan fisik briket tanpa proses tambahan bahan kimia sintetis. Namun demikian, masih terdapat beberapa parameter yang belum memenuhi standar SNI 01-6235-2000, terutama kadar air, kadar zat terbang, dan kadar karbon terikat. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun CNSL memiliki potensi yang baik sebagai bahan perekat, masih diperlukan pengendalian proses untuk mendapatkan kualitas briket yang optimal. Selain itu, variasi hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa parameter proses seperti komposisi perekat dan kondisi karbonisasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap mutu akhir briket. Oleh karena itu, penelitian ini berimplikasi pada pentingnya optimasi komposisi perekat serta kondisi karbonisasi untuk meningkatkan kualitas briket secara menyeluruh. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji modifikasi proses pirolisis, kombinasi CNSL dengan perekat lain, serta uji performa pembakaran skala aplikasi agar diperoleh formulasi briket yang lebih efisien dan memenuhi standar mutu nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Anis, S., Fitriyana, D. F., Bahatmaka, A., Anwar, M. C., Ramadhan, A. Z., Anam, F. C., Permana, R. A., Hakim, A. J., Guterres, N. F. D. S., & Da Silva, M. D. S. (2024). Effect of adhesive type on the quality of coconut shell charcoal briquettes prepared by the screw extruder machine. *Journal of Renewable Materials*, 12(2), 381–396. <https://doi.org/10.32604/jrm.2023.047128>
- Bhatia, B., Amarnath, N., Rastogi, S. K., & Lochab, B. (2024). Isolation of cardanol fractions from cashew nutshell liquid (cnsl): a sustainable approach. *Sustainable Chemistry*, 5(2), 68-80. <https://doi.org/10.3390/suschem5020006>
- Bloise, E., Lazzoi, M. R., Mergola, L., Del Sole, R., & Mele, G. (2023). Advances in nanomaterials based on cashew nut shell liquid. *Nanomaterials*, 13(17), 2486. <https://doi.org/10.3390/nano13172486>
- 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>
- de Paiva, E. M., Mattos, A. L. A., da Silva, G. S., Canuto, K. M., Leitão, R. C., Alves, J. L. F., & de Brito, E. S. (2024). Valorizing cashew nutshell residue for sustainable lignocellulosic panels using a bio-based phenolic resin as a circular economy solution. *Industrial Crops and Products*, 212, 118379. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118379>
- Furtado, L. B., Nascimento, R. C., Henrique, F. J., Rocha, J. C., Ponciano, J. A. C., & Guimaraes, M. J. O. (2024). Cashew nut shell liquid (CNSL) residue as a greener



- corrosion inhibitor: experimental and DFT studies of intensifier effect. *Journal of Molecular Liquids*, 406, 125132. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2024.125132>
- Idris, S. S., Zailan, M. I., Azron, N., & Rahman, N. A. (2021). Sustainable Green Charcoal Briquette from Food Waste via Microwave Pyrolysis Technique: Influence of Type and Concentration of Binders on Chemical and Physical Characteristics. *International Journal of Renewable Energy Development*, 10(3). <https://doi.org/10.14710/ijred.2021.33101>
- Ifa, L., Yani, S., Nurjannah, N., Darnengsih, D., Rusnaenah, A., Mel, M., ... & Kusuma, H. S. (2020). Techno-economic analysis of bio-briquette from cashew nut shell waste. *Heliyon*, 6(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05009>
- Kaliyan, N., & Morey, R. V. (2009). Factors affecting strength and durability of densified biomass products. *Biomass and bioenergy*, 33(3), 337-359. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.08.005>
- Kumar, A., Singh, R. J., Roy, T., Singh, R., Babu, S., & Kumar, G. (2025). Biomass Recycling for Soil and Environmental Sustainability in the Indian Himalayas. In *Ecological Solutions to Agricultural Land Degradation* (pp. 203-234). Singapore: Springer Nature Singapore. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-96-3392-0_8
- Muhammad, H. M. (2025). *Pengaruh konsentrasi perekat tepung beras ketan terhadap karakteristik fisikokimia biobriket cangkang biji karet* (Skripsi sarjana, Universitas Lampung). <https://digilib.unila.ac.id/92616/>
- Nasir, A. H. M. P., Norizan, M. N., Saharudin, N. I., & Mansur, S. (2026). Sustainable Plant-Based Starch as Binder in Biocomposites: Extraction, Modification, and Their Calorific Behaviour. *Journal of Renewable Materials*, 14(5). <https://doi.org/10.32604/jrm.2025.02025-0156>
- Nyirenda, J., Zombe, K., Kalaba, G., Siabbamba, C., & Mukela, I. (2021). Exhaustive valorization of cashew nut shell waste as a potential bioresource material. *Scientific Reports*, 11(1), 11986. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91571-y>
- Pathaveerat, S., Pruengam, P., & Lekrungronggid, N. (2024). The potential of cashew nut shell waste in charcoal briquettes after producing cashew nut shell liquid through cold extraction. *Results in Engineering*, 23, 102579. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102579>
- Rindayatno, Rosdiana, & Hutomo, A. P. (2024). The effect of adhesive ratio on the quality of charcoal briquettes. *International Journal of Scientific Multidisciplinary Research*, 2(10), 1453–1462. <https://doi.org/10.55927/ijsmr.v2i10.11987>
- Rojtman, E., Denis, M., Sirvent, C., Lapinte, V., Caillol, S., & Briou, B. (2024). Polyols from cashew nut shell liquid (CNSL): corner-stone building blocks for cutting-edge bio-based additives and polymers. *Polymer Chemistry*, 15(43), 4375-4415. <https://doi.org/10.1039/D4PY00851K>
- Sarker, T. R., Nanda, S., Meda, V., & Dalai, A. K. (2023). Densification of waste biomass for manufacturing solid biofuel pellets: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(1), 231-264. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01510-0>
- Sitoesmi, V. I. (2025). *Uji kualitas formulasi biobriket tempurung siwalan (Borassus flabellifer L) dengan variasi perekat tepung tapioka dan tetes tebu*. Laporan Penelitian/Skripsi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro. <https://lib.undip.ac.id/repository/ba87ea95a054133452c6dcdf5c7419fd.pdf>



- Suryadri, H., Nazarudin, N., & Sumantri, S. (2021). Potensi Tkks Sebagai Bahan Baku Bioetanol Dan Dimetil Eter Melalui Proses Gasifikasi. *Perspektif: Review Penelitian Tanaman Industri*. <https://repository.unja.ac.id/36290/1/Perspektif.pdf>
- Toscano, G., De Francesco, C., Gasperini, T., Fabrizi, S., Duca, D., & Ilari, A. (2023). Quality Assessment and Classification of Feedstock for Bioenergy Applications Considering ISO 17225 Standard on Solid Biofuels. *Resources*, 12(6), 69. <https://doi.org/10.3390/resources12060069>