



**Pemanfaatan Jerami Padi Sebagai Bahan Campuran Briket Biocoal:
Analisis Karakteristik Fisik dan Laju Pembakaran Dibandingkan Briket
Konvensional**

***Utilization of Rice Straw as a Blending Material in Biocoal Briquettes:
Analysis of Physical Properties and Burning Rate Compared to
Conventional Briquettes***

Zana Azalia Maktub^{1*}, Tamrin¹, Budianto Lanya¹, Sapto Kuncoro¹

¹ Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

*Corresponding Author: zanaazalia@fp.unila.ac.id

Abstract. This study aims to examine the effect of different percentages of rice straw as a blending material in biocoal briquettes on their physical properties and combustion performance. Four variations of rice straw content were used: 16%, 31.9%, 47.7%, and 63.7%. The results showed that briquette density decreased with higher rice straw content, from 765.13 kg/m³ at 16% to 466.34 kg/m³ at 63.7%. Mechanical strength also varied: tensile stress reached 100,109.99 N/m² at 16% and dropped to 85,480.03 N/m² at 63.7%, while compressive strength ranged from 71,902.06 N/m² to 62,909.68 N/m². Drop tests indicated that higher rice straw content generally reduced impact resistance. Combustion tests revealed that briquettes with higher rice straw content ignited faster and burned more quickly, with a maximum combustion rate of 2.81 g/min for the 63.7% mixture compared to 1.73 g/min for the 16% mixture. However, the calorific value decreased as rice straw percentage increased, from 4,968.53 kcal/kg to 4,011.97 kcal/kg, while moisture content rose from 26.40% to 37.93%. Analysis of variance (ANOVA) for combustion rate confirmed a significant effect of rice straw proportion ($F = 10.93$; BNT 5% = 0.2998). Compared to conventional briquettes, rice straw biocoal briquettes showed competitive combustion performance but slightly lower mechanical durability. This study demonstrates the potential of utilizing rice straw as an alternative biomass material to produce environmentally friendly biocoal briquettes with acceptable physical properties and enhanced combustion rates.

Keywords: Biocoal briquettes, Combustion rate, Compressive strength, Rice straw, Tensile stress.

1. Pendahuluan

Pemanfaatan energi terbarukan saat ini menjadi salah satu fokus utama dalam mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang cadangannya semakin menipis serta dampak negatifnya terhadap lingkungan (Ramdani et al., 2019). Salah satu alternatif energi terbarukan yang banyak dikembangkan adalah briket *biocoal*, yaitu bahan bakar padat yang dibuat dari campuran biomassa dengan batubara. Briket *biocoal* memiliki potensi untuk menekan emisi gas rumah kaca sekaligus memanfaatkan limbah biomassa yang melimpah, seperti jerami padi (Kumari et al., 2020).

Jerami padi merupakan salah satu limbah pertanian yang jumlahnya melimpah, terutama di negara agraris seperti Indonesia. Namun, sebagian besar jerami masih dibakar di lahan yang dapat menimbulkan polusi udara dan membuang potensi energi yang terkandung di dalamnya. Jerami padi memiliki kandungan selulosa dan karbon yang cukup tinggi sehingga berpotensi dijadikan bahan baku atau campuran dalam pembuatan briket *biocoal* (Suyono et al., 2021).

Penggunaan jerami padi sebagai campuran dengan batubara diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan menambah nilai ekonomis limbah pertanian. Namun demikian, karakteristik fisik dan performa pembakaran briket sangat dipengaruhi oleh proporsi bahan baku, jenis biomassa dan metode pencampurannya (Mardiansyah et al., 2022). Penelitian terkait masih perlu dilakukan untuk mengetahui bagaimana variasi proporsi jerami padi dapat memengaruhi kualitas briket *biocoal* yang dihasilkan, baik dari segi kerapatan, kekuatan mekanik, kadar air, nilai kalor, maupun laju pembakaran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi jerami padi sebagai bahan campuran briket *biocoal*, menentukan proporsi campuran yang tepat berdasarkan karakteristik fisik dan laju pembakaran, serta membandingkannya dengan briket konvensional.

2. Metode Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi cetakan briket batubara berbentuk balok sebagaimana dikembangkan oleh Ahmad (2009), tungku pembakaran briket portabel, termometer dengan batas ukur hingga 360°C, neraca Ohaus, timbangan, ember, panci, gelas ukur, palu, batu giling, kompor, sendok pengaduk, kertas label, penggaris, mesin penepung tipe disc mill, serta saringan berdiameter 2 mm. Adapun bahan yang digunakan terdiri dari 12 kg batubara, 2 kg jerami, 2 kg tepung tapioka sebagai bahan perekat, air, minyak tanah, serta 2 kg tanah liat yang diperoleh dari Pusat Pembuatan Keramik di Natar, dengan batubara bersumber dari PT Bukit Asam.

2.1 Metode Penelitian

Komposisi bahan baku dalam penelitian ini disusun berdasarkan acuan pembuatan briket batubara dan disesuaikan dengan penelitian sebelumnya oleh Putri, Y. (2009), yang menjelaskan bahwa kadar perekat berupa tepung tapioka dalam larutan lem berkisar 2,2% dari total berat campuran. Pada penelitian tersebut, lem dibuat dengan mencampurkan 0,25 kg tepung tapioka dengan 800 ml air, lalu dimasak sambil diaduk selama kurang lebih 10 menit hingga menjadi bening dan kental. Setelah didinginkan, lem ditimbang ulang dan diperoleh kandungan murni tepung tapioka dalam lem sebesar 21,62 gram per 80 gram lem cair, atau setara 2,2% (Putri, Y. 2009).

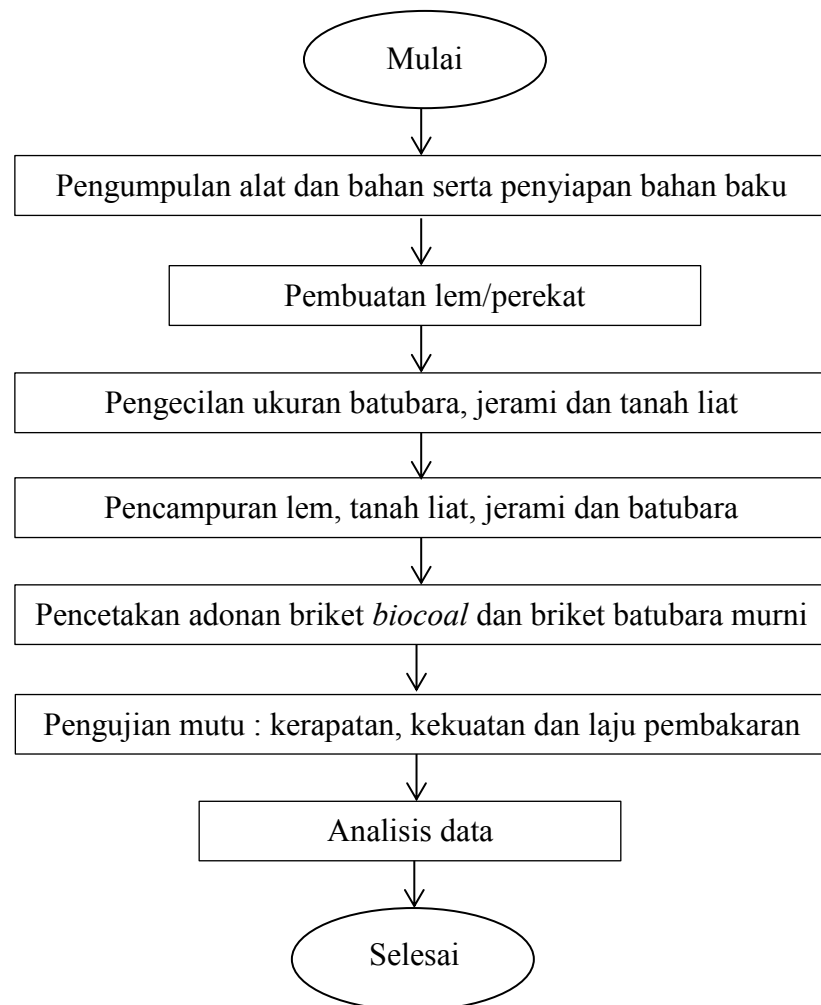
Mengacu pada data tersebut, kandungan perekat dalam penelitian ini tetap dijaga pada kisaran 2,2% di setiap perlakuan. Sementara itu, proporsi jerami, batubara dan tanah liat diatur dengan variasi tertentu untuk mengevaluasi pengaruh kadar biomassa terhadap mutu briket yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan empat perlakuan dengan variasi persentase jerami yang berbeda, masing-masing dilakukan dengan lima kali ulangan, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

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

Jenis Biomassa	Biomassa (%)	Batubara (%)	Tapioka (%)	Tanah Liat (%)
Jerami Padi	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%

2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan, yaitu tahap pengumpulan peralatan dan bahan serta penyiapan bahan baku, pembuatan larutan perekat/lem, pengecilan ukuran batubara, jerami dan tanah liat, kemudian tahap pencampuran perekat dengan tanah liat, jerami dan batubara. Selanjutnya, adonan dicetak menjadi briket biocoal dan briket batubara murni, dilanjutkan dengan proses pengeringan briket yang telah dicetak. Tahap akhir adalah pengujian kualitas untuk mengetahui sifat fisik briket biocoal, yang meliputi pengujian kerapatan, kekuatan mekanik (kekerasan dan kekuatan tekan), serta waktu pembakaran briket biocoal. Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian

2.3 Pengamatan

2.3.1 Kerapatan

Perhitungan kerapatan (massa jenis) briket *biocoal* dilakukan dengan menggunakan rumus:

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

dimana ρ adalah massa jenis (kg/m^3), m adalah massa briket *biocoal* (kg), dan V adalah volume briket *biocoal* (m^3).

Pengukuran kerapatan ini bertujuan untuk mengetahui proporsi bahan yang tepat agar diperoleh briket *biocoal* dengan tingkat kekerasan yang sesuai kebutuhan.

2.3.2 Kekuatan Briket Biocoal

Beberapa metode digunakan untuk mengetahui kekuatan briket *biocoal*, yaitu:

1. Briket *biocoal* yang sudah dicetak, diuji ketahanannya dengan cara dijatuhkan dari ketinggian 2 meter ke permukaan keras seperti lantai semen atau plat besi.
2. Kemampuan tarik briket *biocoal* diukur dengan menggantungkan beban pada briket dalam posisi horizontal hingga briket patah. Tegangan dihitung dengan rumus:

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

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

3. Kekuatan tekan briket *biocoal* diukur dengan memberikan beban pada briket yang diletakkan secara vertikal hingga briket remuk. Nilai tekanan ditentukan dengan rumus:

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

dimana P adalah tekanan (N/m^2), F adalah gaya (N), A adalah luas (m^2).

2.3.3 Pengujian lama pembakaran briket *biocoal*, briket batubara murni, briket super dan briket biasa

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas briket *biocoal*, khususnya kemudahan penyalaan awal dan durasi pembakarannya. Pengukuran dilakukan dengan mencatat waktu sejak briket dinyalakan hingga pembakaran selesai atau briket padam menjadi abu. Hasil lama pembakaran briket *biocoal* kemudian dibandingkan dengan waktu pembakaran briket batubara murni, briket super, dan briket konvensional untuk melihat kesesuaian kualitasnya dengan kebutuhan.

2.4 Analisis Data

Data hasil pengamatan dan perhitungan, seperti kerapatan, kekuatan tarik, kekuatan tekan, pecahan akibat jatuh dan laju pembakaran, disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah interpretasi. Analisis data dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat taraf perlakuan persentase jerami padi, masing-masing lima ulangan. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf kepercayaan 5% untuk melihat perbedaan nyata antar perlakuan. Hasil perhitungan sidik ragam digunakan untuk mengetahui signifikansi pengaruh perlakuan, dengan perhitungan nilai F hitung dibandingkan F tabel.

3. Hasil dan Pembahasan

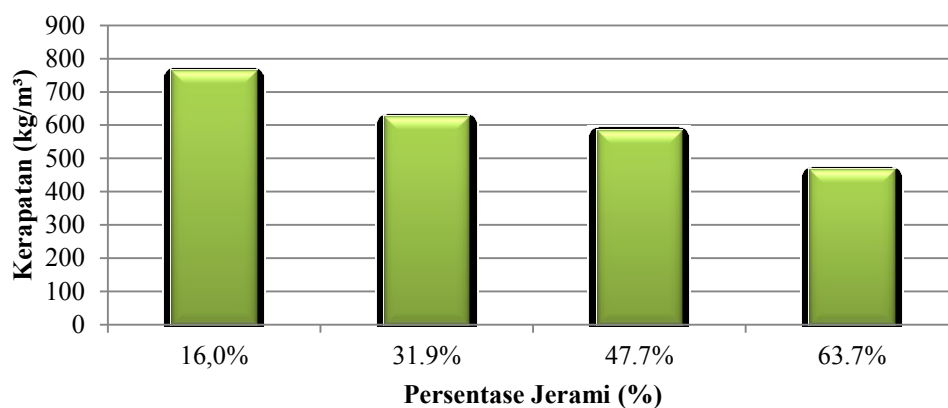
3.1 Kerapatan Briket Biocoal

Nilai kerapatan briket *biocoal* yang dihasilkan dari berbagai variasi persentase jerami padi dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan hasil perhitungan, kerapatan tertinggi diperoleh pada briket dengan komposisi jerami 16% yaitu sebesar 765,13 kg/m³, sedangkan kerapatan terendah terdapat pada komposisi jerami 63,7% sebesar 466,34 kg/m³.

Tabel 1. Nilai Kerapatan Briket *Biocoal* dengan Variasi Persentase Jerami Padi

Persentase Jerami Padi (%)	Massa (g)	Volume (cm ³)	Kerapatan (kg/m ³)
16,0%	22,08	29,09	765,13
31,9%	21,52	31,63	626,49
47,7%	20,46	37,88	584,69
63,7%	19,14	37,47	466,34

Tren penurunan kerapatan ini lebih jelas terlihat pada Gambar 2, yang menunjukkan grafik hubungan persentase jerami padi terhadap kerapatan briket *biocoal*.



Gambar 2. Grafik hubungan persentase jerami padi terhadap kerapatan briket *biocoal*

Penurunan kerapatan sejalan dengan peningkatan kandungan biomassa jerami yang lebih ringan dan berpori, sehingga massa jenis menurun. Kerapatan yang lebih tinggi umumnya diinginkan karena memengaruhi efisiensi pembakaran dan daya tahan briket. Penurunan nilai kerapatan seiring dengan meningkatnya persentase jerami padi disebabkan oleh sifat alami jerami sebagai biomassa yang memiliki struktur berserat, berongga, dan lebih ringan dibandingkan batubara. Serat-serat jerami yang bercelah membuat briket menjadi lebih berpori, sehingga massa per satuan volumenya menurun.

Selain itu, biomassa pertanian umumnya memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan material karbon padat seperti batubara, sehingga pencampurannya akan mempengaruhi total densitas briket yang dihasilkan.

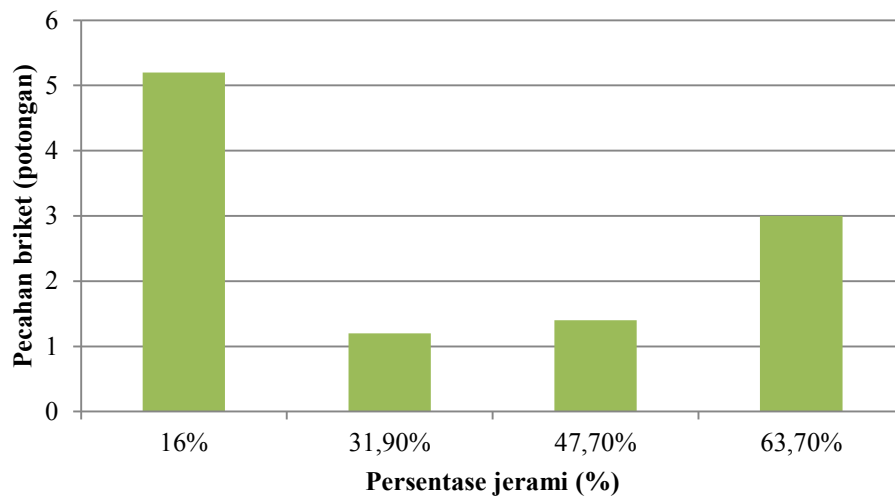
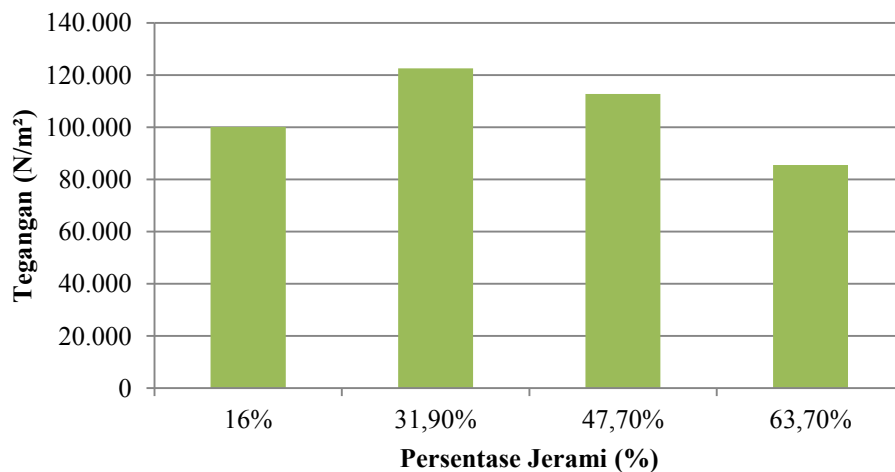
3.2 Kekuatan Briket Biocoal

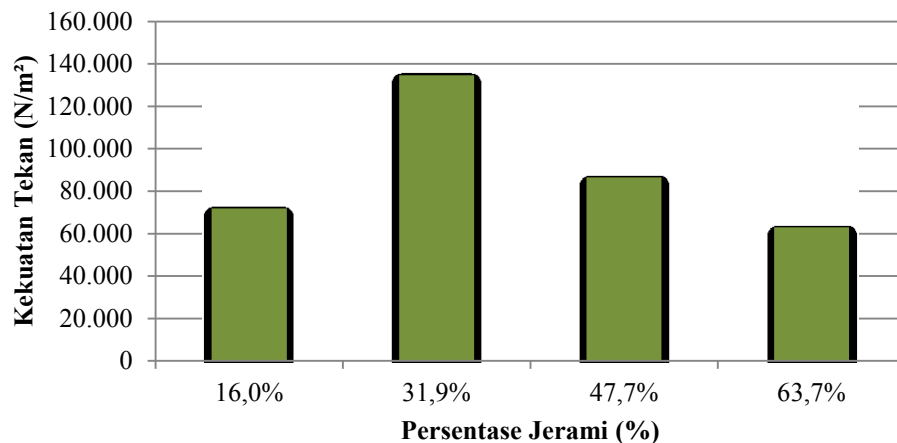
Kekuatan fisik briket diuji melalui uji jatuh, uji tarik dan uji tekan. Nilai hasil pengujian dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji kekuatan briket biocoal

Persentase Jerami (%)	Uji Jatuh (Pecahan, potongan)	Tegangan (N/m ²)	Kekuatan Tekan (N/m ²)
16,0%	5,20	100.109,99	71.902,06
31,9%	1,20	122.531,79	134.572,19
47,7%	1,40	112.767,46	86.510,35
63,7%	3,00	85.480,03	62.909,68

Visualisasi perbandingan uji jatuh, nilai tegangan dan kekuatan tekan dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5.

Gambar 3. Grafik hasil uji jatuh briket *biocoal* pada berbagai persentase jeramiGambar 4. Grafik tegangan briket *biocoal* pada berbagai persentase jerami



Gambar 5. Grafik kekuatan tekan briket *biocoal* pada berbagai persentase Jerami

Dari hasil uji kekuatan, terlihat bahwa briket dengan jerami 31,9% memiliki nilai tegangan dan kekuatan tekan tertinggi, serta nilai pecahan briket (uji jatuh) terendah, yang menunjukkan ketahanan fisik yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan jerami pada tingkat ini mampu meningkatkan daya ikat antar partikel briket sehingga lebih kokoh dan tidak mudah pecah. Namun, pada jerami 63,7%, kekuatan justru menurun dan jumlah pecahan meningkat karena kelebihan serat jerami melemahkan kohesi struktur briket.

Penurunan kekuatan fisik pada persentase jerami yang lebih tinggi dapat disebabkan oleh sifat jerami yang ringan, berongga dan memiliki kadar abu yang cukup tinggi. Kandungan serat biomassa yang terlalu banyak tanpa ikatan kuat dapat membuat struktur briket menjadi rapuh dan mudah pecah ketika mengalami tekanan atau benturan. Campuran biomassa jerami pada kadar sedang mampu meningkatkan kohesi internal karena interaksi antara perekat alami dari lignoselulosa jerami dengan bahan bakar padat. Namun, jika kadar jerami terlalu tinggi, maka ikatan partikel menjadi lemah akibat volume pori meningkat dan distribusi beban saat uji tekan atau benturan tidak merata.

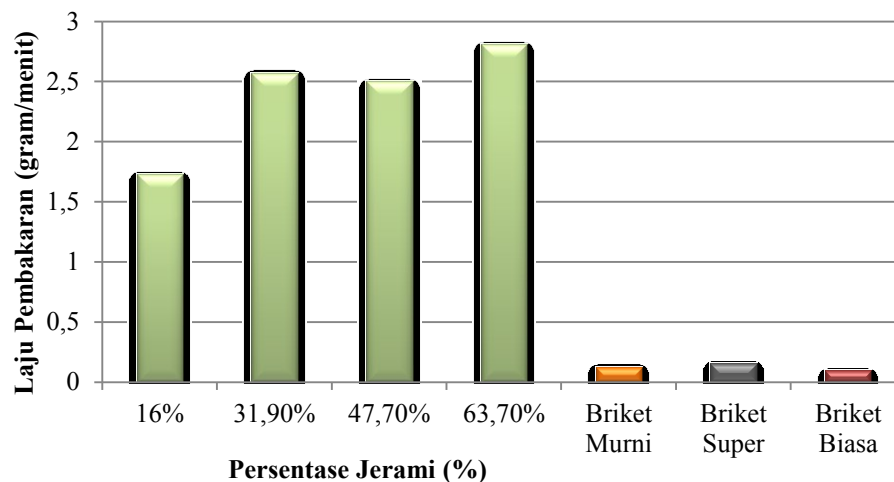
Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan briket *biocoal* dengan kekuatan fisik optimal, proporsi jerami padi perlu dibatasi pada rentang 30–40% agar tetap menjaga daya rekat, densitas, serta tahan terhadap benturan dan tekanan selama penanganan maupun penyimpanan.

3.3 Laju Pembakaran Briket *Biocoal*

Hasil perbandingan laju pembakaran antara variasi briket *biocoal* jerami dan briket konvensional disajikan pada Tabel 3. Visualisasi tren pembakaran ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 3. Lama Pembakaran Briket *Biocoal* dan Briket Konvensional

Jenis Briket	Waktu Mencapai 180°C (menit)	Waktu Menjadi Abu (menit)	Laju Pembakaran (g/menit)
Jerami 16%	20	260	1,73
Jerami 31,9%	6	175	2,57
Jerami 47,7%	4	180	2,50
Jerami 63,7%	9	160	2,81
Briket murni	16	215	0,126
Briket super	7	175	0,154
Briket biasa	18	280	0.096



Gambar 4. Grafik perbandingan waktu dan laju pembakaran briket biocoal dan konvensional

Hasil pengujian laju pembakaran menunjukkan variasi kecepatan pembakaran pada briket *biocoal* dengan persentase jerami yang berbeda. Laju pembakaran rata-rata briket *biocoal* sebesar 1,73 g/menit (jerami 16%), 2,57 g/menit (jerami 31,9%), 2,50 g/menit (jerami 47,7%), dan 2,81 g/menit (jerami 63,7%). Sementara itu, laju pembakaran briket konvensional yang dihitung berdasarkan asumsi massa awal ± 30 g dan sisa abu 10% adalah 0,126 g/menit untuk briket murni, 0,154 g/menit untuk briket super, dan 0,096 g/menit untuk briket biasa.

Hasil ini memperlihatkan bahwa penambahan jerami padi dalam briket *biocoal* cenderung meningkatkan laju pembakaran dibandingkan briket konvensional. Hal ini disebabkan oleh karakteristik jerami yang memiliki struktur lebih berpori dan ringan sehingga memperbesar ruang antar partikel dan mempermudah masuknya oksigen selama proses pembakaran. Namun demikian, meskipun laju pembakaran tinggi, durasi pembakaran total briket *biocoal* dengan jerami tinggi justru lebih pendek. Sebagai contoh, briket dengan 16% jerami membutuhkan waktu sekitar 260 menit hingga habis terbakar, sedangkan jerami 31,9% hanya sekitar 175 menit, dan jerami 47,7% sekitar 180 menit. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan jerami, semakin cepat api menyala dan habis terbakar. Briket murni membutuhkan waktu sekitar 215 menit, briket super 175 menit, sedangkan briket biasa 280 menit.

Artinya, laju pembakaran yang lebih tinggi mendukung kemudahan penyalaan awal, tetapi mengurangi durasi bakar. Hal ini sesuai dengan karakteristik biomassa yang memiliki kadar zat terbang lebih tinggi dan kandungan karbon tetap lebih rendah dibanding batubara murni. Kandungan biomassa yang terlalu tinggi juga berpengaruh pada nilai kalor, yang cenderung menurun seiring meningkatnya kadar jerami, seperti terlihat pada nilai kalor 4.968,53 kkal/kg (jerami 16%) hingga 4.011,97 kkal/kg (jerami 63,7%).

Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jerami padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran briket *biocoal*, dengan persentase optimal pada kisaran 31,9% hingga 47,7% untuk mendapatkan kekuatan fisik dan laju pembakaran yang baik. Dibandingkan briket konvensional, briket *biocoal* campuran jerami memiliki keunggulan pada kemudahan penyalaan awal, meskipun perlu penyesuaian untuk mempertahankan durasi bakar agar tetap efisien.

3.4 Analisis Sidik Ragam (RAK) dan Uji BNT

Untuk mengetahui pengaruh variasi persentase jerami padi terhadap laju pembakaran briket *biocoal*, dilakukan analisis sidik ragam menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Hasil perhitungan sidik ragam dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Sidik Ragam Laju Pembakaran Briket *Biocoal*

Sumber Keragaman	JK (Jumlah Kuadrat)	db (Derajat Bebas)	KT (Kuadrat Tengah)	F hitung
Perlakuan	3,2794	3	1,0931	10,93
Galat	1,6	16	0,1	-
Total	4,8794	19	-	-

Nilai F hitung sebesar 10,93 lebih besar dari F tabel pada taraf 5% ($\pm 3,24$) dan 1% ($\pm 5,29$) sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi persentase jerami berpengaruh sangat nyata terhadap laju pembakaran briket *biocoal*.

Selanjutnya dilakukan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% untuk mengetahui perlakuan mana yang berbeda nyata. Nilai BNT diperoleh sebesar 0,2998. Hasil uji BNT ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji BNT Laju Pembakaran Briket *Biocoal*

Perlakuan	Laju Pembakaran (g/menit)	Keterangan
Jerami 16%	1,73	a
Jerami 31,9%	2,57	b
Jerami 47,7%	2,50	b
Jerami 63,7%	2,81	b

Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5% BNT. Dari Tabel 5 terlihat bahwa perlakuan dengan jerami 31,9%, 47,7% dan 63,7% memiliki laju pembakaran yang nyata lebih tinggi dibandingkan jerami 16%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan jerami padi hingga tingkat tertentu dapat meningkatkan kecepatan pembakaran. Namun demikian, laju pembakaran yang lebih cepat juga perlu dikendalikan agar tidak mengurangi efisiensi waktu nyala secara keseluruhan.

Dengan demikian, analisis statistik ini mendukung hasil fisik yang telah dibahas pada sub-bab sebelumnya, bahwa variasi persentase jerami berpengaruh nyata terhadap karakteristik pembakaran briket *biocoal*.

4. Kesimpulan

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan jerami padi sebagai bahan campuran berpengaruh nyata terhadap karakteristik fisik dan laju pembakaran briket *biocoal*.
2. Semakin tinggi persentase jerami padi, massa jenis (kerapatan) briket cenderung menurun karena sifat biomassa jerami yang lebih ringan dan berpori.
3. Briket *biocoal* dengan persentase jerami 31,9% menunjukkan hasil terbaik dari segi kekuatan fisik (tegangan dan kekuatan tekan tertinggi) serta nilai pecahan terendah pada uji jatuh, yang menandakan briket lebih kokoh dan tidak mudah rapuh.
4. Laju pembakaran meningkat seiring dengan penambahan persentase jerami, di mana jerami 31,9% dan 47,7% menunjukkan laju pembakaran lebih cepat dibandingkan jerami 16% maupun briket murni. Namun demikian, waktu nyala total cenderung lebih singkat pada campuran dengan persentase jerami lebih tinggi.

5. Hasil sidik ragam dan Uji BNT menunjukkan bahwa perbedaan persentase jerami memberikan pengaruh yang signifikan terhadap laju pembakaran pada taraf 5% dan 1%.

4.2 Saran

1. Penelitian lanjutan disarankan dilakukan dengan variasi ukuran partikel jerami atau metode pengolahan jerami yang berbeda untuk mengoptimalkan sifat mekanik dan pembakaran briket *biocoal*.
2. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut pada skala besar untuk melihat performa pembakaran di kondisi nyata pengguna rumah tangga maupun industri kecil.
3. Penelitian mendatang dapat mempertimbangkan penambahan bahan perekat alami lain atau aditif yang ramah lingkungan untuk memperbaiki kohesi briket dengan campuran biomassa tinggi.
4. Diperlukan kajian analisis ekonomi dan dampak lingkungan agar teknologi briket *biocoal* campuran jerami ini dapat diterapkan secara berkelanjutan dan mendukung pengelolaan limbah pertanian di masyarakat.

Daftar Pustaka

- Ahmad, P. 2009. Rancang Bangun dan Uji Coba Alat Pencetak Briket Batubara Skala Lab. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung
- Banzon, J. A. 1980. *Energy Utilization in Biomass*. New York: Springer.
- Demirbas, A. 2004. Combustion Characteristics of Different Biomass Fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*, 30(2), 219–230.
- Jenkins, B. M., Baxter, L. L., Miles, T. R., & Miles, T. R. 1998. Combustion Properties of Biomass. *Biomass and Bioenergy*, 14(4), 287–295.
- Kumari, R., Gupta, A., & Sharma, A. K. 2020. Potential of Biomass for Sustainable Energy Production. *Energy Reports*, 6, 347–356.
- Mardiansyah, A., Nurhasanah, & Yuniati, R. 2022. Improving the Quality of Biomass Briquettes with Additives. *Journal of Renewable Energy Research*, 10(3), 123–131.
- PT Batubara Bukit Asam. 2024. Data Produk Briket Batubara. Palembang: PTBA Press.
- Putri, Y. 2009. Pembuatan Briket dari Campuran Batubara dengan Tempurung Kelapa Sawit untuk meningkatkan Laju Pembakaran. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Suyono, T., Prasetyo, D., & Handoko, A. 2021. Thermal Properties of Coconut Shell Charcoal Briquettes. *International Journal of Energy Research*, 45(8), 1124–1135.
- Sun, W., Zhang, Y., & Liu, H. 2023. Biomass and Coal Combustion Characteristics. *Energy Reports*, 15(2), 345–356.