

STUDI KARAKTERISTIK BRIKET CAMPURAN CANGKANG METE DAN KEMIRI TERHADAP TEMPERATUR DAN LAJU PEMBAKARAN

Zuhdan Nandirullah

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: zuhdan.22102@mhs.unesa.ac.id

Handini Novita Sari

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: handinisari@unesa.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan limbah biomassa sebagai sumber energi alternatif terus dikembangkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus meningkatkan nilai tambah limbah pertanian. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik pembakaran briket berbahan campuran cangkang kacang mete (*Anacardium occidentale*) dan cangkang kemiri (*Aleurites moluccana* (L.) Willd.) menggunakan perekat getah karet dengan fokus pada temperatur pembakaran dan laju pembakaran. Briket dibuat melalui proses karbonisasi pada suhu 600°C selama 2 jam, diayak menggunakan saringan 80 mesh, dicampur perekat getah karet sebanyak 2%, kemudian dipres dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 5 jam. Variasi komposisi yang digunakan meliputi M1K0, M3K1, M1K1, M1K3, dan M0K1. Temperatur pembakaran diukur menggunakan termokopel tipe-K setiap tiga menit hingga pembakaran berakhir, sedangkan laju pembakaran dihitung berdasarkan penurunan massa terhadap waktu pembakaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi M1K1 menghasilkan performa pembakaran terbaik dengan temperatur maksimum sebesar 305,6°C dan durasi pembakaran paling lama yaitu sekitar 145 menit, sedangkan variasi M1K0 memiliki laju pembakaran tertinggi sebesar $6,3 \times 10^{-2}$ g/menit sehingga pembakaran berlangsung lebih cepat. Sebaliknya, variasi M1K1 menunjukkan laju pembakaran paling rendah yaitu $5,7 \times 10^{-2}$ g/menit sehingga mampu mempertahankan pembakaran lebih stabil. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keseimbangan komposisi cangkang mete dan cangkang kemiri mampu meningkatkan kestabilan temperatur sekaligus memperpanjang waktu pembakaran sehingga berpotensi menghasilkan briket biomassa dengan karakteristik pembakaran yang lebih baik.

Kata kunci: briket biomassa, cangkang mete, cangkang kemiri, temperatur pembakaran, laju pembakaran.

Abstract

The utilization of biomass waste as an alternative energy source has attracted increasing attention due to its potential to reduce dependence on fossil fuels while enhancing the economic value of agricultural residues. This study aims to analyze the combustion characteristics of biomass briquettes produced from a mixture of cashew nut shell (*Anacardium occidentale*) and candlenut shell (*Aleurites moluccana* (L.) Willd.) using natural rubber latex as a binder, focusing on combustion temperature and burning rate. The briquettes were produced through carbonization at 600°C for 2 hours, ground and sieved to 80 mesh, mixed with 2% natural rubber latex, pressed, and dried at 105°C for 5 hours. Five composition variations were investigated, namely M1K0, M3K1, M1K1, M1K3, and M0K1. Combustion temperature was measured using a K-type thermocouple every three minutes until combustion ended, while the burning rate was determined from mass loss over combustion time. The results indicated that the M1K1 composition exhibited the best combustion performance, achieving the highest combustion temperature of 305.6°C and the longest combustion duration of approximately 145 minutes. Meanwhile, the M1K0 composition showed the highest burning rate of $6,3 \times 10^{-2}$ g/min, resulting in faster fuel consumption. Conversely, the M1K1 composition produced the lowest burning rate of $5,7 \times 10^{-2}$ g/min, indicating more stable combustion. These findings demonstrate that a balanced composition of cashew shell and candlenut shell improves combustion stability and prolongs burning duration, making it a promising biomass briquette for renewable energy applications.

Keywords: biomass briquette, cashew nut shell, candlenut shell, combustion temperature, burning rate.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, perkembangan sektor industri, dan meningkatnya aktivitas ekonomi. Hingga saat ini, kebutuhan energi di Indonesia masih didominasi oleh bahan bakar fosil, seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Ketergantungan terhadap energi fosil menyebabkan cadangan sumber daya tersebut semakin menurun serta meningkatkan emisi gas rumah kaca yang berdampak terhadap perubahan iklim. Oleh

karena itu, pengembangan sumber energi terbarukan yang berasal dari biomassa menjadi salah satu alternatif untuk mendukung ketahanan energi sekaligus mengurangi dampak lingkungan akibat penggunaan bahan bakar fosil (Dell'Aversano dkk., 2024).

Biomassa merupakan bahan organik yang berasal dari limbah pertanian, perkebunan, kehutanan, maupun industri pengolahan hasil pertanian yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Salah satu bentuk pemanfaatan biomassa adalah melalui pembuatan briket bioarang. Dibandingkan biomassa dalam bentuk aslinya,

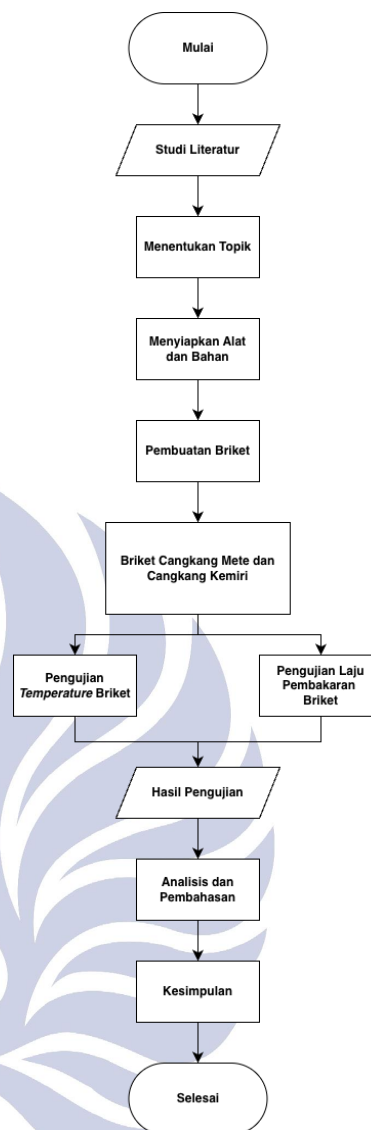
briket memiliki densitas energi yang lebih tinggi, lebih mudah disimpan dan didistribusikan, serta menghasilkan pembakaran yang lebih stabil. Kualitas briket dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain jenis bahan baku, ukuran partikel, kadar air, kadar abu, karbon terikat (*fixed carbon*), jenis perekat, dan proses karbonisasi yang digunakan (Castro & Romero, 2021).

Indonesia memiliki potensi limbah biomassa yang melimpah, salah satunya berasal dari cangkang kacang mete (*Anacardium occidentale*) dan cangkang kemiri (*Aleurites moluccana* (L.) Willd.). Cangkang kacang mete memiliki kandungan karbon yang tinggi serta mengandung *Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL) yang berkontribusi terhadap tingginya nilai kalor. Sementara itu, cangkang kemiri mengandung lignin dan selulosa yang cukup tinggi sehingga berpotensi menghasilkan arang dengan karakteristik pembakaran yang baik. Pemanfaatan kedua limbah tersebut sebagai bahan baku briket tidak hanya meningkatkan nilai tambah limbah pertanian, tetapi juga mendukung konsep pemanfaatan biomassa secara berkelanjutan (Iffa dkk., 2020; Roy dkk., 2022).

Beberapa penelitian terdahulu telah melaporkan bahwa karakteristik pembakaran briket dipengaruhi oleh komposisi bahan baku dan jenis perekat yang digunakan. Penggunaan perekat getah karet diketahui mampu meningkatkan kekuatan mekanik briket serta menjaga integritas struktur selama proses pembakaran dibandingkan beberapa perekat alami lainnya (Saukani dkk., 2019). Selain itu, penelitian Haryanti dkk., (2023) menunjukkan bahwa penggunaan perekat berbasis lateks dapat menghasilkan briket dengan karakteristik pembakaran yang lebih stabil. Meskipun demikian, penelitian mengenai kombinasi cangkang kacang mete dan cangkang kemiri menggunakan perekat getah karet masih relatif terbatas, terutama yang mengkaji hubungan antara temperatur pembakaran dan laju pembakaran.

Temperatur pembakaran dan laju pembakaran merupakan parameter penting dalam mengevaluasi performa briket biomassa. Temperatur pembakaran menunjukkan kemampuan bahan bakar dalam melepaskan energi panas, sedangkan laju pembakaran menggambarkan kecepatan konsumsi massa bahan bakar selama proses pembakaran berlangsung. Briket dengan temperatur pembakaran yang tinggi dan laju pembakaran yang rendah umumnya memiliki pembakaran yang lebih stabil sehingga mampu mempertahankan pelepasan energi dalam waktu yang lebih lama (Ibrahim dkk., 2018; Liu dkk., 2021). Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi cangkang kacang mete dan cangkang kemiri dengan perekat getah karet terhadap temperatur pembakaran dan laju pembakaran briket bioarang. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai komposisi briket yang mampu menghasilkan karakteristik pembakaran paling optimal serta menjadi salah satu referensi dalam pengembangan biomassa sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan.

METODE



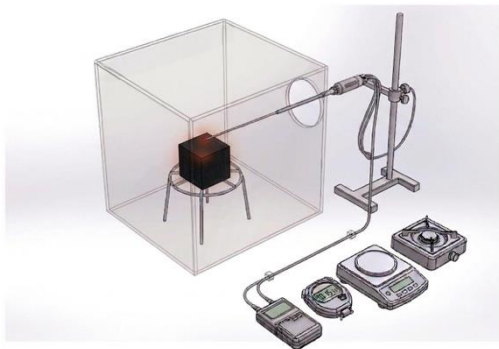
Gambar 1. Diagram Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis temperatur dan laju pembakaran briket berbahan campuran cangkang kacang mete (*Anacardium occidentale*) dan cangkang kemiri (*Aleurites moluccana* (L.) Willd.) dengan perekat getah karet. Variasi komposisi briket yang digunakan terdiri atas M1K0, M3K1, M1K1, M1K3, dan M0K1. Proses pembuatan briket diawali dengan karbonisasi bahan baku pada suhu 600°C selama 2 jam, kemudian arang dihaluskan dan diayak menggunakan saringan 80 mesh. Selanjutnya, serbuk arang dicampur dengan perekat getah karet sebanyak 2%, dicetak menggunakan tekanan 100 kg/cm², dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 5 jam.

Pengujian temperatur pembakaran dilakukan menggunakan *thermocouple* tipe-K yang dihubungkan dengan *data logger*. Temperatur dicatat setiap tiga menit sejak briket dinyalakan hingga pembakaran berakhir. Data yang diperoleh kemudian diolah menjadi grafik hubungan temperatur terhadap waktu untuk mengetahui temperatur

maksimum, kestabilan pembakaran, dan lama pembakaran pada setiap variasi.

Berikut skema instalasi pengambilan data temperatur pembakaran briket.



Gambar 2. Skema instalasi pengambilan data temperatur pembakaran briket

Laju pembakaran ditentukan berdasarkan perubahan massa briket selama proses pembakaran menggunakan Persamaan (1).

$$\text{Laju Pembakaran} = \frac{m_1 - m_2}{t}$$

Keterangan:

Laju Pembakaran = laju pembakaran (g/menit)
 m_1 = massa awal briket (g)
 m_2 = massa abu briket (g)
 t = waktu pembakaran (menit)

Data temperatur dan laju pembakaran selanjutnya dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan karakteristik pembakaran dari masing-masing variasi komposisi untuk menentukan performa pembakaran briket yang paling optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

I. Briket Bioarang



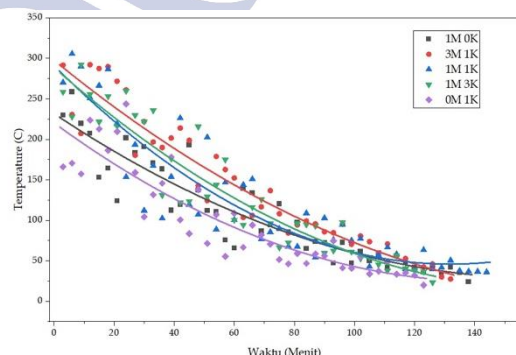
Gambar 3. Briket Bioarang

Gambar. 3. menunjukkan briket bioarang yang berhasil dibuat pada penelitian ini dan digunakan sebagai sampel dalam seluruh tahapan pengujian karakteristik. Briket disusun dari campuran arang hasil

karbonisasi cangkang kemiri dan cangkang kacang mete dengan variasi komposisi sesuai rancangan penelitian. Setelah pencampuran, bahan ditambahkan perekat, kemudian dicetak menggunakan alat press dengan tekanan sebesar 100 kg/cm² sehingga menghasilkan briket dengan tingkat kerapatan yang baik. Seluruh sampel dibuat dalam ukuran yang sama, yaitu 2 × 2 × 2 cm, agar setiap briket memiliki dimensi dan volume yang seragam. Keseragaman ukuran ini bertujuan untuk mengurangi pengaruh faktor geometri selama pengujian, sehingga perbedaan sifat pembakaran maupun karakteristik termal yang diamati lebih merepresentasikan pengaruh variasi komposisi bahan baku dibandingkan perbedaan ukuran spesimen. Berdasarkan pengamatan visual, seluruh briket berbentuk kubus dengan permukaan yang relatif rata serta sudut yang cukup tegas, yang menunjukkan bahwa proses pencetakan berlangsung dengan baik dan menghasilkan briket sesuai dengan bentuk cetakan yang digunakan.

II. Temperatur Pembakaran

Pengujian temperatur pembakaran dilakukan untuk mengetahui karakteristik pelepasan panas dari masing-masing variasi komposisi briket selama proses pembakaran. Temperatur diukur menggunakan *thermocouple* tipe-K yang ditempatkan pada permukaan briket dan direkam setiap tiga menit hingga pembakaran berakhir. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap variasi memiliki pola perubahan temperatur yang relatif serupa, yaitu mengalami kenaikan temperatur pada awal pembakaran hingga mencapai temperatur maksimum, kemudian menurun secara bertahap seiring berkurangnya kandungan karbon yang bereaksi selama proses pembakaran.



Gambar 4. Grafik hubungan temperatur terhadap waktu pada berbagai variasi komposisi briket.

Berdasarkan Gambar 4, seluruh variasi briket mengalami peningkatan temperatur yang cukup cepat pada awal pembakaran akibat terjadinya oksidasi karbon dan zat volatil yang masih tersisa setelah proses karbonisasi. Setelah mencapai temperatur maksimum, temperatur mulai menurun secara bertahap hingga bara api padam. Pola tersebut menunjukkan bahwa proses pembakaran berlangsung melalui tiga tahapan, yaitu fase penyalan

(*ignition*), fase pembakaran stabil (*steady combustion*), dan fase pembakaran akhir (*char combustion*), sebagaimana dijelaskan oleh (Ibrahim dkk., 2018).

Variasi M1K1 menghasilkan temperatur maksimum tertinggi sebesar 305,6°C pada menit ke-6. Selain memiliki temperatur puncak tertinggi, variasi ini juga mampu mempertahankan temperatur pembakaran dalam waktu paling lama dengan durasi pembakaran sekitar 145 menit. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa komposisi cangkang mete dan cangkang kemiri yang seimbang mampu menghasilkan proses pembakaran yang lebih stabil dibandingkan variasi lainnya. Tingginya temperatur yang dicapai mengindikasikan bahwa energi panas yang dilepaskan selama pembakaran berlangsung lebih besar, sedangkan lamanya waktu pembakaran menunjukkan bahwa karbon tetap pada briket masih mampu bereaksi secara bertahap sehingga pelepasan panas berlangsung lebih merata.

Variasi M3K1 menunjukkan temperatur maksimum sebesar 292,3°C yang dicapai pada menit ke-12. Walaupun temperatur puncaknya lebih rendah dibandingkan M1K1, variasi ini memiliki kestabilan temperatur yang cukup baik selama fase pembakaran utama. Dominasi cangkang mete menyebabkan kandungan karbon relatif tinggi sehingga proses pembakaran berlangsung cukup stabil, namun pelepasan energi panas tidak setinggi komposisi seimbang.

Pada variasi M1K3, temperatur maksimum yang diperoleh sebesar 292,4°C pada menit ke-9. Nilai tersebut hampir sama dengan variasi M3K1, namun temperatur mulai menurun lebih cepat setelah mencapai puncak. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan cangkang kemiri yang lebih besar mempercepat konsumsi bahan bakar sehingga durasi pembakaran menjadi lebih singkat dibandingkan variasi M1K1.

Sementara itu, variasi M1K0 dan M0K1 menghasilkan temperatur maksimum yang lebih rendah dibandingkan variasi campuran. Kedua variasi tersebut juga memperlihatkan penurunan temperatur yang lebih cepat hingga pembakaran berakhir. Kondisi ini menunjukkan bahwa penggunaan satu jenis biomassa saja belum mampu menghasilkan karakteristik pembakaran yang optimal. Campuran kedua biomassa memberikan sinergi yang lebih baik terhadap distribusi panas selama proses pembakaran.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi bahan baku memiliki pengaruh nyata terhadap karakteristik temperatur pembakaran briket. Menurut Ibrahim dkk. (2018), temperatur pembakaran merupakan indikator kemampuan bahan bakar dalam melepaskan energi panas. Semakin tinggi temperatur maksimum yang dicapai serta semakin lama temperatur dapat dipertahankan, maka semakin baik karakteristik pembakaran suatu bahan bakar. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan Liu dkk., (2021), yang menyatakan bahwa karakteristik pembakaran biomassa dipengaruhi oleh komposisi bahan baku, kandungan karbon tetap, kadar air, serta struktur pori arang hasil karbonisasi. Selain itu, penggunaan getah karet sebagai perekat diduga turut berkontribusi dalam menjaga integritas struktur briket selama pembakaran sehingga pelepasan panas berlangsung lebih stabil (Haryanti dkk., 2023).

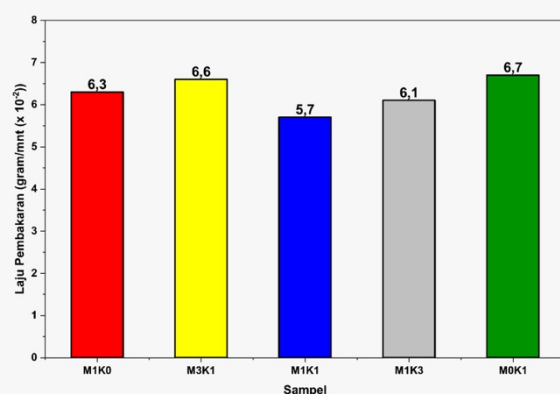
Secara keseluruhan, variasi M1K1 memberikan karakteristik temperatur pembakaran terbaik karena menghasilkan temperatur maksimum tertinggi sekaligus memiliki durasi pembakaran paling lama. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa komposisi cangkang mete dan cangkang kemiri yang seimbang mampu menghasilkan pelepasan energi panas yang lebih stabil sehingga berpotensi meningkatkan kualitas briket sebagai bahan bakar alternatif.

III. Laju Pembakaran

Laju pembakaran merupakan salah satu parameter penting dalam mengevaluasi kualitas briket biomassa karena menunjukkan kecepatan bahan bakar habis selama proses pembakaran. Nilai laju pembakaran diperoleh dari perbandingan antara massa briket yang terbakar dengan lama waktu pembakaran. Semakin kecil nilai laju pembakaran, semakin lambat briket terbakar sehingga energi panas dapat dilepaskan secara lebih stabil dan waktu pembakaran menjadi lebih lama.

Tabel 1. Hasil pengujian laju pembakaran briket.

Variasi	Laju Pembakaran (Gram/menit ($\times 10^{-2}$))
M1K0	6,3
M3K1	6,6
M1K1	5,7
M1K3	6,1
M0K1	6,7



Gambar 5. Grafik laju pembakaran pada berbagai variasi komposisi briket.

Berdasarkan Gambar 5 dan Tabel 1, Hasil pengujian menunjukkan bahwa laju pembakaran seluruh variasi berada pada kisaran $5,7 \times 10^{-2}$ – $6,7 \times 10^{-2}$ g/menit, sehingga seluruh briket memiliki karakteristik pembakaran yang relatif serupa, meskipun terdapat perbedaan pada kecepatan konsumsi massa. Variasi M1K1 menghasilkan laju pembakaran terendah, yaitu $5,7 \times 10^{-2}$ g/menit, sedangkan variasi M0K1 menghasilkan laju pembakaran tertinggi sebesar $6,7 \times 10^{-2}$ g/menit. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa komposisi bahan baku berpengaruh terhadap kecepatan pembakaran briket. Variasi dengan laju pembakaran yang lebih rendah mampu mempertahankan

massa bahan bakar lebih lama sehingga proses pelepasan energi berlangsung secara lebih stabil.

Variasi M1K1 memiliki waktu pembakaran paling lama, yaitu 149 menit, yang menunjukkan bahwa massa briket berkurang secara bertahap selama proses pembakaran. Sebaliknya, variasi M0K1 hanya mampu mempertahankan pembakaran selama 124 menit, sehingga massa bahan bakar lebih cepat habis. Menurut Wijaya dkk., (2021), semakin kecil nilai laju pembakaran maka semakin lambat massa bahan bakar berkurang sehingga waktu pembakaran menjadi lebih panjang. Dengan demikian, variasi M1K1 menunjukkan karakteristik pembakaran yang paling baik karena mampu mempertahankan proses pembakaran dalam durasi yang lebih lama dibandingkan variasi lainnya.

Karakteristik tersebut didukung oleh hasil uji proksimat yang menunjukkan bahwa variasi M1K1 memiliki kadar air yang relatif rendah (6,1840%), kadar *volatile matter* sebesar 8,8823%, karbon terikat (*fixed carbon*) sebesar 73,4869%, serta nilai kalor yang tinggi (6970,5458 cal/g). Kombinasi parameter tersebut menghasilkan pembakaran yang lebih stabil sehingga laju pembakaran menjadi lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa performa pembakaran briket tidak ditentukan oleh satu parameter saja, melainkan oleh keseimbangan antara kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, karbon terikat, dan nilai kalor yang dimiliki setiap variasi.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan Rusman dkk., (2023), yang menyatakan bahwa kadar air, kadar abu, ukuran partikel, dan karakteristik fisik briket merupakan faktor yang memengaruhi laju pembakaran biobriket. Oleh karena itu, komposisi M1K1 dapat dikatakan memiliki karakteristik pembakaran yang paling efisien karena mampu mempertahankan pembakaran lebih lama dengan laju pembakaran paling rendah, sehingga pelepasan energi panas berlangsung lebih stabil dibandingkan variasi komposisi lainnya.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa komposisi bahan baku berpengaruh terhadap karakteristik pembakaran briket berbahan campuran cangkang kacang mete dan cangkang kemiri dengan perekat getah karet. Variasi M1K1 menunjukkan performa pembakaran terbaik dengan temperatur maksimum sebesar 305,6°C serta durasi pembakaran terlama sekitar 145 menit, yang mengindikasikan kemampuan briket dalam melepaskan dan mempertahankan energi panas secara lebih stabil. Selain itu, variasi M1K1 juga menghasilkan laju pembakaran terendah sebesar $5,7 \times 10^{-2}$ g/menit, sehingga konsumsi bahan bakar berlangsung lebih lambat dibandingkan variasi lainnya. Sebaliknya, variasi M1K0 memiliki laju pembakaran tertinggi sebesar $6,7 \times 10^{-2}$ g/menit, yang menyebabkan briket lebih cepat habis terbakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi cangkang kacang mete dan cangkang kemiri dengan perbandingan 1:1 merupakan komposisi yang paling optimal karena mampu menghasilkan temperatur pembakaran yang tinggi, waktu pembakaran yang lebih lama, serta laju pembakaran yang lebih rendah, sehingga

berpotensi dikembangkan sebagai bahan bakar biomassa alternatif yang efisien dan berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, masukan, dan motivasi yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Laboratorium Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, yang telah memberikan fasilitas dan dukungan selama proses pengujian. Selain itu, penulis menyampaikan apresiasi kepada seluruh dosen Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya, keluarga, teman-teman, serta semua pihak yang telah memberikan doa, dukungan, dan bantuan sehingga penelitian dan penulisan artikel ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi bagi pengembangan penelitian di bidang briket biomassa sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Castro, E., & Romero, I. (2021). Biorefinery Based on Waste Biomass. *Energies*, 15(1), 54. <https://doi.org/10.3390/en15010054>
- Dell'Aversano, S., Villante, C., Gallucci, K., Vanga, G., & Di Giuliano, A. (2024). E-Fuels: A Comprehensive Review of the Most Promising Technological Alternatives towards an Energy Transition. *Energies*, 17(16), 3995. <https://doi.org/10.3390/en17163995>
- Haryanti, N. H., Annisa, N., Suryajaya, S., & Surini, S. (2023). Alternative Energy of Biomass Briquettes from Alaban Wood and Rubber Seed Shells with Rubber Sap Adhesive and Dyeing Used Cooking Oil. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 20(1), 12. <https://doi.org/10.20527/flux.v20i1.15026>
- Ibrahim, H. G., Ouiming, S. K., Yonli, A., Sanogo, O., Daho, T., & Koulidiati, J. (2018). Study of Temperature Fields and Heavy Metal Content in the Ash and Flue Gas Produced by the Combustion of Briquettes Coming from Paper and Cardboard Waste. *Recycling*, 3(3), 32. <https://doi.org/10.3390/recycling3030032>
- Ifa, L., Yani, S., Nurjannah, N., Darnengsih, D., Rusnaenah, A., Mel, M., Mahfud, M., & Kusuma, H. S. (2020). Techno-economic analysis of bio-briquette from cashew nut shell waste. *Heliyon*, 6(9), e05009. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05009>
- Liu, J., Jiang, X., Cai, H., & Gao, F. (2021). Study of Combustion Characteristics and Kinetics of Agriculture Briquette Using Thermogravimetric Analysis. *ACS Omega*, 6(24), 15827–15833. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c01249>

- Roy, A., Fajardie, P., Lepoittevin, B., Baudoux, J., Lapinte, V., Caillol, S., & Briou, B. (2022). CNSL, a Promising Building Blocks for Sustainable Molecular Design of Surfactants: A Critical Review. *Molecules*, 27(4), 1443. <https://doi.org/10.3390/molecules27041443>
- Rusman, L. O., Lestari, L., Raharjo, S., Usman, I., & Chrismiwahdani, D. (2023). PENGARUH TEMPERATUR AKTIVASI TERHADAP KUALITAS BRIKET ARANG AKTIF SEKAM PADI. *JOURNAL ONLINE OF PHYSICS*, 8(3), 39–46. <https://doi.org/10.22437/jop.v8i3.23846>
- Saukani, M., Setyono, R., & Trianiza, I. (2019). Pengaruh Jumlah Perekat Karet Terhadap Kualitas Briket Cangkang Sawit. *Jurnal Fisika FLUX*, 1(1), 159. <https://doi.org/10.20527/flux.v1i1.6159>
- Wijaya, A. A., Ida Bagus Putu Gunadnya, & Yulianti, N. L. (2021). Karakteristik Briket Biomassa dari Variasi Bahan Baku dan Persentase Perekat yang Berbeda | Request PDF. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.24843/JBETA.2021.v09.i02.p07>

