

Pengaruh Tekanan Pemadatan terhadap Karakteristik Pembakaran Briket Limbah Sabut Kelapa sebagai Bahan Bakar Biomassa Alternatif

(Effect of Compaction Pressure on Combustion Characteristics of Coconut Fiber Waste Briquettes as an Alternative Biomass Fuel)

Ivan Christian Hernando¹⁾, Willyanto Anggono²⁾, Stevanus Yuke³⁾

¹Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra, Surabaya

E-mail: ²⁾willy@petra.ac.id

Abstrak

Peningkatan kebutuhan energi di tengah keterbatasan sumber daya fosil mendorong pengembangan energi alternatif yang berkelanjutan, salah satunya melalui pemanfaatan biomassa dalam bentuk briket. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi limbah sabut kelapa (coconut fiber) sebagai bahan baku briket biomassa dan membandingkannya dengan biji bintaro (*Cerbera manghas*) yang menggunakan perekat tapioka, serta mengevaluasi pengaruh tekanan pemadatan terhadap karakteristik pembakarannya. Briket dibuat dari 100% sabut kelapa dengan perekat tapioka, kemudian dipadatkan pada tekanan 1 MPa dan 2 MPa. Pengujian nilai kalor dilakukan menggunakan Parr Oxygen Bomb Calorimeter, sedangkan uji pembakaran dilakukan untuk mengetahui waktu penyalaan, temperatur, dan durasi pembakaran. Seluruh pengujian dilakukan dengan tiga kali replikasi. Hasil menunjukkan bahwa briket dari limbah sabut kelapa memiliki nilai kalor tertinggi, yaitu 4741 kkal/kg, lebih tinggi dibandingkan briket campuran 90% biji bintaro dan 10% tapioka yang menghasilkan 4164 kkal/kg. Uji pembakaran menunjukkan bahwa briket yang dipadatkan pada tekanan 2 MPa memiliki durasi pembakaran lebih lama (1433 detik) dan temperatur sedikit lebih tinggi (66,5 °C) dibandingkan tekanan 1 MPa, meskipun memerlukan waktu penyalaan yang lebih lama. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan tekanan pemadatan menghasilkan struktur briket lebih rapat dan pembakaran lebih stabil. Secara keseluruhan, limbah sabut kelapa berpotensi tinggi sebagai bahan bakar biomassa alternatif yang efisien dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Biomassa, briket, limbah sabut kelapa, *Cerbera manghas*, bahan bakar alternatif

Abstract

The increasing global demand for energy and the depletion of fossil fuel reserves have driven the development of sustainable alternative energy sources, one of which is biomass in the form of briquettes. This study aims to evaluate the potential of coconut fiber waste as a biomass briquette raw material and to compare its performance with Cerbera manghas seeds using tapioca as a binder, as well as to examine the effect of compaction pressure on combustion characteristics. Briquettes were produced from 100% coconut fiber with tapioca binder and compacted at pressures of 1 MPa and 2 MPa. The calorific value was measured using a Parr Oxygen Bomb Calorimeter, while combustion tests were conducted to determine ignition time, temperature, and burning duration. All experiments were carried out in three replications. The results show that coconut fiber briquettes have the highest calorific value, reaching 4741 kcal/kg, compared to briquettes consisting of 90% Cerbera manghas and 10% tapioca, which produced 4164 kcal/kg. Combustion analysis indicates that briquettes compacted at 2 MPa exhibit a longer

burning time (1433 s) and a slightly higher temperature (66.5 °C) than those compacted at 1 MPa, although they require a longer ignition time. These findings suggest that higher compaction pressure produces denser briquettes, resulting in a more stable and efficient combustion process. Overall, coconut fiber waste demonstrates strong potential as an efficient and sustainable alternative biomass fuel.

Coconut fiber waste; Biomass briquettes; Compaction pressure; Calorific value; Combustion characteristics; Renewable energy

1. PENDAHULUAN

Krisis energi global dan meningkatnya kebutuhan energi menjadi tantangan utama di berbagai negara, termasuk Indonesia. Ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil, seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam, tidak hanya menyebabkan penurunan cadangan energi yang tidak terbarukan, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca dan degradasi lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan, ramah lingkungan, dan berkelanjutan menjadi kebutuhan mendesak [1][2].

Salah satu sumber energi alternatif yang potensial adalah biomassa. Biomassa dapat dikonversi menjadi berbagai bentuk energi, salah satunya dalam bentuk briket biomassa. Briket biomassa merupakan bahan bakar padat yang dihasilkan dari proses pemadatan bahan organik, seperti limbah pertanian, limbah perkebunan, dan limbah industri pengolahan hasil pertanian. Keunggulan briket biomassa meliputi sifatnya yang terbarukan, ramah lingkungan, relatif murah, dan dapat diproduksi secara lokal, terutama di daerah pedesaan maupun wilayah dengan akses terbatas terhadap bahan bakar fosil [3].

Indonesia sebagai negara penghasil kelapa memiliki potensi besar terhadap limbah sabut kelapa (*coconut fiber waste*). Sabut kelapa merupakan bagian mesokarp yang menyelimuti tempurung, terdiri atas serat kasar (*coir fiber*) dan serbuk halus (*cocopeat*), serta memiliki kandungan lignin dan selulosa yang tinggi. Selama ini, limbah sabut kelapa belum dimanfaatkan secara optimal dan sering kali hanya menjadi limbah yang menumpuk di lingkungan pasar tradisional, industri pengolahan kelapa, dan jalur hijau perkotaan, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan[4], [5].

Beberapa penelitian menyatakan bahwa biomassa dengan kandungan lignoselulosa yang tinggi memiliki potensi nilai kalor yang cukup besar untuk

dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif[6]. Selain itu, karakteristik pembakaran dan nilai kalor suatu briket sangat dipengaruhi oleh jenis bahan baku, jenis perekat, ukuran partikel, kadar air, serta tekanan pemadatan saat proses pencetakan[7]–[9]. Tekanan pemadatan yang lebih tinggi umumnya menghasilkan struktur briket yang lebih rapat, sehingga dapat meningkatkan stabilitas dan memperpanjang durasi pembakaran, meskipun dapat memengaruhi waktu penyalaan[10].

Selain limbah sabut kelapa, biji bintaro (*Cerbera manghas*) juga diketahui memiliki potensi sebagai biomassa alternatif. Bagian tanaman bintaro, seperti daun dan biji, memiliki karakteristik pembakaran yang cukup baik ketika diproses menjadi briket biomassa. Briket yang terbuat dari daun *Cerbera manghas* dengan biomassa limbah nanas menunjukkan kinerja pembakaran yang stabil dan dapat digunakan sebagai sumber energi padat dengan nilai kalor yang kompetitif [11]. Studi sebelumnya juga menunjukkan bahwa limbah daun *Cerbera manghas* dapat digunakan sebagai sumber energi padat dengan nilai kalor yang kompetitif [12]. Namun, pemanfaatannya masih sangat terbatas dan memerlukan kajian lebih lanjut terkait performa termal dan karakteristik pembakarannya jika digunakan sebagai bahan baku briket [13].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada kajian pengaruh tekanan pemadatan terhadap nilai kalor dan karakteristik pembakaran briket limbah sabut kelapa, serta dilakukan perbandingan terbatas dengan briket berbahan biji bintaro yang menggunakan perekat tapioka. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi bahan bakar biomassa serta menjadi solusi alternatif terhadap permasalahan limbah organik dan ketergantungan energi fosil.

2. METODE PENELITIAN

a. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorik yang bertujuan untuk mengetahui nilai kalor dan karakteristik pembakaran briket biomassa yang terbuat dari limbah sabut kelapa (*coconut fiber waste*) serta membandingkannya dengan briket dari biji bintaro (*Cerbera manghas*) menggunakan perekat tapioka.

Variabel utama yang diteliti adalah tekanan pemadatan (*compaction pressure*), yaitu 1 MPa dan 2 MPa. Setiap variasi perlakuan dilakukan dengan tiga kali replikasi ($n = 3$) untuk meningkatkan tingkat keandalan data.

b. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- 1) Variabel bebas: tekanan pengepresan briket, 1 MPa dan 2 MPa.
- 2) Variabel terikat : Nilai kalor (HHV) briket (kkal/kg), Waktu penyalaan (s), Durasi pembakaran (s), dan Temperatur pembakaran ($^{\circ}\text{C}$).
- 3) Variabel kontrol : Diameter cetakan briket: 25 mm, Berat awal spesimen: $\pm 5\text{--}6$ gram, Jenis bahan baku: 100% limbah sabut kelapa, Jenis perekat menggunakan tapioca, Waktu pengepresan konstan untuk seluruh sampel, Kadar air awal dibuat seragam dengan proses pengeringan

c. Alat dan Bahan

1) Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- *Blender*, untuk menggiling sabut kelapa menjadi partikel halus
- Ayakan (saringan), untuk menyeragamkan ukuran partikel
- Timbangan digital (akurasi 0,01 g), untuk menimbang sampel
- Cetakan briket *stainless steel* diameter 25 mm (Gambar 1.a)
- Mesin *hot press*, untuk memadatkan briket (Gambar 1.b)
- *Parr Oxygen Bomb Calorimeter*, untuk mengukur nilai kalor (Gambar 1.c)
- Termometer / termokopel tipe K, untuk mengukur suhu pembakaran
- *Stopwatch*, untuk mengukur waktu penyalaan dan durasi pembakaran
- Ruang pembakaran / tungku uji



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 1. a. Alat pencetak briket. b. Hot press c. *Bomb Calorimeter* d. Tabung oksigen dan *fise wire* pelengkap *Bomb Calorimeter*

2) Bahan yang digunakan:

- Limbah sabut kelapa (*coconut fiber*)
- Tepung tapioka sebagai perekat
- Air sebagai pelarut perekat

d. Prosedur Persiapan Bahan

- 1) Limbah sabut kelapa dicuci untuk menghilangkan kotoran, kemudian dikeringkan dengan cara dijemur (Gambar 2).
- 2) Sabut kelapa yang telah kering digiling menggunakan *blender* hingga menjadi serbuk halus.
- 3) Serbuk yang dihasilkan kemudian diayak menggunakan saringan untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam.
- 4) Serbuk sabut kelapa ditimbang sebanyak $\pm 5-6$ gram untuk setiap spesimen briket.



Gambar 2. Limbah Sabut Kelapa

e. Prosedur Pembuatan Briket

- 1) Serbuk sabut kelapa dicampur dengan larutan perekat tapioka hingga terbentuk adonan yang homogen.
- 2) Campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan briket berbentuk silinder berdiameter 25 mm.
- 3) Proses pengepresan dilakukan menggunakan mesin *hot press* dengan dua variasi tekanan: 1 MPa dan 2 MPa
- 4) Setiap variasi tekanan dilakukan sebanyak tiga kali (3 spesimen).
- 5) Briket yang telah dicetak (Gambar 3) kemudian dikeringkan kembali sebelum dilakukan pengujian.



Gambar 3 Hasil briket setelah dicetak

f. Pengujian Nilai Kalor

Nilai kalor briket ditentukan menggunakan *Parr Oxygen Bomb Calorimeter* dengan mengacu pada standar pengujian nilai kalor bahan bakar padat (ASTM D5865). Langkah-langkah pengujian:

- 1) Sampel briket ditimbang dengan massa tertentu.
- 2) Sampel dimasukkan ke dalam tabung kalorimeter.
- 3) Tabung diisi oksigen bertekanan.
- 4) Percikan listrik diberikan untuk memicu pembakaran.
- 5) Perubahan temperatur air di dalam kalorimeter dicatat.
- 6) Nilai kalor dihitung berdasarkan perubahan temperatur tersebut.

Setiap sampel dilakukan 3 kali pengujian, dan nilai yang diambil merupakan nilai rata-rata (*mean*).

g. Pengujian Karakteristik Pembakaran

Uji pembakaran dilakukan untuk mengetahui performa briket selama proses pembakaran. Parameter yang diamati:

- 1) Waktu penyalaan (*ignition time*)
- 2) Durasi pembakaran (*burning time*)
- 3) Temperatur pembakaran

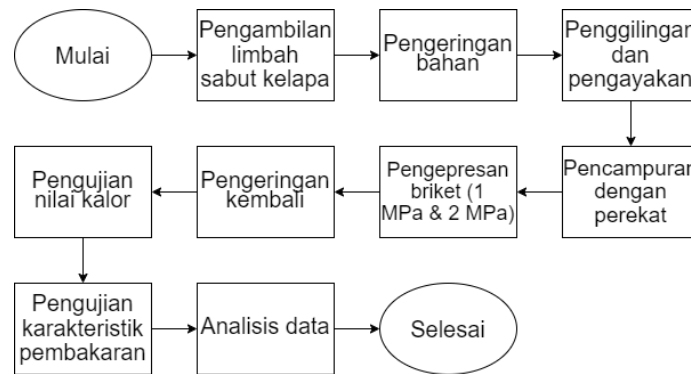
Langkah-langkah pengujian:

- 1) Briket diletakkan di ruang bakar terbuka.
- 2) Briket dinyalakan menggunakan sumber api konstan.
- 3) Waktu sejak penyalaan hingga terbakar stabil dicatat sebagai waktu penyalaan.

- 4) Suhu bara api diukur menggunakan termokopel secara berkala.
- 5) Durasi pembakaran dicatat sejak awal nyala hingga bara api padam seluruhnya.

h. Diagram Alir Penelitian

Secara umum, alur penelitian dapat digambarkan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

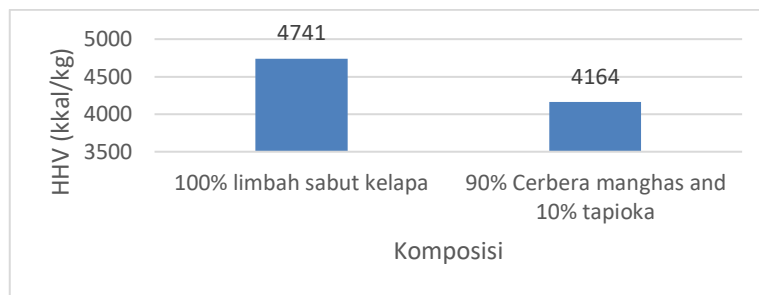
a. Nilai Kalor Briket Biomassa

Nilai kalor briket biomassa yang diukur menggunakan *Parr Oxygen Bomb Calorimeter* disajikan pada Tabel 1. Nilai yang ditampilkan merupakan nilai kalor atas (*Higher Heating Value/HHV*) yang diperoleh dari hasil rata-rata untuk setiap jenis bahan.

Tabel 1. Nilai kalor briket biomassa

Komposisi bahan	Nilai kalor (kkal/kg)
100% limbah sabut kelapa	4741
90% biji bintaro (<i>Cerbera manghas</i>) + 10% tapioka	4164

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1 dan Gambar 5, briket berbahan 100% limbah sabut kelapa menunjukkan nilai kalor tertinggi, yaitu 4741 kkal/kg, sedangkan campuran biji bintaro (*Cerbera manghas*) 90% dan tapioka 10% yang digunakan sebagai pembanding memiliki nilai kalor sebesar 4164 kkal/kg. Hasil ini menunjukkan bahwa sabut kelapa memiliki potensi lebih tinggi sebagai bahan bakar biomassa dibandingkan biji bintaro (*Cerbera manghas*), dengan selisih nilai kalor sebesar 577 kkal/kg atau sekitar 13,9% lebih tinggi.



Gambar 5. Hasil Grafik dari Pengujian Nilai Kalor

Nilai kalor sabut kelapa yang relatif tinggi menunjukkan bahwa biomassa ini memiliki kandungan energi yang memadai untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif. Jika dibandingkan dengan beberapa jenis briket biomassa lain yang umumnya memiliki nilai kalor berkisar antara 3.800–4.500 kkal/kg, maka nilai kalor briket limbah sabut kelapa berada pada kategori tinggi [14] dan mendekati nilai kalor briket tempurung kelapa yang bernilai 6.000 kkal/kg [15].

Tingginya nilai kalor pada sabut kelapa dapat dikaitkan dengan kandungan lignoselulosa dan zat volatil yang relatif tinggi. Selain itu, struktur serat yang rapat dan kadar air yang lebih rendah setelah proses pengeringan turut mendukung proses pembakaran yang lebih efisien. Sebaliknya, biji Cerbera manghas memiliki karakteristik yang kurang optimal untuk menghasilkan energi panas yang tinggi, meskipun masih berpotensi sebagai bahan bakar alternatif. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa limbah sabut kelapa memiliki prospek yang sangat baik sebagai bahan baku utama dalam pembuatan briket biomassa [16], [17].

b. Karakteristik Pembakaran Briket Limbah Sabut Kelapa

Uji pembakaran briket limbah sabut kelapa dilakukan pada dua variasi tekanan pengepresan, yaitu 1 MPa dan 2 MPa. **Parameter yang diamati meliputi** berat spesimen, temperatur pembakaran, waktu penyalaan (*ignition time*), dan durasi pembakaran.

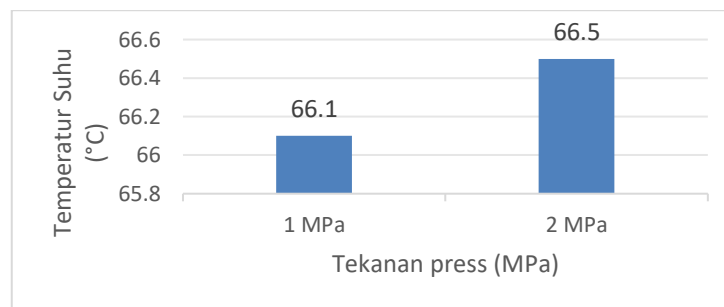
Tabel 2. Hasil uji pembakaran briket limbah sabut kelapa

Tekanan press (MPa)	Berat spesimen (g)	Temperatur (°C)	Waktu penyalaan (s)	Durasi pembakaran (s)
1 MPa	5,82	66,1	94	1284
2 MPa	5,35	66,5	106	1433

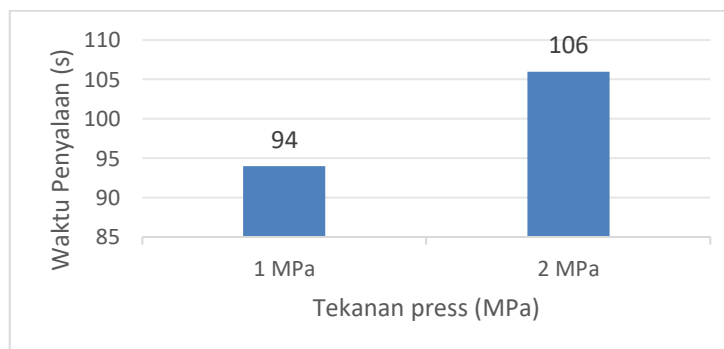
Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa peningkatan tekanan pemadatan dari 1 MPa menjadi 2 MPa menyebabkan penurunan massa briket sebesar 8,1% (dari 5,82 g menjadi 5,35 g). Hal ini disebabkan oleh meningkatnya tingkat pemadatan, yang menghasilkan struktur briket lebih rapat dan mengurangi volume pori-pori di dalamnya[10][18].

Temperatur pembakaran mengalami peningkatan dari 66,1°C pada tekanan 1 MPa menjadi 66,5°C pada tekanan 2 MPa, atau meningkat sebesar 0,4°C (Gambar 6). Walaupun peningkatan ini relatif kecil, hal tersebut menunjukkan bahwa briket dengan kepadatan yang lebih tinggi mampu mempertahankan pembakaran yang sedikit lebih stabil[19].

Waktu penyalaan mengalami peningkatan dari 94 detik pada tekanan 1 MPa menjadi 106 detik pada tekanan 2 MPa, atau meningkat sebesar 12 detik (Gambar 7). Walaupun peningkatan ini relatif kecil, hal tersebut menunjukkan bahwa briket dengan kepadatan yang lebih tinggi memerlukan waktu penyalaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kepadatan yang lebih rendah.

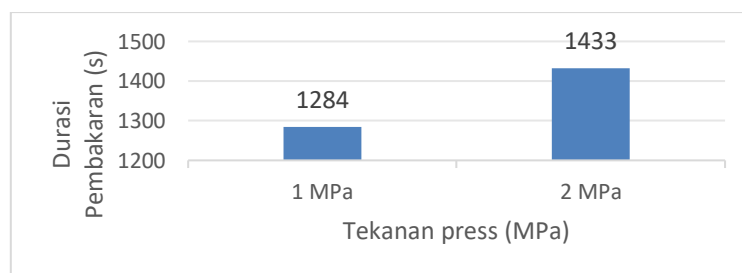


Gambar 6. Hasil Grafik Temperatur Suhu (°C)



Gambar 7. Hasil Grafik Waktu Penyalaan (s)

Sebaliknya, durasi pembakaran menunjukkan tren yang berbeda. Briket dengan tekanan 2 MPa memiliki durasi pembakaran lebih lama, yaitu 1433 detik ($\pm 23,9$ menit) dibandingkan dengan 1284 detik ($\pm 21,4$ menit) pada tekanan 1 MPa (Gambar 8). Peningkatan durasi pembakaran ini setara dengan kenaikan sebesar 11,6%, yang menunjukkan bahwa pemadatan yang lebih tinggi menyebabkan laju pembakaran menjadi lebih lambat dan stabil[20].



Gambar 8. Hasil Grafik Durasi Pembakaran (s)

Hasil ini memperlihatkan bahwa peningkatan tekanan pengepresan berpengaruh terhadap karakteristik pembakaran briket. Tekanan yang lebih tinggi menghasilkan briket dengan struktur lebih rapat, waktu penyalaan lebih lama, namun durasi pembakaran lebih panjang. Karakteristik ini mengindikasikan bahwa briket limbah sabut kelapa yang diproses pada tekanan 2 MPa lebih sesuai untuk aplikasi yang memerlukan waktu bakar lebih lama dan stabil, seperti untuk kebutuhan rumah tangga dan industri skala kecil[21][22].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, limbah sabut kelapa memiliki potensi sangat baik sebagai bahan baku briket biomassa. Nilai kalor yang dihasilkan mencapai 4741 kkal/kg, lebih tinggi dibandingkan briket berbahan biji bintaro dan perekat tapioka yang hanya 4164 kkal/kg, sehingga menunjukkan kandungan energi yang lebih besar. Peningkatan tekanan pemadatan dari 1 MPa menjadi 2 MPa juga memengaruhi karakteristik pembakaran. Briket pada tekanan 2 MPa memiliki Pengaruh Tekanan Pemadatan terhadap Karakteristik Pembakaran Briket Limbah Sabut Kelapa sebagai Bahan Bakar Biomassa Alternatif (Ivan Christian Hernando, Willyanto Anggono, Stevanus Yuke)

durasi pembakaran lebih lama dan temperatur bara api sedikit lebih tinggi, meski waktu penyalaannya lebih panjang. Dengan nilai kalor tinggi dan pembakaran stabil, briket sabut kelapa berpotensi sebagai bahan bakar alternatif yang efektif dan ramah lingkungan.

b. Saran

Hasil penelitian dapat memberikan beberapa rekomendasi untuk pengembangan penelitian lebih lanjut. Untuk menentukan batas densitas ideal briket terhadap karakteristik pembakaran, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk melihat variasi tekanan pemadatan yang lebih luas. Selain itu, briket harus diuji sifat fisik dan mekaniknya, seperti densitas dan kekuatan tekan, untuk mengetahui ketahanan dan kemudahan penanganan mereka. Untuk memahami bagaimana komposisi kimia biomassa memengaruhi kinerja pembakaran, analisis proksimat dan ultimate juga penting. Sebuah studi tentang emisi gas dari pembakaran disarankan untuk mengetahui bagaimana penggunaan briket sabut kelapa berdampak pada lingkungan. Terakhir, studi tentang variasi jenis dan kadar perekat dapat dilakukan untuk mendapatkan kualitas briket yang paling efektif dan ideal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL, “Menteri Arifin : Transisi Energi Mutlak Diperlukan,” *Kementerian ESDM RI*, 2020.
- [2] R. Rachmaditasari, M. I. Darajat, and M. Mahfud, “Production of biodiesel (isopropyl ester) from coconut oil by microwave assisted transesterification : parametric study and optimization,” *Int. J. Renew. Energy Dev.*, vol. 13, no. 4, pp. 662–672, 2024, doi: <https://doi.org/10.61435/ijred.2024.60174>.
- [3] E. Apriani and M. N. Andika, “Analisis Kualitas Briket Biomassa dari Limbah Sekam Padi dan Daun Kering sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan,” *INDUSTRIKA*, vol. 9, no. 1, 2025.
- [4] A. A. Ariatma *et al.*, “Pemanfaatan Limbah Serabut Kelapa Di Desa Korleko Kecamatan Labuhan Haji Kabupaten Lombok Timur,” *J. War. Desa*, vol. 1, no. 3, pp. 364–371, 2019.
- [5] N. Rusti, D. S. W. P. J. Widakdo, and Halil, “Komodifikasi Limbah Sabut Kelapa sebagai Upaya Pengembangan Produk Kreatif Berbasis Potensi Lokal dalam Mendukung Perekonomian Anggota,” *J. ABDINUS J. Pengabd. Nusant.*, vol. 9, no. 2, pp. 392–401, 2025.
- [6] M. Wu, K. Wei, J. Jiang, B. Bin Xu, and S. Ge, “Advancing green sustainability : A comprehensive review of biomass briquette integration

- for coal - based energy frameworks,” *Int. J. Coal Sci. Technol.*, vol. 12, no. 44, 2025, doi: 10.1007/s40789-025-00779-0.
- [7] O. F. Obi, R. Pecenka, and M. J. Clifford, “A Review of Biomass Briquette Binders and Quality Parameters,” *Energies*, vol. 15, pp. 1–22, 2022.
- [8] Y. Wang, K. Wu, and Y. Sun, “Effects of raw material particle size on the briquetting process of rice straw,” *J. Energy Inst.*, vol. 91, no. 1, pp. 153–162, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.joei.2016.09.002>.
- [9] A. M. K. A. Aal, O. H. M. Ibrahim, A. Al-Farga, and E. A. El Saeidy, “Impact of Biomass Moisture Content on the Physical Properties of Briquettes Produced from Recycled Ficus nitida Pruning Residuals,” *Sustainability*, vol. 15, 2023.
- [10] M. Aliyu *et al.*, “ORIGINAL RESEARCH ARTICLE EFFECT OF COMPACTION PRESSURE AND BIOMASS TYPE (RICE HUSK AND SAWDUST) ON SOME PHYSICAL AND COMBUSTION PROPERTIES OF BRIQUETTES,” *Arid Zo. J. Eng. Technol. Environ.*, vol. 17, no. 1, pp. 61–70, 2021.
- [11] W. Anggono, R. Lim, T. Sutrisno, I. C. Hernando, and A. B. Christensen, “Briquette Combustion Characteristics of (Cerbera manghas) Leaves with Rejected Pineapple as Binding Agent as a Sustainable Fuel,” in *Environmental Science and Technology: Sustainable Development II*, Y. Zeng and S. Wang, Eds. Springer Nature Switzerland AG, 2024, p. 54684.
- [12] I. on B. B. as E. S. from W. L. (Cerbera manghas), “Investigation on Biomass Briquette as Energy Source from Waste Leaf (Cerbera manghas),” *Int. J. Ind. Res. Appl. Eng.*, vol. 1, p. 2016, 2016.
- [13] K. Sunandar, D. Agaswara, and A. Uswah, “Bahan Bakar Padat dari Sisa Kempa Biji Bintaro (Cerbera manghas L) Solid Fuel From Bintaro (Cerbera manghas L) Cake,” *IPTEK*, vol. 3, no. 1, pp. 166–171, 2019.
- [14] E. H. Alfarizi, F. I. Abdi, A. M. Sakti, A. N. F. Ganda, and R. J. Roychan, “Studi Karakteristik Briket Arang Sabut Kelapa dengan Variasi Komposisi Menggunakan Mesin Screw Extruder,” *J. REKAYASA MESIN*, vol. 10, no. 01, 2025.
- [15] Y. Bontong, “Analisis Briket Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif,” *Dyn. SAINT*, vol. 3, no. 1, pp. 537–547, 2017.
- [16] C. Wijaya, N. L. Sangadji, M. Muharja, T. Widjaja, L. Riadi, and A. Widjaja, “An Integrated Green Fractionation of Coconut Husk : Hydrothermal and Deep Eutectic Solvent Pretreatment for Enhanced Sugar and Lignin Production,” *Bioresour. Technol. Reports*, vol. 29, no. August 2024, p. 102078, 2025, doi: 10.1016/j.biteb.2025.102078.
- [17] A. Fatmawati, T. Nurtono, and A. Widjaja, “Thermogravimetric Kinetic-Based Computation of Raw and Pretreated Coconut Husk Powder Lignocellulosic Composition,” *Bioresour. Technol. Reports*, vol. 22, no. June, p. 101500, 2023, doi: 10.1016/j.biteb.2023.101500.

- [18] J. Styks, M. Wróbel, J. Fraczek, and A. Knapczyk, “Effect of Compaction Pressure and Moisture Content on Quality Parameters of Perennial Biomass Pellets,” *Energies*, vol. 13, 2020.
- [19] A. Trisa, W. Nuriana, and Mustafa, “Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Densitas , Kadar Air Dan Laju Pembakaran Pada Briket Pelepah Kelapa,” in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapanj*, 2019, pp. 421–426.
- [20] A. Kuhe, A. V. Terhemba, and H. Iortyer, “Biomass Valorization for Energy Applications : A Preliminary Study on Millet Husk,” *Heliyon*, vol. 7, 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07802.
- [21] W. Anggono, G. J. Gotama, C. Pronk, I. C. Hernando, and T. Sutrisno, “Characteristics of biomass briquettes from coffee husk as sustainable fuel,” *BIO Web Conf.*, vol. 62, 2023.
- [22] K. K. Daniel, Z. O. Siagi, and J. O. Ogola, “Effect of Formulation , Binder and Compaction Pressure of Rice Husk-Bagasse Briquettes on Thermal and Physical Properties,” *J. Sci. Res. Reports*, vol. 26, no. 10, pp. 38–53, 2020, doi: 10.9734/JSRR/2020/v26i1030320.