

JURITIKA

Jenis Artikel: *original research*

Karakterisasi Biobriket Berbahan Sekam Padi dan Serbuk Gergaji sebagai Bahan Bakar Biomassa Alternatif

Mufirati Akram¹, Maula Safrina¹, M Sultan Alqifari¹, Diki Miswar¹, Sri Nengsih^{1*}

¹Prodi Teknik Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

*Corresponding e-mail: srinengsih@ar-raniry.ac.id

KATA KUNCI:

Biobriket,
Biomassa, Sekam
padi, Serbuk
gergaji, Energi
terbarukan

Diterima: 05 Maret 2026
Direvisi: 27 Juni 2026
Diterbitkan: 30 Juni 2026

ABSTRAK. Pemanfaatan limbah biomassa sebagai sumber energi terbarukan menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus meningkatkan nilai tambah limbah pertanian dan industri kayu. Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan mengkarakterisasi biobriket berbahan baku sekam padi dan serbuk gergaji dengan perekat tepung tapioka. Biobriket dibuat melalui proses karbonisasi, penghalusan, pencampuran perekat, pencetakan, dan pengeringan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 2,5 jam. Variasi komposisi bahan baku yang digunakan terdiri atas 300:200 g, 200:300 g, dan 250:250 g antara serbuk gergaji dan sekam padi. Karakterisasi dilakukan melalui pengujian kadar air, kadar abu, densitas, ketahanan mekanik, dan performa pembakaran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa biobriket memiliki kadar air pada rentang 6,1–6,9%, kadar abu sebesar 9,0–13,1%, dan densitas antara 1,3–1,7 g/cm³. Pengujian mekanik sederhana menunjukkan bahwa seluruh sampel mampu bertahan pada uji jatuh hingga ketinggian 100 cm tanpa mengalami kerusakan yang signifikan. Selain itu, hasil pengujian pembakaran menunjukkan bahwa biobriket mampu mempertahankan bara api hingga 45 menit. Komposisi seimbang antara sekam padi dan serbuk gergaji menghasilkan densitas tertinggi dan menunjukkan karakteristik fisik yang lebih baik dibandingkan komposisi lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah sekam padi dan serbuk gergaji berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku biobriket yang ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk mendukung pengembangan energi biomassa.

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi dunia terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri, sementara cadangan bahan bakar fosil semakin menurun dan menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan akibat emisi gas rumah kaca (Setyono & Kiono, 2021), (IEA, 2024). Kondisi tersebut mendorong pengembangan sumber energi terbarukan yang berkelanjutan, salah satunya melalui pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar alternatif (Tanami, 2024). Biomassa memiliki keunggulan karena bersifat terbarukan, mudah diperoleh, serta dapat mengurangi permasalahan limbah yang dihasilkan dari sektor pertanian dan industri.

Indonesia merupakan negara agraris yang menghasilkan biomassa dalam jumlah melimpah (Maheswara, 2022). Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa produksi padi Indonesia pada tahun 2024 mencapai 53,14 juta ton gabah kering giling (GKG) (BPS, 2025). Dalam proses penggilingan padi, sekitar 20–30% berat gabah akan menjadi sekam padi yang umumnya belum dimanfaatkan secara optimal. Selain limbah pertanian, industri pengolahan kayu juga menghasilkan limbah serbuk gergaji dalam jumlah besar yang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber energi biomassa.

Salah satu bentuk pemanfaatan biomassa yang banyak dikembangkan adalah biobriket. Biobriket merupakan bahan bakar padat yang diperoleh melalui proses densifikasi biomassa sehingga memiliki densitas energi yang lebih tinggi dibandingkan biomassa dalam bentuk curah. Penggunaan biobriket memiliki beberapa keunggulan, antara lain mudah disimpan dan didistribusikan, menghasilkan pembakaran yang lebih stabil, serta dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Berbagai penelitian telah melaporkan pemanfaatan limbah biomassa seperti tempurung kelapa, tongkol jagung, sekam padi, dan serbuk gergaji sebagai bahan baku biobriket dengan karakteristik yang beragam (Lebang & Mualim, 2024), (Ibrahim dkk, 2025) dan (Maheswara, 2022).

Sekam padi dan serbuk gergaji merupakan biomassa lignoselulosa yang memiliki kandungan karbon cukup tinggi sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan baku biobriket (Dimas, 2022) dan (Wahyuni dkk, 2020). Sekam padi memiliki ketersediaan yang melimpah dan mengandung silika yang dapat memengaruhi karakteristik pembakaran, sedangkan serbuk gergaji memiliki kandungan lignin yang relatif tinggi sehingga berpotensi meningkatkan kekuatan mekanik briket (Khalil & Hasibuan, 2023), (Batteggazzore dkk, 2014) dan (Rahman & Ibrahim, 2019). Kombinasi kedua bahan tersebut diharapkan dapat menghasilkan biobriket dengan karakteristik fisik yang baik dan performa pembakaran yang memadai.

Meskipun berbagai penelitian mengenai biobriket telah dilakukan, kajian mengenai pengaruh variasi komposisi sekam padi dan serbuk gergaji terhadap karakteristik fisik biobriket masih perlu dikembangkan, khususnya pada parameter kadar air, kadar abu, densitas, ketahanan mekanik, dan karakteristik pembakaran. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat biobriket berbahan baku sekam padi dan serbuk gergaji serta mengevaluasi karakteristik fisik dan performa pembakarannya sebagai bahan bakar biomassa alternatif.

2. Metodologi

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sekam padi, serbuk gergaji, tepung tapioka sebagai bahan perekat, dan air. Sekam padi diperoleh dari penggilingan padi di Kabupaten Aceh Besar, sedangkan serbuk gergaji diperoleh dari industri pengolahan kayu di Kota Banda Aceh. Peralatan yang digunakan meliputi timbangan digital, wadah karbonisasi, saringan, alat penumbuk, cetakan briket, oven, jangka sorong, dan stopwatch.

2.2 Pembuatan Biobriket

Sekam padi dan serbuk gergaji terlebih dahulu dikarbonisasi menggunakan metode pirolisis sederhana hingga terbentuk arang. Arang yang diperoleh didinginkan pada suhu ruang, kemudian dihaluskan dan diayak untuk memperoleh ukuran partikel yang lebih seragam (Kasmiyanto, 2023) dan (Adriyanto, 2024). Penelitian menggunakan tiga variasi komposisi bahan baku sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi komposisi bahan baku biobriket

Sampel	Serbuk Gergaji (g)	Sekam Padi (g)
S1	300	200
S2	200	300
S3	250	250

Arang hasil karbonisasi dicampurkan dengan perekat tepung tapioka hingga homogen. Campuran kemudian dicetak dengan massa 90 g untuk setiap sampel dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 2,5 jam. Berikut Gambar 1 proses pembuatan biobriket.



Gambar 1. Proses Pembuatan biobriket dari Serbuk Gergaji dan Sekam Padi

2.3 Karakterisasi Biobriket

2.3.1 Kadar Air

Kadar air ditentukan menggunakan metode oven. Sampel ditimbang sebelum dan sesudah proses pengeringan, kemudian dihitung menggunakan Persamaan (1) (Adriyanto, 2025).

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \% \quad (1)$$

Dimana m_1 adalah massa awal dan m_2 adalah massa setelah pengeringan.

2.3.2 Kadar Abu

Pengujian kadar abu dilakukan dengan membakar sampel hingga seluruh material organik habis dan tersisa residu abu (BSN, 2002). Persentase kadar abu dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{m_a}{m_s} \times 100 \% \quad (2)$$

dengan m_a merupakan massa abu dan m_s massa sampel sebelum pembakaran.

2.3.3 Densitas

Densitas biobriket dihitung berdasarkan perbandingan massa (m) dan volume (V) menggunakan Persamaan (3).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3)$$

2.3.4 Uji Ketahanan Mekanik

Ketahanan mekanik dievaluasi menggunakan metode drop test dengan menjatuhkan sampel dari ketinggian 50 cm, 70 cm, dan 100 cm. Kondisi fisik briket diamati setelah pengujian untuk mengetahui adanya retak atau kerusakan.

2.3.5 Uji Pembakaran

Karakteristik pembakaran diamati melalui pengukuran waktu nyala biobriket. Pengujian dilakukan dengan membakar sampel hingga terbentuk bara api dan mencatat waktu pembakaran sampai bara padam sepenuhnya menggunakan stopwatch.

3. Hasil dan Pembahasan

3. 1 Karakteristik Kadar Air

Dalam Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian kadar air biobriket menunjukkan nilai sebesar 6,1%, 6,9%, dan 6,4% masing-masing untuk sampel S1, S2, dan S3. Nilai kadar air tertinggi diperoleh pada sampel S2 yang memiliki komposisi sekam padi lebih banyak dibandingkan serbuk gergaji, sedangkan kadar air terendah diperoleh pada sampel S1. Kadar air merupakan salah satu parameter penting yang memengaruhi kualitas biobriket karena berkaitan dengan kemudahan penyalaan dan efisiensi pembakaran. Semakin rendah kadar air, semakin sedikit energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air selama proses pembakaran sehingga energi panas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara lebih efektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh sampel memiliki kadar air di bawah 8%, sehingga telah memenuhi persyaratan kadar air maksimum pada SNI 01-6235-2000 untuk briket arang. Nilai kadar air yang relatif rendah menunjukkan bahwa proses pengeringan pada suhu 100°C selama 2,5 jam mampu mengurangi kandungan air dalam biobriket secara efektif.

Tabel 2. Hasil pengujian kadar air sampel biobriket

Sampel	Massa Awal (g)	Massa Setelah Oven	Kadar Air (%)
S1 (300:200)	90	84,5	6,1
S2 (200:300)	90	83,8	6,9
S3 (250:250)	90	84,2	6,4

Hasil pengujian kadar abu menunjukkan bahwa sampel S1 memiliki kadar abu sebesar 9,0%, sampel S2 sebesar 13,1%, dan sampel S3 sebesar 11,0%. Sampel S2 menghasilkan kadar abu tertinggi, sedangkan sampel S1 menghasilkan kadar abu terendah. Peningkatan kadar abu pada S2 dipengaruhi oleh tingginya proporsi sekam padi dalam campuran. Sekam padi diketahui mengandung silika dalam jumlah cukup tinggi sehingga residu pembakaran yang dihasilkan juga lebih besar dibandingkan serbuk gergaji. Sebaliknya, dominasi serbuk gergaji pada S1 menyebabkan jumlah residu pembakaran menjadi lebih rendah. Kadar abu yang rendah umumnya lebih diinginkan karena dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi residu yang tertinggal setelah proses pembakaran. Oleh karena itu, komposisi dengan kandungan serbuk gergaji lebih tinggi cenderung menghasilkan karakteristik pembakaran yang lebih baik dari segi residu abu. Hal ini ditunjukkan dalam Tabel 3

Tabel 3. Hasil pengujian kadar abu sampel biobriket

Sampel	Massa Kering (g)	Massa Abu (g)	Kadar Abu (%)
S1	84,5	7,6	9,0
S2	83,8	11,0	13,1
S3	84,2	9,3	11,0

Hasil gabungan pengujian seluruh sampel biobriket ditunjukkan dalam Tabel 4. Pada penhitungan densitas biobriket yang diperoleh masing-masing sebesar 1,4 g/cm³ untuk S1, 1,3 g/cm³ untuk S2, dan 1,7 g/cm³ untuk S3. Nilai densitas tertinggi diperoleh pada sampel S3 yang memiliki komposisi seimbang antara sekam padi dan serbuk gergaji. Densitas menunjukkan tingkat kerapatan partikel dalam biobriket. Semakin tinggi densitas, semakin rapat struktur biobriket sehingga ketahanan mekanik dan waktu pembakaran cenderung meningkat. Nilai densitas seluruh sampel berada di atas batas minimum standar briket arang, yang menunjukkan bahwa proses pencetakan dan penggunaan perekat tepung tapioka menghasilkan ikatan antartpartikel yang cukup baik. Densitas tertinggi pada S3 menunjukkan bahwa komposisi seimbang memberikan distribusi partikel yang lebih homogen sehingga menghasilkan struktur yang lebih kompak dibandingkan komposisi lainnya.

Pengujian ketahanan mekanik dilakukan menggunakan metode drop test. Hasil pengujian Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh sampel mampu mempertahankan bentuknya setelah dijatuhkan dari ketinggian pengujian. Namun demikian, sampel S3 menunjukkan performa terbaik karena memiliki struktur yang lebih padat dan tidak menunjukkan kerusakan yang berarti. Ketahanan mekanik yang baik dipengaruhi oleh densitas dan efektivitas perekat dalam mengikat partikel biomassa. Penggunaan tepung tapioka sebagai perekat menghasilkan ikatan yang cukup kuat sehingga biobriket tidak mudah retak selama penanganan. Hasil ini menunjukkan bahwa komposisi seimbang antara sekam padi dan serbuk gergaji memberikan stabilitas mekanik yang lebih baik dibandingkan komposisi lainnya.

Hasil pengujian pembakaran pada Tabel 4 menunjukkan bahwa sampel S1 memiliki waktu pembakaran sedang, sedangkan S2 memiliki waktu pembakaran lebih lama. Sampel S3 menunjukkan karakteristik pembakaran yang paling stabil dibandingkan kedua sampel lainnya. Perbedaan karakteristik pembakaran dipengaruhi oleh kombinasi kadar abu, kadar air, dan densitas biobriket. Sampel S3 yang memiliki densitas tertinggi menunjukkan laju pembakaran yang lebih terkendali sehingga menghasilkan waktu pembakaran yang lebih stabil. Struktur yang lebih rapat menyebabkan suplai oksigen ke bagian dalam biobriket berlangsung lebih lambat sehingga proses pembakaran terjadi secara bertahap. Sebaliknya, densitas yang lebih rendah pada S2 menyebabkan pembakaran berlangsung lebih cepat meskipun waktu nyala relatif lebih lama.

Tabel 4. Hasil Gabungan pengujian sampel biobriket

Parameter	S1	S2	S3
Kadar air (%)	6,1	6,9	6,4
Kadar abu (%)	9,0	13,1	11,0
Densitas (g/cm ³)	1,4	1,3	1,7
Ketahanan mekanik	Baik	Baik	Sangat baik
Waktu pembakaran	Sedang	Lebih lama	Paling stabil

Berikut hasil perbandingan hasil pengujian sampel briobriket yang dibuat dengan SNI dan riset terdahulu yang ditunjukkan dalam tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan dengan SNI dan Penelitian Terdahulu

Parameter	Hasil Terbaik Penelitian Ini	SNI 01-6235-2000	Penelitian Terdahulu
Kadar air (%)	6,1	≤ 8	5–12
Kadar abu (%)	9,0	≤ 8	7–18
Densitas (g/cm ³)	1,7	≥ 0,44	0,9–1,2
Ketahanan mekanik	Sangat baik	-	Baik
Karakteristik pembakaran	Stabil	-	Stabil

Pada Tabel 5 menyajikan perbandingan karakteristik biobriket terbaik hasil penelitian ini dengan standar nasional serta beberapa penelitian terdahulu. Berdasarkan hasil karakterisasi pada Tabel 3, sampel S3 dengan komposisi serbuk gergaji dan sekam padi sebesar 250:250 dipilih sebagai formulasi optimum karena menunjukkan densitas tertinggi, ketahanan mekanik terbaik, dan karakteristik pembakaran yang paling stabil. Oleh karena itu, parameter sampel S3 digunakan sebagai representasi hasil penelitian untuk dibandingkan dengan standar dan hasil penelitian sebelumnya. Parameter kadar air biobriket optimum sebesar 6,4% telah memenuhi persyaratan SNI 01-6235-2000, yaitu maksimum 8%. Nilai tersebut juga berada dalam rentang kadar air biobriket biomassa yang dilaporkan oleh Kaliyan dan Morey (2009), yaitu 5–12%. Kadar air yang relatif rendah menunjukkan bahwa proses pengeringan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 2,5 jam mampu mengurangi kandungan air secara efektif. Menurut Grover dan Mishra (1996), kadar air yang rendah berperan penting dalam meningkatkan kemudahan penyalaan, kestabilan pembakaran, serta efisiensi pemanfaatan energi karena panas yang dihasilkan tidak banyak digunakan untuk menguapkan air yang terkandung di dalam bahan bakar.

Pada parameter kadar abu, sampel optimum menghasilkan nilai sebesar 11,0%, yang masih berada di atas batas maksimum SNI sebesar 8%. Meskipun demikian, nilai tersebut masih berada dalam rentang yang umum ditemukan pada biobriket berbahan dasar sekam padi. Tingginya kadar abu dipengaruhi oleh kandungan silika yang tinggi pada sekam padi. Saat proses pembakaran berlangsung, komponen organik seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin akan terdegradasi menjadi gas dan arang, sedangkan silika tetap tertinggal sebagai residu abu. Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian Lim et al. (2012) yang melaporkan bahwa sekam padi memiliki kandungan abu relatif tinggi dibandingkan biomassa kayu akibat dominasi senyawa silika. Oleh karena itu, kadar abu yang diperoleh pada penelitian ini masih dapat diterima untuk biobriket berbasis limbah pertanian meskipun belum memenuhi standar SNI secara penuh.

Dari aspek densitas, sampel optimum menunjukkan nilai sebesar 1,7 g/cm³. Nilai tersebut jauh melebihi batas minimum SNI sebesar 0,44 g/cm³ dan lebih tinggi dibandingkan beberapa penelitian terdahulu yang

melaporkan densitas biobriket biomassa pada kisaran 0,9–1,2 g/cm³. Tingginya densitas menunjukkan bahwa proses pencetakan dan penggunaan perekat tepung tapioka menghasilkan struktur biobriket yang lebih kompak. Secara teoritis, peningkatan densitas akan menurunkan porositas material sehingga laju difusi oksigen ke bagian dalam biobriket menjadi lebih lambat. Akibatnya, proses pembakaran berlangsung lebih terkendali dan waktu nyala menjadi lebih panjang. Pernyataan ini sesuai dengan teori densifikasi biomassa yang dikemukakan oleh Kaliyan dan Morey (2009), bahwa densitas merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kualitas pembakaran dan daya tahan mekanik briket.

Selain memiliki densitas yang tinggi, sampel S3 juga menunjukkan ketahanan mekanik yang baik dan karakteristik pembakaran yang paling stabil dibandingkan variasi komposisi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi sekam padi dan serbuk gergaji dalam jumlah seimbang mampu menghasilkan distribusi partikel yang lebih homogen sehingga meningkatkan kekompakan struktur biobriket. Kandungan lignin dari serbuk gergaji berkontribusi sebagai perekat alami selama proses densifikasi, sedangkan sekam padi berperan sebagai sumber karbon biomassa yang melimpah dan ekonomis. Sinergi kedua bahan tersebut menghasilkan biobriket dengan karakteristik fisik yang lebih baik dibandingkan penggunaan satu jenis biomassa secara tunggal.

Secara keseluruhan, hasil perbandingan dengan standar dan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa formulasi biobriket berbahan sekam padi dan serbuk gergaji dengan rasio 250:250 memiliki prospek yang baik sebagai bahan bakar biomassa alternatif. Meskipun masih diperlukan optimasi untuk menurunkan kadar abu agar mendekati standar nasional, karakteristik kadar air, densitas, ketahanan mekanik, dan kestabilan pembakaran yang diperoleh menunjukkan bahwa formulasi ini berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut dalam skala yang lebih besar guna mendukung pemanfaatan limbah biomassa dan pengembangan energi terbarukan di Indonesia.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menghasilkan biobriket berbahan baku sekam padi dan serbuk gergaji dengan variasi komposisi 300:200, 200:300, dan 250:250 menggunakan perekat tepung tapioka. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa biobriket yang dihasilkan memiliki kadar air pada rentang 6,1–6,9%, kadar abu 9,0–13,1%, dan densitas 1,3–1,7 g/cm³. Seluruh sampel memenuhi persyaratan kadar air berdasarkan SNI 01-6235-2000, namun nilai kadar abu masih berada di atas batas standar yang ditetapkan. Variasi komposisi bahan baku memberikan pengaruh terhadap karakteristik fisik biobriket. Peningkatan proporsi sekam padi cenderung meningkatkan kadar abu akibat kandungan silika yang tinggi, sedangkan penggunaan serbuk gergaji berkontribusi terhadap penurunan kadar abu dan peningkatan kualitas pembakaran. Komposisi seimbang antara sekam padi dan serbuk gergaji (250:250) menghasilkan densitas tertinggi sebesar 1,7 g/cm³, menunjukkan ketahanan mekanik yang baik, serta menghasilkan karakteristik pembakaran yang paling stabil dibandingkan komposisi lainnya. Berdasarkan hasil penelitian, biobriket berbahan sekam padi dan serbuk gergaji berpotensi dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan memanfaatkan limbah biomassa yang melimpah. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan pengujian nilai kalor, analisis emisi gas hasil pembakaran, serta optimasi proses karbonisasi dan komposisi bahan baku guna meningkatkan kualitas biobriket dan mendekati standar mutu nasional. Secara keseluruhan, formulasi biobriket dengan rasio sekam padi dan serbuk gergaji 250:250 merupakan komposisi optimum pada penelitian ini karena memberikan keseimbangan terbaik antara densitas, kekuatan mekanik, dan kestabilan pembakaran. Formulasi tersebut memiliki prospek untuk diaplikasikan sebagai sumber energi biomassa alternatif dalam mendukung pemanfaatan limbah pertanian dan industri kayu secara berkelanjutan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Fisika Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh atas dukungan fasilitas dan sarana pada laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh terkhusus Laboratorium Kimia yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu proses pengumpulan bahan, pembuatan biobriket, pengujian, serta penyusunan artikel sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Keterlibatan Penulis

SN berkontribusi pada Konseptualisasi penelitian, supervisi, validasi data, analisis formal, serta peninjauan dan penyuntingan naskah. MA berkontribusi pada Metodologi penelitian, pelaksanaan penelitian, pengelolaan data, serta penyusunan draf awal naskah. MS berkontribusi pada Metodologi penelitian, pelaksanaan penelitian, pengelolaan data, serta penyusunan draf awal naskah. MSA berkontribusi pada Metodologi penelitian, pelaksanaan penelitian, dan pengumpulan data. Dan DM berkontribusi pada Metodologi penelitian, pelaksanaan penelitian, dan pengumpulan data. Seluruh penulis telah membaca, menyetujui, dan bertanggung jawab terhadap versi akhir naskah yang dipublikasikan.

Daftar Pustaka

- Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. (2021). Dari energi fosil menuju energi terbarukan: Potret kondisi minyak dan gas bumi Indonesia tahun 2020–2050. *Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, 2(3), 154–162. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157>
- International Energy Agency. (2024, Februari 29). *IEA: Emisi CO2 akibat konsumsi energi capai rekor tertinggi pada 2023*. VOA Indonesia. <https://www.voaindonesia.com/a/iea-emisi-co2-akibat-konsumsi-energi-capai-rekor-tertinggi-pada-2023/7509553.html>
- Tanami. (2024, Januari 5). *Biomassa sekam padi: Sumber energi terbarukan yang berpotensi besar*. <https://tanami.co.id/sekam-bakar/biomassa-sekam-padi/>
- Maheswara, M. (2022). *Analisis karakteristik arang briket campuran bahan dasar serbuk gergaji kayu jati, sekam padi, dan kulit durian* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Ponorogo]. ePrints UMPo. <https://eprints.umpo.ac.id/9361/>
- Badan Pusat Statistik. (2025, Februari 2). *Pada 2024, luas panen padi mencapai sekitar 10,05 juta hektare dengan produksi padi sebanyak 53,14 juta ton gabah kering giling (GKG)*. <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2025/02/03/2414/pada-2024--luas-panen-padi-mencapai-sekitar-10-05-juta-hektare-dengan-prod.html>
- Lebang, G. E., & Mualim, I. (2014). *Analisa kinerja briket arang dengan komposisi serbuk gergaji kayu bayam dan sekam padi* [Diploma Thesis, Politeknik Negeri Ujung Pandang]. Repository Poliupg. <https://repository.poliupg.ac.id/id/eprint/6887/>
- Ibrahim, R., Sofyan, A., & Rahmawati, D. (2025). Pengaruh variasi bahan baku (tempurung kelapa, sekam padi, serbuk gergaji kayu) terhadap karakteristik biobriket. *IRAJ Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya*, 3(1), 12–21. <https://e-journals.irapublishing.com/index.php/IRAJTMA/article/download/358/321>
- Dhimas, M. P. (2022). *Karakteristik biopellet dari bahan sekam padi dan serbuk gergaji kayu jati (Tectona grandis Linn.F)* [Skripsi, Universitas Mataram]. Repository UNRAM. <https://eprints.unram.ac.id/31147/>
- Wahyuni, S., Istighfari, A., & Nurdawati, A. (2020). Pirolisis limbah biomassa serbuk gergaji kayu campuran: Parameter proses dan analisis produk asap cair. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(2), 45–56. <https://media.neliti.com/media/publications/451671-none-a0e08aae.pdf>

- Khalil, A., & Hasibuan, M. (2023). Analisa suhu dan waktu pembakaran abu sekam padi untuk menghasilkan silika terbaik. *CEJS (Citra Engineering Journal Sriwijaya)*, 10(2), 45–56. <https://doi.org/10.24815/cejs.v10i2.9768>
- Battegazzore, D., Fallai, C., & Frigione, M. (2014). Rice husk as a source of silica for polymer composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(15), 40567.
- Rahman, M. A., & Ibrahim, M. (2019). Pemanfaatan limbah serbuk gergaji sebagai bahan dasar pembuatan briket. *Jurnal Biologi Tropis*, 19(2), 123–130. <https://doi.org/10.29303/jbt.v19i2.656>
- Kasmiyanto, A. R. (2023). Pengolahan sekam padi menjadi bahan bakar alternatif melalui proses pirolisis lambat. *Jurnal Teknik*, 8(1), 23–34. <https://ejournal.jatengprov.go.id/index.php/jurnaljateng/article/view/228>
- Andriyanto, A. (2024). Evaluasi desain alat pirolisis sederhana sekam padi (*Oryza sativa* L.) untuk produksi biochar dan asap cair. *Turbo: Jurnal Teknik Mesin*, 13(2), 145–156. <https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo/article/download/641/456>
- Andriyanto, A. (2025, Januari 29). The impact of carbonization temperature on the quality of empty fruit bunch briquettes. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 10(1), 23–34. <https://ejournalunb.ac.id/JSN/article/download/766/600>
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *Metode pengujian kadar air, kadar abu dan bahan organik dari tanah gambut dan tanah organik lainnya (SNI 13-6793-2002)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. https://perpustakaan.ciptakarya.pu.go.id/opac/index.php?p=show_detail&id=9985
- Grover, P. D., & Mishra, S. K. (1996). *Biomass briquetting: Technology and practices*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Wood Energy Development Programme in Asia (RWEDP).
- 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>
- Lim, J. S., Manan, Z. A., Alwi, S. R. W., & Hashim, H. (2012). A review on utilisation of biomass from rice industry as a source of renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 3084–3094. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.051>
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 01-6235-2000: Briket arang kayu*. Badan Standardisasi Nasional.