



Optimasi Rasio Campuran Batang Pisang dan Sekam Padi terhadap Karakteristik Bahan Bakar Bio-Briket

Optimization of Banana Stem and Rice Husk Mix Ratio on the Characteristics of Bio-Briquette Fuel

Malihul Karim¹, Hasan Bashori^{1,a)}

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Yudharta Pasuruan

^{a)}Corresponding author: hasan.bashori@yudharta.ac.id

Abstrak

Penelitian ini memanfaatkan limbah biomassa, khususnya batang pisang dan sekam padi, yang jarang dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia, terutama untuk pembuatan briket bahan bakar. Dalam penelitian ini, percobaan laboratorium dilakukan untuk mengkaji kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, nilai kalor, dan kadar karbon terikat. Pendekatan ini mengikuti metode percobaan dengan mencampurkan kedua bahan tersebut dalam berbagai kombinasi untuk membuat briket. Campuran batang pisang dan sekam padi terdiri dari variasi PP-SP 1:1, PP-SP 2:1, PP-SP 1:2, dan bahan pengikat yang digunakan adalah 20% tepung maizena. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil terbaik dicapai dengan kadar air pada sampel PP-SP 1:2, yaitu sebesar 0,17%, di mana kadar air yang lebih rendah menghasilkan nilai kalor yang lebih tinggi. Nilai kalor tertinggi tercatat pada sampel PP-SP 1:2, dengan pengukuran sebesar 3079 cal/ gram.

Kata Kunci: briket; pelepah pisang; sekam padi; tepung maizena

Abstract

This study utilizes biomass waste, specifically banana stalks and rice husks, which are rarely utilized by Indonesians, especially for the production of fuel briquettes. In this study, laboratory experiments were conducted to assess the moisture content, ash content, volatile matter content, calorific value, and bound carbon content. This approach follows an experimental method by mixing the two materials in various combinations to make briquettes. The mixture of banana stalks and rice husks consisted of variations PP-SP 1:1, PP-SP 2:1, PP-SP 1:2, and the binder used was 20% cornstarch. The results showed that the best results were achieved with a moisture content of 0.17% in sample PP-SP 1:2, where lower moisture content resulted in higher calorific value. The highest calorific value was recorded in sample PP-SP 1:2, with a measurement of 3079 cal/gram.

Keywords: briquettes; banana stems; rice husks; cornstarch

PENDAHULUAN

Bahan bakar merupakan kebutuhan pokok bagi masyarakat yang terus bertambah seiring pertumbuhan penduduk Indonesia [1]. Sebagian besar bahan bakar di negara ini berasal dari bahan bakar fosil. Akibatnya, terdapat kebutuhan akan jenis bahan bakar lain untuk memenuhi kebutuhan energi Indonesia. Salah satu pilihan bahan bakar alternatif adalah briket, yang terbuat dari limbah biomassa dan berfungsi sebagai sumber energi alternatif [2].

Biomassa berperan sebagai pilihan energi terbarukan yang dapat menggantikan bahan bakar fosil [3]. Biomassa mengacu pada bahan organik dari tumbuhan, pohon, atau sisa hasil pertanian yang dapat digunakan sebagai bahan

bakar atau energi. Contoh umum biomassa antara lain tongkol jagung, jerami, dan barang-barang serupa; sumber daya kayu seperti kayu gelondongan, kulit kayu, dan serpihan kayu; sampah perkotaan seperti kertas bekas; dan tanaman penghasil energi seperti minyak kedelai, alfalfa, dan poplar, dan lain-lain [4].

Briket merupakan jenis bahan bakar alternatif yang terbuat dari sumber daya alam seperti sisa tanaman, serbuk gergaji, dan bahan baku lainnya. Penggunaan briket mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Briket juga dapat dibuat dari sisa tanaman pisang dan sekam padi, yang keduanya berasal dari pertanian [5]. Selain itu, briket biasanya murah dan mudah dibuat, sehingga menghasilkan energi yang cukup [6].

Pisang menurut [7] adalah jenis tanaman berdaun besar dan panjang. Beberapa jenis menghasilkan buah dengan nama yang sama. Pisang tumbuh berkelompok membentuk seperti telapak tangan. Kebanyakan pisang memiliki kulit yang serupa saat matang, tetapi beberapa bisa berwarna oranye, merah, hijau, ungu, atau bahkan hitam. Pisang menyediakan energi, karbohidrat, dan mineral penting. Selain menjadi sumber energi, pisang baik untuk kesehatan karena kaya akan vitamin. Berdasarkan penelitian [8] Salah satu bagian tanaman pisang yang jarang dimanfaatkan adalah pelepahnya. Biasanya, pelepah pisang dibakar atau dibuang begitu saja, sehingga menghasilkan banyak limbah.

Menurut penelitian Soltani dkk. (2015), sekam padi merupakan jenis biomassa yang terdiri dari 19,2% lignin, 34,4% selulosa, dan 24,3% hemiselulosa [9]. Komposisi sekam padi terdiri dari 9,0% kadar air, 3,03% protein kasar, 1,18% lemak, dan 17,71% abu. Kandungan selulosa yang tinggi dalam sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar yang andal. Sekam padi menurut [10] merupakan salah satu jenis biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan briket. Sekam padi berasal dari proses penggilingan padi dan belum dimanfaatkan secara optimal. Berdasarkan informasi mengenai Potensi Residu Biomassa sebagai Sumber Energi di Indonesia, tercatat bahwa energi yang dapat diperoleh dari pemanfaatan sekam padi mencapai 27×10^9 J per tahun.

Menurut penelitian [11] dalam pembuatan briket biomassa, perekat umumnya digunakan untuk memperbaiki tampilannya. Penggunaan perekat dalam jumlah yang tepat dapat meningkatkan nilai kalor briket dan mencegahnya mudah pecah. Metode pembuatan briket memengaruhi banyak faktor, termasuk kombinasi bahan, tekanan yang diberikan, nilai kalor, kadar air, dan kadar abu. Pemilihan jenis dan jumlah lem sangat penting dalam produksi briket. Tepung maizena merupakan perekat yang kuat dan dapat menghasilkan briket yang sangat kokoh [12].

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana briket yang terbuat dari pelepah pisang, sekam padi, dan pati jagung dengan kombinasi 1:1, 2:1, dan 1:2. Penelitian ini memperhatikan berbagai aspek seperti nilai kalor, jumlah abu, kadar air, zat volatil, dan kandungan karbon padat. Selain itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi campuran optimal briket pelepah pisang dan sekam padi menggunakan pati jagung sebagai bahan pengikat yang memenuhi kriteria mutu yang ditentukan (SNI 01-6235_2000).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental, metode penelitian ini menggunakan kelompok eksperimental dan kontrol untuk perbandingan komposisi bahan baku pelepah pisang dengan campuran sekam padi dan perekat tepung maizena dengan variasi komposisi yang ada pada bahan baku seperti pada Tabel 1.

Dalam proses pengumpulan data bahan baku yang di gunakan adalah pelepah pisang dan sekam padi dengan campuran perekat tepung maizena. alat yang di gunakan dalam pembuatan briket adalah drum, *thermogun*, kompor, penumbuk, ayakan 80 mesh, baki, timbangan, *mixer*, oven.

Tabel 1. Komposisi variasi sampel biobriket

No	Sampel	Perekat (%)
1	PP-SP 1:1	20
2	PP-SP 2:1	20
3	PP-SP 1:2	20

Keterangan:

PP-SP 1:1 = Pelepah Pisang-Sekam Padi 1:1

PP-SP 2:1 = Pelepah Pisang-Sekam Padi 2:1

PP-SP 1:2 = Pelepah Pisang-Sekam Padi 1:2

Dalam proses pengolahan data tahapan yang pertama dilakukan yaitu pengambilan limbah pelepah pisang dan sekam padi di lakukan sebagai awal proses pembuatan briket. Bahan baku di keringkan di bawah sinar matahari selama 7 hari untuk pelepah pisang dan 3 hari untuk sekam padi, agar mengurangi kadar air yang ada di bahan baku tersebut sebelum proses pengarangan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses pengeringan bahan baku di bawah sinar matahari

Selanjutnya pengarangan di lakukan dengan drum berukuran 20 liter. Tutup drum di lubangi dan dikasih pipa besi dengan diameter 25mm x 25mm sebagai alat pembuangan asap pengarangan, Pembakaran di lakukan dengan menggunakan kompor. Proses pembakaran di lakukan dengan dengan cara bergantian antara bahan baku

pelelep pisang dan sekam padi dengan durasi 1 jam sampai asap tidak keluar dari drum dengan suhu 200°C. setelah proses pembakaran arang di diamkan selama 30 menit dan di tutup rapat sebelum di keluarkan dari drum dan kemudian ketika sudah dingin di ambil arangnya dan di masukan ke wadah seperti pada [Gambar 2](#).

Lanjut dengan penumbukan di lakukan agar untuk menghaluskan arang dan memakai ayakan 80 mesh untuk memisahkan butiran kasar dan di ambil serbuk sebagai bahan baku pembuatan briket. Selanjutnya adalah pencampuran komposisi bahan baku di lakukan dengan menggunakan tiga perbandingan variasi agar mengetahui hasil terbaik dari briket tersebut.



Gambar 2. Proses pengarangan dan hasil arang

Setelah itu perekat pada pembriketan sebagai media lem yang berfungsi merekatkan arang serbuk pelelep pisang dan sekam padi agar briket tidak mudah rusak. Perekat briket di buat dari tepung maizena dengan komposisi 20% dari berat bahan baku. tepung di panaskan menggunakan air sekitar 50%, kemudian di campur dengan bahan baku yang sudah halus lalu menggunakan *mixer* sebagai media pengaduk sampai tercampur menjadi satu. Dilanjut dengan pencetakan menggunakan alat *press* sebagai alat penekan agar briket tersebut tidak mudah retak dan kekuatan fisik briketnya sama. Pencetakan di buat dalam bentuk persegi dengan ukuran diameter 15mm x 15mm dengan tinggi briket sekitar 13mm-17mm dengan berat volume 15g sebelum di keringkan seperti pada [Gambar 3](#).



Gambar 3. Briket

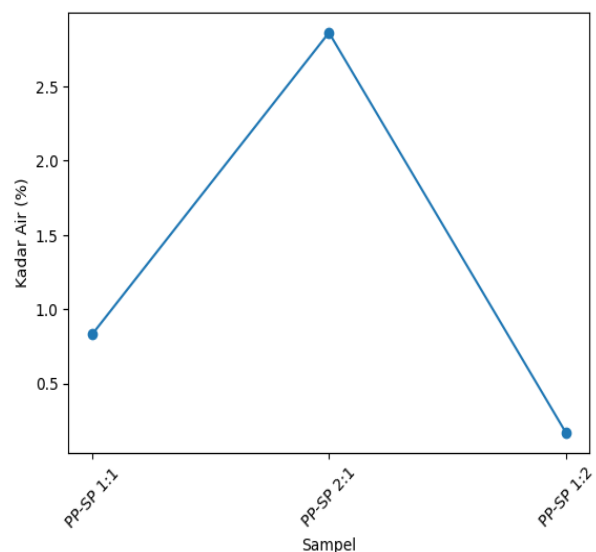
Pengeringan briket dilakukan dengan menggunakan oven dengan suhu 100°C dengan durasi 2 jam. Di lanjut dengan pengeringan briket di lakukan agar mengurangi kadar air yang ada pada briket. Sehingga pengeringan ini perlu di lakukan untuk menunjang kualitas briket. Proses akhir adalah Uji karakteristik briket di uji di laboratorium guna untuk mengetahui hasil dari kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, nilai kalor dan karbon terikat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Kadar Air

Analisis kadar air bertujuan buat mengetahui jumlah air yang tersisa pada briket [13]. Meningkatnya kadar air yang ada pada briket yang dihasilkan, maka kualitas asal briket tadi akan semakin jelek. Hal ini di timbulkan kadar air yang tinggi di briket dapat menyebabkan briket yang di dapatkan sulit buat di bakar. Selain itu, meningkatnya kadar air yang ada di briket maka akan menyebabkan briket akan cepat rusak [14].

Pada [Gambar 4](#) menunjukkan bahwa pengujian kadar air diperoleh hasil nilai dengan persentase antara 0,17% - 2,62%. Kadar air dengan nilai terendah di tunjukan pada sampel PP-SP 1:2 dengan hasil 0,17, sedangkan yang tertinggi di tunjukan pada sampel PP-SP 2:1 dengan nilai 2,62%. Semakin rendah kadar air maka kualitas briket semakin baik. Dengan hasil berikut menunjukkan bahwa perbandingan bahan baku dapat mempengaruhi hasil dengan selisih yang tidak terlalu jauh Maka dari itu Semakin banyak bahan baku sekam padi maka kadar air yang dihasilkan semakin rendah.



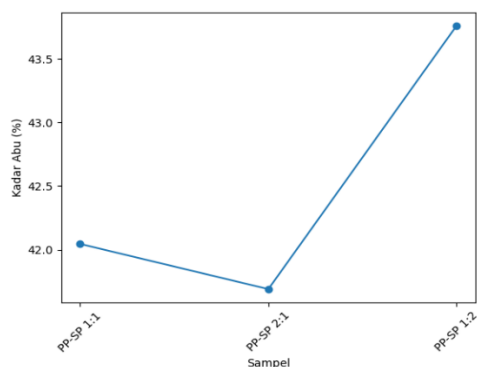
Gambar 4. Hubungan komposisi variasi bahan baku terhadap kadar air

Hasil Uji Kadar Abu

Kadar abu yaitu berasal dari mineral yang terperangkap pada struktur karbon selama pembakaran

serta pula bisa berfungsi sebagai pengotor dalam bahan bakar. Kadar abu dalam bahan bakar buruk negatif dengan nilai kalor yang dihasilkannya. Kebalikannya, bahan bakar dengan kadar abu rendah cenderung memiliki nilai kalor yang lebih tinggi [15].

Gambar 5 menunjukkan bahwa pengujian kadar abu diperoleh hasil dengan persentase antara 41,69% - 43,76%. Kadar abu dengan nilai terendah berada di sampel PP-SP 2:1 dengan persentase nilai 41,69% sedang kan yang tertinggi di dapat pada sampel PP-SP 1:2 dengan persentase nilai 43,76. Meskipun nilai terbaik terdapat pada sampel PP-SP 2:1 tetapi masih tidak sesuai dengan standar SNI yang menyebabkan kan mempengaruhi kualitas briket dan turunya nilai kalor.

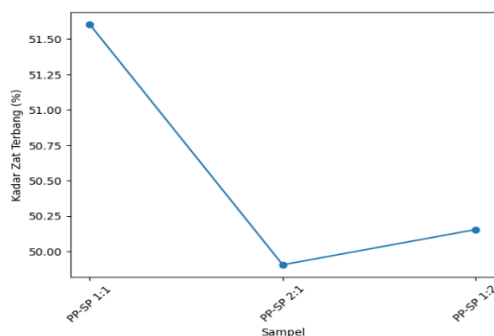


Gambar 5. Hubungan komposisi variasi bahan baku terhadap kadar abu

Hasil Uji Kadar Zat Terbang

Zat terbang (*volatile matter*) yaitu senyawa organik dan anorganik yang akan menguap jika di panaskan. Zat terbang pada briket akan mempengaruhi penyalaan bakar briket [16].

Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa pengujian kadar zat terbang di peroleh hasil dengan persentase nilai dari 49,905% - 51,6042%. Kadar abu dengan nilai terendah yaitu di sampel PP-SP 2:1 dengan nilai 49,905% dan nilai tertinggi didapat sampel PP-SP 1:1 dengan hasil nilai 51,6042%. Uji kadar zat terbang masih tidak sesuai dengan standar SNI di karnakan hasil nilainya terlalu tinggi.



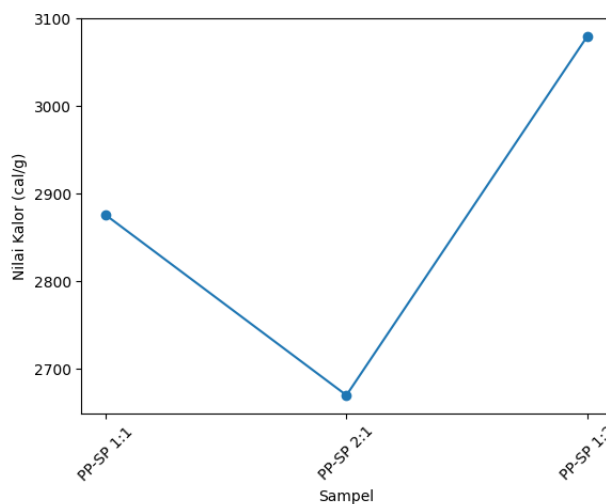
Gambar 6. Hubungan komposisi variasi bahan baku terhadap kadar zat terbang

Hasil Uji Nilai Kalor

Nilai kalor mengacu pada energi panas tertinggi yang dihasilkan oleh bahan bakar saat terbakar sempurna, diukur per satuan berat atau ruang bahan bakar [17]. Nilai kalor, juga dikenal sebagai panas pembakaran, adalah ukuran energi yang tersedia dari bahan bakar. Nilai kalori briket ditentukan dengan menggunakan kalorimeter di mana briket dibakar di bawah atmosfer oksigen dalam kapal tertutup yang akan dikelilingi oleh air dan di bawah lingkungan yang terkontrol [18].

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa pengujian nilai kalor diperoleh hasil dengan persentase nilai sekitar 2669,65 cal/gram - 3079,75 cal/gram. Nilai kalor dengan nilai tertinggi terdapat pada sampel PP-SP 1:2 dengan hasil nilai 3079,75 cal/gram dan nilai terendah di dapat pada sampel PP-SP 2:1 dengan hasil nilai 2669,65 cal/gram. Uji nilai kalor di katakan masih jauh di bawah standar SNI dikarenakan persentase nilainya terlalu rendah yang seharusnya minimal 5000 cal/gram.

Menurut [8] memberitahukan bahwa nilai kalor briket berdampak pada kualitasnya. Nilai kalor yang lebih besar menunjukkan kualitas baik pada briket, terutama Jika kandungan udaranya rendah. Nilai kalor juga ditentukan oleh variabel-variabel termasuk ikatan karbon, zat menguap, serta kadar abu; Konsentrasi abu yang tinggi menurunkan karbon terikat dan menaikkan nilai bahan mudah menguap, sebagai akibatnya menurunkan nilai kalor.



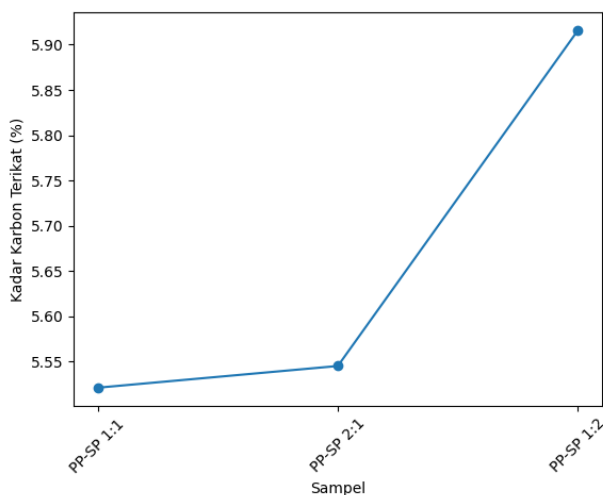
Gambar 7. Hubungan komposisi variasi bahan baku terhadap nilai kalor

Hasil Uji Kadar Karbon Terikat

Jumlah karbon dalam pengikat merupakan aspek penting dalam mengevaluasi kualitas biobriket. Semakin sedikit abu, kadar karbon dalam biobriket biasanya meningkat, sehingga meningkatkan kualitasnya. Semakin

tinggi karbon berarti briket menghasilkan lebih sedikit asap saat dibakar [19]. Hal ini terjadi karena jumlah amilosa dalam lem memengaruhi jumlah karbon yang terperangkap di dalam briket. Semakin banyak amilosa dalam lem, semakin sedikit karbon yang terikat [20].

Pada **Gambar 8** menunjukkan bahwa pengujian kadar karbon terikat diperoleh hasil dengan persentase nilai sekitar 5,521% - 5,916%. Kadar karbon tertinggi di dapat oleh sampel PP-SP 1:2 dengan hasil nilai 5,916%. Sedangkan nilai terendah di dapat oleh sampel PP-SP 1:1 dengan hasil nilai 5,521%. Dengan ini di nyatakan bahwa kadar karbon yang di dapat pada briket bahan baku pelepah pisang dan sekam padi yaitu sangat rendah dan tidak sesuai dengan standar SNI yang menunjukkan standar minimal 77% dari kadar karbon terikat.



Gambar 8. Hubungan komposisi variasi bahan baku terhadap kadar karbon terikat

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat di simpulkan bahwa Kadar air pada pembuatan briket pelepah pisang dan sekam padi hasil terbaik di dapat pada sampel PP-SP 1:2 dengan hasil nilai 0,17%. semakin rendah kadar air maka nilai kalor yang di dapat semakin baik. Nilai kalor terbaik yaitu memiliki nilai kalor yang tinggi yang terdapat pada sampel PP-SP 1:2 hasil yang di dapat dengan nilai 3079,75cal/gram. Pada pengujian kadar abu nilai terbaik terdapat pada sampel PP-SP 2:1 yaitu dengan hasil nilai 41,69%. Dan pengujian pada zat terbang hasil terbaik pada sampel PP-SP 2:1 dengan hasil nilai 49,905%. Pengujian kadar karbon nilai terbaik pada sampel PP-SP 1:1 dengan hasil nilai 5,521%.

Saran

Dari hasil pembahasan di atas pembuatan briket dari bahan baku pelepah pisang dan sekam padi dengan menggunakan perekat tepung maizena untuk penelitian

berlanjut agar berfokus pada perbandingan variasi perekat maupun variasi bahan baku perekat agar mengetahui kualitas perekat yang baik pada briket.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. R. Fadlilah and G. A. Pohan, "Analisa Pengaruh Briket Biomassa dengan Media Serbuk Kayu dan Pelepah Pisang sebagai Bahan Bakar Alternatif," *Pros. SENIATI*, vol. 6, no. 1, pp. 220–225, Jul. 2022, doi: 10.36040/seniati.v6i1.4971.
- [2] E. Kurniawan, A. Muarif, and K. A. Siregar, "Pemanfaatan Sekam Padi Dan Cangkang Sawit Sebagai Bahan Baku Briket Arang Dengan Menggunakan Perekat Tepung Kanji," 2022.
- [3] M. R. Adipratama, R. Setiawan, and N. Fauji, "Hasil Pengujian Proksimasi Dan Gas Buang Pada Briket Campuran Limbah Serutan Kayu, Sekam Padi Dan Bulu Ayam," *J. Tek. Mesin*, vol. 14, no. 1, pp. 33–39, Jun. 2021, doi: 10.30630/jtm.14.1.489.
- [4] E. Jumiati, "Pengaruh Sifat Mekanik Dan Laju Pembakaran Pada Briket Bioarang Kulit Durian Dengan Perekat Tepung Tapioka," 2020.
- [5] W. Deglas and F. Fransiska, "Analisis perbandingan bahan dan jumlah perekat terhadap briket tempurung kelapa dan ampas tebu," *Teknol. Pangan Media Inf. Dan Komun. Ilm. Teknol. Pertan.*, vol. 11, no. 1, pp. 72–78, Mar. 2020, doi: 10.35891/tp.v11i1.1899.
- [6] S. D. A. Febriani, F. W. Kusuma, D. E. Rahmanto, and D. A. Prasetyo, "Analisis Kualitas Briket Arang Kulit Kacang Tanah Dengan Perekat Biji Nangka," *J. Tek. Terap.*, vol. 1, no. 2, pp. 42–46, Oct. 2022, doi: 10.25047/jteta.v1i2.19.
- [7] M. Rizal Akbar Zamzami, M. Ana Zamzami, E. Rizqi Kusuma Pradani, I. Martha Fitriani, and B. Nastiti Tasaufi, "Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pemanfaatan Limbah Pelepah Pisang Menjadi Bio Arang Di Desa Purwodadi," *J. Edukasi Pengabd. Masy.*, vol. 3, no. 2, pp. 182–189, Apr. 2024, doi: 10.36636/eduabdimas.v3i2.4130.
- [8] M. C. K. Pramuda and I. H. Siregar, "Uji Karakteristik Briket Dengan Campuran Serbuk Arang Kelapa Dan Pelepah Pisang Menggunakan Perekat Molases," vol. 12, 2024.
- [9] R. W. Putri *et al.*, "Pemanfaatan sekam padi untuk produksi biobriket dengan variasi binder tepung tapioka dan tepung biji durian," *J. Tek. Kim.*, vol. 29, no. 1, pp. 1–8, Mar. 2023, doi: 10.36706/jtk.v29i1.1240.
- [10] S. S. Dahdah, "Pemanfaatan Sekam Padi Menjadi Briket Sebagai Energi Alternatif Studi Kasus Desa Wotansari–Balong Panggang," *DedikasiMUJournal Community Serv.*, vol. 2, no. 1, p. 180, Mar. 2020, doi: 10.30587/dedikasimu.v2i1.1202.

- [11] A. L. Sanni and I. Nurjannah, "Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Baku Sekam Padi, Bonggol Jagung dan Perekat Tapioka Terhadap Kualitas dan Performa Pembakaran Briket Biomassa," vol. 13, 2024.
- [12] L. Valentina, E. Adisetya, and M. P. Bimantio, "Pembuatan Biobriket dari Campuran Tanaman Mendong (*Fimbristylis Globulosa*) dan Tongkol Jagung dengan Variasi Jenis Perekat".
- [13] A. Nindyapuspa, D. Dermawan, T. N. Pramestyawati, B. W. Firmansyah, and A. B. Pakpahan, "Analisis Kadar Air, Abu, dan Fixed Carbon pada Biobriket Sludge IPAL dengan Metode Karbonisasi 6000C," *J. Teknol. Marit.*, vol. 8, no. 1, pp. 49–58, May 2025, doi: 10.35991/jtm.v8i1.41.
- [14] I. Irmawati, "Analisis Sifat Fisik Dan Kimia Briket Arang Dari Bonggol Jagung," *J. Agritech Sci. JASc*, vol. 4, no. 1, pp. 24–29, May 2020, doi: 10.30869/jasc.v4i1.569.
- [15] A. A. Abdul Azis, A. Aldrin, and N. D. N. Nanang Dwi Nanda, "Jurnal Tambora," *J. Tambora*, pp. 1–7, Jul. 2025, doi: 10.36761/suffix.
- [16] J. M. Amin and R. Yuanda, "pembuatan briket sekam padi (*oryza sativa l.*) Sebagai bahan bakar alternatif pengganti kayu bakar," vol. 1, 2023.
- [17] L. O. Rusman, L. Lestari, S. Raharjo, I. Usman, and D. Chrismiwhadani, "Pengaruh Temperatur Aktivasi Terhadap Kualitas Briket Arang Aktif Sekam Padi," *J. ONLINE Phys.*, vol. 8, no. 3, pp. 39–46, Jul. 2023, doi: 10.22437/jop.v8i3.23846.
- [18] X. Tian *et al.*, "Disaggregating the effects of nitrogen addition on gross primary production in a boreal Scots pine forest," *Agric. For. Meteorol.*, vol. 301–302, p. 108337, May 2021, doi: 10.1016/j.agrformet.2021.108337.
- [19] M. Fardin and I. Nurjannah, "Analisis Karakteristik Briket Berbahan Campuran Tempurung Kelapa, Sekam Padi Dan Tepung Tapioka," vol. 14, 2025.
- [20] E. E. Crisdiantoro, M. P. Bimantio, and H. Oktavianty, "Pengaruh Jenis Variasi Perekat pada Briket dari Limbah Ampas Kopi," *BIOFOODTECH J. Bioenergy Food Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 101–109, Feb. 2025, doi: 10.55180/biofoodtech.v3i2.786.