



## **Uji Sifat Fisik dan Laju Pembakaran Terhadap Variasi Persentase Campuran Bagas Tebu dengan Batubara dalam Pembuatan Briket Biocoal**

### ***Evaluation of Physical Properties and Combustion Rate of Briquettes Made from Varying Percentages of Sugarcane Bagasse and Coal Mixtures***

**Zana Azalia Maktub<sup>1\*</sup>, Tamrin<sup>1</sup>, Budianto Lanya<sup>1</sup>, Sapto Kuncoro<sup>1</sup>, Sasongko Aji Wibowo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

\*Corresponding Author: [zanaazalia@fp.unila.ac.id](mailto:zanaazalia@fp.unila.ac.id)

**Abstract.** The transition to renewable energy sources is a key strategy in reducing dependence on fossil fuels and mitigating their environmental impact. One promising alternative is biocoal briquettes, a solid fuel composed of a mixture of biomass and coal. This study investigates the effect of varying sugarcane bagasse content on the physical properties and combustion characteristics of biocoal briquettes. Four different bagasse-to-coal ratios (16%, 31.9%, 47.7%, and 63.7%) were evaluated, each with five replicates. Parameters analyzed include density, mechanical strength, and combustion duration. Results indicate that increasing the proportion of bagasse generally decreases briquette density, with the highest density recorded at 16% bagasse (633.5 kg/m<sup>3</sup>) and the lowest at 63.7% bagasse (321.65 kg/m<sup>3</sup>). Additionally, higher bagasse content led to longer combustion times compared to pure coal briquettes. These findings highlight the need to optimize the composition to balance combustion efficiency, mechanical durability, and ease of ignition. This study contributes to the advancement of biocoal briquettes as a more environmentally friendly and sustainable alternative energy source.

**Keywords:** Biocoal Briquette, Combustion Rate, Physical Properties, Renewable Energy, Sugarcane Bagasse.

## 1. Pendahuluan

Penggunaan energi terbarukan saat ini menjadi fokus utama dalam upaya mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang semakin berkurang serta dampak negatifnya terhadap lingkungan. Salah satu bentuk energi terbarukan yang sedang dikembangkan adalah briket biocoal, yaitu bahan bakar padat yang berasal dari kombinasi biomassa dan batubara. Briket biocoal memiliki potensi dalam menekan emisi gas rumah kaca sekaligus memanfaatkan limbah biomassa yang berlimpah, seperti Bagas Tebu (Rama, 2019).

Bagas Tebu, sebagai salah satu jenis limbah biomassa, mengandung karbon dalam jumlah yang cukup tinggi, sehingga berpotensi menjadi bahan baku dalam produksi briket biocoal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Bagas Tebu memiliki sifat termal yang baik, yang dapat meningkatkan kualitas briket dalam hal daya bakar dan kestabilan pembakaran (Putri, 2010). Kombinasi Bagas Tebu dengan batubara diperkirakan dapat meningkatkan performa briket biocoal, mengingat batubara memiliki kandungan energi yang lebih tinggi dibandingkan biomassa murni (Sari & Sari, 2020). Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami bagaimana perbandingan campuran antara keduanya dapat memengaruhi sifat fisik serta laju pembakaran briket biocoal yang dihasilkan.

Meskipun Bagas Tebu memiliki potensi besar dalam pembuatan briket biocoal, masih terdapat beberapa tantangan terkait sifat fisik dan karakteristik pembakarannya (Sari & Sari, 2020). Beberapa faktor yang dapat memengaruhi kualitas briket meliputi komposisi bahan baku, jenis aditif yang digunakan, serta metode pembuatannya (Nugraha, 2013). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi persentase campuran Bagas Tebu dan batubara terhadap sifat fisik briket, seperti kerapatan, ketahanan mekanik, serta laju pembakaran yang berpengaruh terhadap efisiensi energi yang dihasilkan.

Dengan mengoptimalkan kombinasi Bagas Tebu dan batubara, diharapkan dapat dihasilkan briket biocoal berkualitas tinggi yang memiliki efisiensi pembakaran yang baik, lebih ramah lingkungan, serta mampu meningkatkan nilai tambah dari limbah biomassa. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan briket biocoal sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini memanfaatkan berbagai peralatan, termasuk alat pencetak batubara berbentuk cetakan balok sebagaimana dikembangkan oleh Ahmad (2009), tungku briket batubara portabel, termometer dengan kapasitas hingga 360°C, neraca *Ohaus*, timbangan, ember, panci, gelas ukur, palu, batu giling, kompor, sendok pengaduk, kertas label, penggaris, serta mesin penepung tipe disc mill dan saringan dengan diameter 2 mm. Adapun bahan yang digunakan meliputi 12 kg batubara, 2 kg bagas tebu, 2 kg tepung tapioka sebagai perekat, air, minyak tanah, serta 2 kg tanah liat yang berasal dari Natar, yang merupakan pusat produksi keramik, sementara batubara diperoleh dari PT Bukit Asam. Pada penelitian ini menggunakan 4 (empat) perlakuan yaitu dengan 4 (empat) taraf persentase Bagas Tebu yang berbeda dengan 5x ulangan, seperti pada Tabel 1.

### 2.1 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yang mencakup pengumpulan serta persiapan alat dan bahan baku, pembuatan lem, proses pengecilan ukuran batubara, bagas tebu, dan tanah liat, serta pencampuran lem dengan tanah liat, bagas tebu, dan batubara. Selanjutnya, adonan briket biocoal dan briket batubara murni dicetak, diikuti dengan tahap pengeringan setelah pencetakan. Tahap akhir meliputi pengujian mutu untuk mengevaluasi sifat fisik briket biocoal, yang mencakup uji kerapatan, kekerasan, ketahanan briket, serta durasi pembakarannya.

## 2.2 Pengamatan

### 2.2.1 Kerapatan

Perhitungan kerapatan (massa jenis) briket *biocoal* di hitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

dimana  $\rho$  adalah massa jenis ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),  $m$  adalah massa briket *biocoal* ( $\text{kg}$ ),  $V$  adalah volume briket *biocoal* ( $\text{m}^3$ ).

Pengukuran kerapatan dilakukan untuk menentukan komposisi yang tepat dalam pembuatan briket *biocoal* agar memiliki tingkat kekerasan yang sesuai dengan kebutuhan.

### 2.2.2 Kekuatan Briket Biocoal

Berbagai metode dapat diterapkan untuk mengukur tingkat kekuatan briket *biocoal*:

1. Briket *biocoal* yang telah dicetak diuji kekuatannya dengan menjatuhkannya dari ketinggian 2 meter ke permukaan keras, seperti lantai semen atau besi.
2. Untuk menentukan kemampuan tegangan tarik briket *biocoal*, dilakukan dengan menggantungkan beban pada briket yang diposisikan secara horizontal hingga mengalami patah. Nilai tegangan kemudian dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (2)$$

dimana  $\sigma$  adalah tegangan briket *biocoal* ( $\text{N}/\text{m}^2$ ),  $M$  adalah moment ( $\text{Nm}$ ),  $c$  adalah  $0,5 \times$  tinggi briket *biocoal* ( $\text{m}$ ),  $I$  adalah inersia ( $\text{m}^4$ ).

3. Mengukur kekuatan tekan briket *biocoal* dengan cara memberikan beban pada briket *biocoal* pada posisi berdiri yang telah dicetak hingga briket *biocoal* hancur. Tekanan dari pengujian dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{F}{A} \quad (3)$$

dimana  $P$  adalah tekanan ( $\text{N}/\text{m}^2$ ),  $F$  adalah gaya ( $\text{N}$ ),  $A$  adalah luas ( $\text{m}^2$ ).

### 2.2.3 Pengujian Lama Pembakaran Briket Biocoal, Briket Batubara Murni, Briket Super dan Briket Biasa

Pengujian ini bertujuan untuk menilai kualitas briket *biocoal*, khususnya kemudahan penyalaannya serta durasi pembakarannya. Proses pengujian dilakukan dengan mencatat waktu sejak briket mulai dinyalakan hingga sepenuhnya padam atau berubah menjadi abu. Hasil ini akan digunakan untuk menentukan apakah briket *biocoal* memenuhi standar yang diinginkan.

Tabel 1. Persentase antara biomassa, batubara, tapioka dan tanah liat

Jenis Biomassa	Biomassa (%)	Batubara (%)	Tapioka (%)	Tanah Liat (%)
Ampas	16,0	75,4	2,2	6,4
	31,9	59,5	2,2	6,4
	47,7	43,7	2,2	6,4
	63,7	27,7	2,2	6,4

Selanjutnya, durasi pembakaran briket *biocoal* dibandingkan dengan briket batubara murni, briket super, dan briket biasa.

#### 2.2.4 Analisis Data

Data hasil percobaan dan pengamatan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik serta dianalisis dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Kemudian analisis dilanjutkan dengan uji BNT. Pengujian dilakukan pada taraf nyata 1% dan 5%.

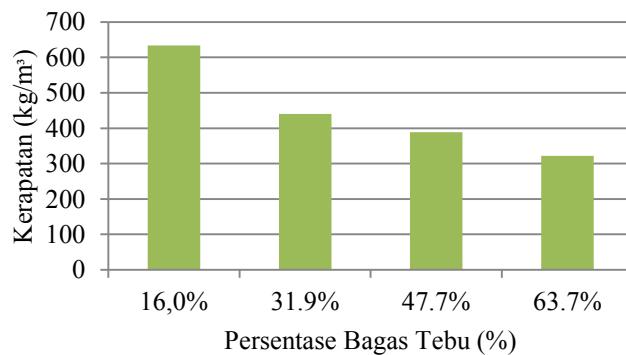
### 3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini mencakup pengujian mutu dan pembakaran yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi persentase campuran Bagas Tebu terhadap karakteristik fisik serta kualitas nyala briket biocoal. Pengujian dilakukan dengan mengamati durasi penyalaman hingga menjadi abu serta mengukur suhu pada beberapa tahap, yaitu saat pembakaran dimulai, saat suhu mencapai 180°C dan hingga briket sepenuhnya menjadi abu. Hasil pengujian ini kemudian dibandingkan dengan briket karbonisasi (super) dan non-karbonisasi (konvensional) yang diproduksi oleh PT Batubara Bukit Asam, serta briket batubara murni yang tidak mengandung campuran biomassa.

#### 3.1 Pengaruh Variasi Persentase Campuran Bagas Tebu terhadap Sifat Fisik Briket Biocoal

##### 3.3.1 Kerapatan Briket Biocoal

Kerapatan merupakan salah satu sifat fisik yang penting dalam penilaian kualitas briket *biocoal*. Dalam penelitian ini, kerapatan briket *biocoal* diuji dengan berbagai variasi persentase campuran Bagas Tebu, yaitu 16%, 31,9%, 47,7%, dan 63,7%. Hasil pengukuran kerapatan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerapatan Briket biocoal

Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan persentase campuran Bagas Tebu dalam briket biocoal berbanding terbalik dengan nilai kerapatan briket. Kerapatan tertinggi diperoleh pada campuran 16% Bagas Tebu, yaitu 633,5 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan kerapatan terendah terdapat pada campuran 63,7%, yaitu 321,65 kg/m<sup>3</sup>. hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi campuran Bagas Tebu mempengaruhi karakteristik fisik briket, terutama dalam hal kerapatan. Untuk mendapatkan kualitas briket terbaik, perlu dipertimbangkan persentase campuran yang optimal agar menghasilkan briket dengan keseimbangan antara kerapatan, efisiensi pembakaran, dan kemudahan penyalaman. Tren penurunan kerapatan ini disebabkan oleh sifat fisik Bagas Tebu yang memiliki struktur berpori dan massa jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan utama briket, seperti batubara atau biomassa dengan tingkat karbonisasi lebih rendah (Murdoko et al., 2018).

Penurunan kerapatan seiring dengan meningkatnya kandungan Bagas Tebu juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa arang dari biomassa cenderung memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan bahan baku padat lainnya (Widiyanto et al., 2020). Bagas tebu memiliki porositas tinggi yang menyebabkan briket menjadi lebih ringan dan kurang padat,

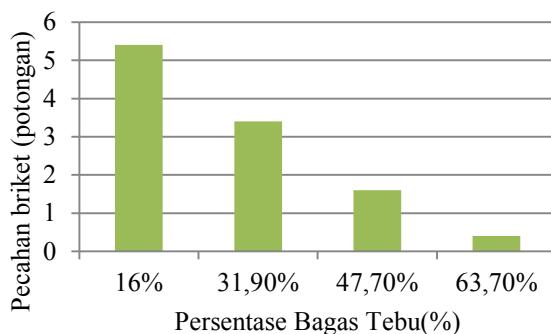
sehingga mengurangi nilai kerapatananya (Susilo & Prasetyo, 2017).

Kerapatan briket merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas briket, terutama dalam kaitannya dengan efisiensi pembakaran dan daya tahan terhadap tekanan. Briket dengan kerapatan tinggi cenderung memiliki ketahanan mekanis yang lebih baik dan laju pembakaran yang lebih stabil (Wahyudi et al., 2019). Namun, kerapatan yang terlalu tinggi juga dapat mengurangi kemudahan penyalaan karena kurangnya ruang antar partikel untuk aliran udara (Santoso et al., 2021). Oleh karena itu, dalam aplikasi praktis, perlu dilakukan optimasi komposisi campuran untuk mendapatkan keseimbangan antara kerapatan, daya bakar, dan efisiensi energi.

### 3.1.2 Kekuatan Briket Biocoal

Kekuatan briket diuji melalui tiga metode, yaitu:

1. Uji kekuatan briket biocoal dengan cara menjatuhkan briket biocoal dari ketinggian 2 meter dan menghitung jumlah pecahannya
- Uji ini dilakukan dengan menjatuhkan briket dari ketinggian 2 meter dan menghitung jumlah pecahan. Hasil pengujian ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pecahan/potongan briket

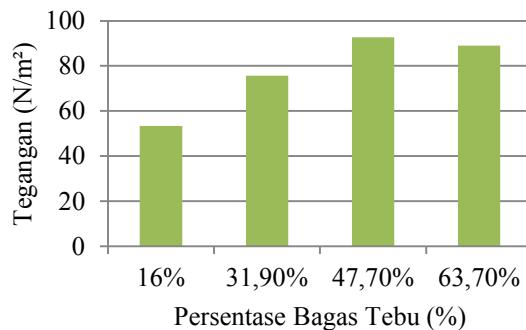
Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase Bagas Tebu dalam campuran briket biocoal, semakin rendah jumlah pecahan briket yang dihasilkan saat uji kekuatan. Pada persentase Bagas Tebu sebesar 16%, jumlah pecahan mencapai 5,4 potongan, sedangkan pada komposisi tertinggi (63,7%), jumlah pecahan menurun drastis menjadi 0,4 potongan. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan Bagas Tebu dalam briket berkontribusi terhadap peningkatan kohesi material, yang dapat memperkuat struktur briket dan mengurangi kerapuhan.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Widiyanto et al. (2020), yang menemukan bahwa penambahan biomassa seperti Bagas Tebu dapat meningkatkan daya ikat antar partikel dalam briket, sehingga memperbaiki ketahanan mekaniknya. Selain itu, menurut Sirajuddin et al. (2021), bahan dengan serat alami tinggi, seperti Bagas Tebu, mampu meningkatkan daya rekat alami dalam proses pembuatan briket, terutama jika dikombinasikan dengan perekat tambahan seperti tepung tapioka.

Namun, perlu diperhatikan bahwa meskipun ketahanan mekanis meningkat, penggunaan Bagas Tebu dalam jumlah tinggi dapat mempengaruhi karakteristik pembakaran briket. Murdoko et al. (2018) mencatat bahwa biomassa dengan kadar lignoselulosa tinggi cenderung memperlambat proses pembakaran, meskipun menghasilkan briket dengan kekuatan tekan lebih baik. Oleh karena itu, pemilihan komposisi yang optimal antara Bagas Tebu dan bahan bakar karbonisasi lainnya menjadi faktor penting dalam pengembangan briket biocoal yang efisien.

2. Uji kekuatan briket biocoal dengan cara menggantungkan beban pada briket biocoal hingga briket patah dan menghitung tegangannya

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh persentase bagas tebu terhadap tegangan briket *biocoal*. Pengujian ini dilakukan dengan cara menggantungkan beban pada briket *biocoal* (posisi briket *biocoal* horizontal) hingga briket *biocoal* patah kemudian ditimbang massanya dan dihitung tegangannya. Perbandingan nilai tegangan dapat dilihat pada Gambar 3.

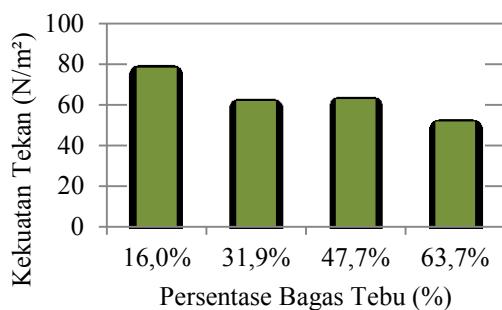


Gambar 3. Perbandingan nilai tegangan

Hasil uji kekuatan briket biocoal menunjukkan bahwa peningkatan persentase bagas tebu berpengaruh terhadap tegangan briket, di mana nilai tegangan meningkat dari 53,38 N/m<sup>3</sup> (16% bagas tebu) hingga mencapai maksimum 92,70 N/m<sup>3</sup> pada konsentrasi 47,7%, sebelum mengalami sedikit penurunan menjadi 89,08 N/m<sup>3</sup> pada 63,7%. Peningkatan tegangan hingga 47,7% kemungkinan disebabkan oleh sifat serat bagas tebu yang berfungsi sebagai pengikat tambahan dalam struktur briket, sebagaimana dijelaskan oleh Gupta et al. (2020), yang menyatakan bahwa serat lignoselulosa dalam biomassa dapat meningkatkan kekuatan mekanik briket dengan memperbaiki struktur ikatan antar partikel. Namun, penurunan tegangan pada konsentrasi 63,7% dapat dikaitkan dengan peningkatan porositas dan berkurangnya kepadatan akibat kelebihan serat, seperti yang juga ditemukan dalam penelitian oleh Syaiful et al. (2019), yang melaporkan bahwa penggunaan biomassa berlebih dalam briket dapat mengurangi kohesi antar partikel dan menurunkan kekuatan tekan. Oleh karena itu, berdasarkan hasil penelitian ini dan didukung oleh literatur yang ada, persentase optimal bagas tebu dalam pembuatan briket biocoal untuk mendapatkan kekuatan mekanik terbaik adalah sekitar 47,7%, di mana terdapat keseimbangan antara peran serat sebagai penguat dan struktur material yang tetap padat.

3. Uji kekuatan briket *biocoal* dengan cara memberikan beban pada briket *biocoal* hingga briket hancur dan menghitung kekuatan tekannya

Pengukuran kekuatan tekan briket *biocoal* dilakukan dengan cara memberikan beban pada briket *biocoal* dengan posisi berdiri hingga briket *biocoal* hancur. Perbandingan nilai kekuatan tekan ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan nilai kekuatan tekan

Hasil uji kekuatan tekan briket biocoal menunjukkan bahwa peningkatan persentase bagas tebu dalam campuran cenderung menurunkan kekuatan tekan briket, di mana nilai tertinggi sebesar  $78,30 \text{ N/m}^2$  terjadi pada konsentrasi 16% dan mengalami penurunan berturut-turut menjadi  $61,86 \text{ N/m}^2$  (31,1%),  $62,82 \text{ N/m}^2$  (47,7%), dan  $51,71 \text{ N/m}^2$  (63,7%). Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh meningkatnya kandungan serat bagas tebu yang mengurangi kepadatan briket dan meningkatkan porositasnya, sehingga menurunkan daya tahan terhadap tekanan. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh Liu et al. (2021), yang menyebutkan bahwa peningkatan proporsi biomassa berbasis serat dalam briket dapat memperbesar pori-pori dan menurunkan kekuatan tekan akibat berkurangnya kohesi antar partikel. Selain itu, studi oleh Syaiful et al. (2019) juga menunjukkan bahwa penggunaan bahan lignoselulosa dalam kadar tinggi dapat mengurangi kekuatan mekanis briket karena distribusi gaya tekan yang tidak merata. Oleh karena itu, berdasarkan hasil penelitian ini dan didukung oleh literatur yang ada, formulasi briket biocoal dengan kandungan bagas tebu yang lebih rendah, sekitar 16%, lebih optimal dalam mempertahankan kekuatan tekan yang tinggi, sementara peningkatan bagas tebu perlu disertai dengan penyesuaian metode pemanatan atau penambahan binder untuk meningkatkan kohesi material.

### 3.2 Perbandingan Laju Pembakaran Briket Biocoal dengan Briket Batubara Lainnya

Berdasarkan hasil penelitian didapat urutan laju pembakaran briket batubara dan briket *biocoal* dari yang paling cepat hingga laju pembakaran paling lambat yaitu briket super, briket batubara murni, briket *biocoal* (16%, 31,9%, 47,7%, 63,7%) dan briket biasa. Briket *biocoal* memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan briket biasa namun masih di bawah briket super dan briket batubara murni. Faktor seperti nilai kalor dan kerapatan menjadi penyebab utama perbedaan ini. Briket *biocoal* menawarkan alternatif yang lebih ramah lingkungan dengan efisiensi pembakaran yang kompetitif.

Tabel 2. Perbandingan Laju Pembakaran Briket

No.	Nama Campuran Briket	Waktu Menjadi Abu (Menit)
1	Bagas Tebu:	
	16%	225
	31,9 %	180
	47,7%	90
	63,7%	95
2	Briket Murni	215
3	Briket Super	175
4	Briket Biasa	208

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, variasi persentase campuran Bagas Tebu berpengaruh terhadap sifat fisik dan performa pembakaran briket biocoal. Peningkatan kandungan Bagas Tebu dalam briket biocoal menyebabkan penurunan kerapatan dan kekuatan tekan, namun meningkatkan daya kohesi material, sebagaimana terlihat pada uji ketahanan jatuh dan tegangan tarik. Briket dengan kandungan Bagas Tebu 47,7% menunjukkan keseimbangan optimal antara kekuatan mekanik dan efisiensi pembakaran. Dalam aspek pembakaran, briket biocoal memiliki performa lebih baik dibandingkan briket biasa, meskipun masih berada di bawah briket super dan briket batubara murni. Laju pembakaran briket biocoal bervariasi berdasarkan persentase Bagas Tebu, dengan waktu pembakaran terlama pada campuran 16% (225 menit) dan terpendek pada 47,7% (90 menit). Faktor utama yang mempengaruhi perbedaan ini adalah nilai kalor dan kerapatan briket.

#### Daftar Pustaka

- Gupta, R., Sharma, S., & Kumar, A. (2020). *Effect of lignocellulosic biomass composition on the mechanical strength of briquettes: A review*. Renewable Energy, 145, 1202–1215.
- Liu, Y., Wang, J., & Zhang, H. (2021). *Effect of biomass composition on briquette density, compressive strength, and combustion performance*. Renewable Energy, 175, 1095–1103.
- Murdoko, B., Nurhadi, B., & Setyowati, I. (2018). *Mutu dan Karakteristik Penyalaan Briket Arang Tempurung Kelapa dengan Lapisan Arang Sengon*. Jurnal Rekayasa Proses, 12(2), 45-53.
- Nugraha, J. R. (2013). *Karakteristik Termal Briket Arang Ampas Tebu dengan Variasi Bahan Perekat Lumpur Lapindo*. Skripsi, Universitas Jember.
- Putri, G. L. (2010). *Pengaruh Campuran Serat Kelapa Sawit dan Ampas Tebu dengan Batubara untuk Pembuatan Briket Biocoal terhadap Sifat Fisik dan Laju Pembakaran*. Skripsi, Universitas Lampung.
- Rama, A. (2019). *Analisis Pengaruh Jenis dan Komposisi Perekat pada Pembuatan Briket Biobatubara dengan Campuran Biomassa Ampas Tebu terhadap Karakteristik Briket*. Skripsi, Universitas Sriwijaya.
- Sari, D. R., & Sari, R. M. (2020). *Optimasi Pembuatan Briket Berbasis Limbah Ampas Tebu Menggunakan Metode Response Surface Methodology (RSM)*. Jurnal Teknik Kimia, 6(1), 1-7.
- Sirajuddin, Z., Fajri, A., & Rahman, M. (2021). *Pengaruh Densitas Bahan terhadap Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa*. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Teknologi, 19(1), 22-30.
- Sudrajat, A. (1983). *Pengaruh Berat Jenis Bahan Baku terhadap Kualitas Briket Arang*. Seminar Nasional Teknologi dan Industri, 1(1), 98-111.
- Susilo, B., & Prasetyo, E. (2017). *Kualitas Briket Arang Berdasarkan Komposisi Campuran Arang Kayu Meranti Merah dengan Arang Tempurung Kelapa*. Jurnal Teknologi Industri, 14(2), 87-95.
- Syaiful, M., Putra, F., & Rachman, A. (2019). *Influence of biomass composition on briquette mechanical properties and combustion characteristics*. Journal of Energy and Fuels, 34(3), 234–245.
- Widiyanto, A., Santoso, H., & Kurniawan, R. (2020). *Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa terhadap Kualitas Briket Pelepas Nipah*. Jurnal Infotekmesin, 11(1), 15-23.