

ANALISIS KUALITAS BIOBRIKET KARBONISASI TEMPURUNG KELAPA DAN KULIT SINGKONG DENGAN PEREKAT TEPUNG SINGKONG

Quality Analysis of Biobriquette from Carbonized Coconut Shell and Cassava Peel with Cassava Flour Adhesive

Ropiudin^{1,*}, Kavadya Syska²

¹ Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal, Purwokerto, Indonesia

² Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto, Jl. Sultan Agung No. 42, Karangklesem, Purwokerto, Indonesia

*E-mail: ropiudin@unsoed.ac.id

DOI:<http://dx.doi.org/10.20884/1.jaber.2022.3.1.6588>

Naskah ini diterima pada 11 Agustus 2022; revisi pada 18 Agustus 2022; disetujui untuk dipublikasikan pada 24 Agustus 2022

ABSTRAK

Salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk mengatasi sumber bahan bakar fosil adalah pemanfaatan sumber energi terbarukan, terutama sumber-sumber energi terbarukan. Pengalihan sumber energi yang berasal dari bahan bakar minyak ke sumber energi terbarukan diharapkan dapat mengurangi tingkat ketergantungan kepada minyak bumi. Pemanfaatan limbah pertanian, limbah perkebunan ataupun limbah industri merupakan salah satu alternatif pengganti bahan bakar dengan mengubahnya menjadi biobriket. Tempurung kelapa dan kulit singkong merupakan limbah pertanian yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan biobriket dan ketersediaannya cukup melimpah di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui menganalisis kualitas biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong berdasarkan pengaruh komposisi bahan dan persentase perekat. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan kombinasi perlakuan sebanyak 9 variasi percobaan. Ulangan dilakukan sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 36 unit percobaan. Faktor perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah persentase perekat (P0 = Perekat 3%, P1 = Perekat 5%, P2= Perekat 7%) dan komposisi bahan (K0 = 80% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 20% serbuk karbonisasi kulit singkong, (K1= 75% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 25% serbuk karbonisasi kulit singkong, (K2 = 70% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 30% serbuk karbonisasi kulit singkong). Variabel yang diamati dalam penelitian ini yaitu kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, kadar karbon terikat, nilai kalor, kerapatan, dan kuat tekan. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji F dan uji DMRT taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas biobriket karbonisasi kulit singkong dan tempurung kelapa dengan menggunakan perekat tepung singkong yaitu kadar air (6,71-7,75%), kadar abu (4,16-4,63%), kadar zat mudah menguap (2,01-2,18%), kadar karbon terikat (85,53-87,02%), nilai kalor (6709,29-8142,82kal/g), kerapatan (0,57-0,74 g/cm³), dan kuat tekan (3,36-7,66 kg/cm²).

Kata kunci: biobriket, karbonisasi, tempurung kelapa, kulit singkong, tepung singkong

ABSTRACT

One of the steps that can be taken to overcome fossil fuel sources is the use of renewable energy sources, especially renewable energy sources. The transfer of energy sources from fuel oil to renewable energy sources is expected to reduce the level of dependence on petroleum. Utilization of agricultural waste, plantation waste or industrial waste is an alternative fuel substitute by converting it into biobriquettes. Coconut shells and cassava peels are agricultural wastes that can be used as materials for making biobriquettes and their availability is quite abundant in Indonesia. This study aims to determine the characteristics of coconut shell and cassava peel carbonized biobriquettes, determine the effect of material composition and adhesive percentage on the quality of coconut shell and cassava peel carbonized

biobriquettes. This study used a completely randomized design (CRD) with a combination of 9 experimental variations. The experiment was repeated 4 times so that 36 experimental units were obtained. The treatment factors used in this study were the percentage of adhesive (P0 = 3% adhesive, P1 = 5% adhesive, P2 = 7% adhesive) and material composition (K0 = 80% coconut shell carbonized powder and 20% cassava peel carbonized powder, (K1 = 75% coconut shell carbonized powder and 25% cassava peel carbonized powder, (K2 = 70% coconut shell carbonized powder and 30% cassava peel carbonized powder). The variables observed in this study were water content, ash content, volatile matter content, evaporated, bound carbon content, calorific value, density, and compressive strength. The data obtained were analyzed using the F test and DMRT test at 5% level. The results showed the characteristics of carbonized biobriquettes of cassava peel and coconut shell using cassava flour adhesive, namely water content (6.71-7.75%), ash content (4.16-4.63%), volatile matter content (2.01-2.18%), bound carbon content (85.53-87.02%), calorific value (6709.29-8142.82cal/g), density (0.57-0.74 g/cm³), and compressive strength (3.36-7.66 kg/cm²). The composition of the material and the percentage of adhesive have a significant effect on the moisture content, ash content, volatile matter content, bound carbon content, calorific value, density, and compressive strength.

Keywords: *biobriquette, carbonization, coconut shell, cassava peel, cassava flour*

PENDAHULUAN

Konsumsi bahan bakar di Indonesia sejak tahun 1995 telah melebihi produksi dalam negeri. Dalam kurun waktu 10-15 tahun ke depan cadangan minyak bumi Indonesia diperkirakan habis. Bahan bakar fosil memiliki jumlah yang terbatas, tidak dapat diperbarui dan akan menipis dari waktu ke waktu (Citra *et al.*, 2018).

Ketergantungan yang besar pada sumber bahan bakar fosil telah menyebabkan terjadinya eksploitasi besar-besaran pada sumber bahan bakar fosil tersebut, sehingga dikhawatirkan bahan bakar fosil tersebut cepat habis karena tidak dapat diperbaharui. Sifat tidak dapat diperbaharui ini menyebabkan semakin menipisnya bahan bakar fosil (Tirono *et al.*, 2011).

Salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah ketergantungan terhadap fosil adalah pemanfaatan sumber-sumber energi terbarukan. Pengalihan sumber energi yang berasal dari bahan bakar minyak ke sumber energi terbarukan diharapkan dapat mengurangi tingkat ketergantungan kepada minyak bumi, apalagi mengingat potensinya yang cukup melimpah di Indonesia (KESDM, 2021).

Biomassa merupakan limbah yang belum termanfaatkan secara optimal, umumnya berasal dari pertanian, perkebunan dan kehutanan (Parinduri & Parinduri, 2020). Biomassa berpotensi menjadi sumber energi alternatif karena memiliki jumlah yang melimpah. Penggunaan limbah biomassa secara langsung sebagai energi masih kurang efektif. Hal ini disebabkan biomassa memiliki bentuk yang beragam sehingga menyulitkan dalam proses distribusi dan memiliki nilai kalor yang tidak stabil (Orbani, 2019).

Menurut Iskandar *et al.* (2019) biomassa memiliki potensi yang signifikan sebagai sumber energi terbarukan. Biomassa dapat diubah bentuk seperti bentuk padat, cair, dan gas. Oleh karena itu dapat menjadikan pemasok energi yang efisien untuk semua jenis sektor seperti sektor tenaga, panas, dan bahan bakar transportasi.

Stok limbah biomassa secara keseluruhan pada tahun 2017 diperkirakan sebesar 128 EJ dengan rincian 48 EJ untuk biomassa pertanian, 43 EJ untuk biomassa peternakan, dan 37 EJ untuk biomassa kehutanan (Herlambang *et al.*, 2017). Biomassa memiliki sifat fisik yang kurang baik, seperti permasalahan penanganan, penyimpanan, transportasi dan kerapatan energi yang rendah (Syaputra, 2018). Penggunaan biomassa sebagai sumber energi alternatif memiliki potensi untuk mengurangi pemanasan global (Setyoko, 2016).

Limbah pertanian yang dimanfaatkan sebagai bahan untuk pembuatan biobriket karbonisasi dalam penelitian ini yaitu tempurung kelapa dan kulit singkong. Tempurung kelapa mempunyai nilai kalor yang tinggi yaitu berkisar 7000 kal/g sehingga tepat digunakan sebagai bahan campuran pembuatan biobriket karbonisasi, sedangkan kulit singkong selama ini

pemanfaatannya untuk pakan ternak. Untuk meningkatkan nilai ekonomis kulit singkong salah satu alternatifnya yaitu dengan memanfaatkan sebagai bahan pembuatan biobriket karbonisasi.

Tempurung kelapa juga merupakan golongan kayu yang keras dan memiliki kadar selulosa lebih rendah, sedangkan kadar lignin lebih tinggi sekitar 6-9% kadar air (dalam berat kering tempurung kelapa). Tempurung kelapa tersusun dari lignin, hemiselulosa dan selulosa (Tamado *et al.*, 2013).

Guna meningkatkan kualitas biobriket dapat dilakukan pada tahapan persiapan karbonisasi yang dimulai dari proses karbonisasi awal, penghalusan, penentuan komposisi dan penambahan bahan perekat serta kadar yang tepat (Yuliah *et al.*, 2017)

Jenis perekat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tepung singkong. Singkong adalah umbi akar ketela pohon terkupas yang telah dikeringkan. Pemilihan jenis perekat sangat berpengaruh terhadap kualitas biobriket karena, jenis bahan perekat akan mempengaruhi nilai kalor pada saat pembakaran biobriket (Muji & Mulasari, 2014). Perekat singkong memiliki keuntungan dimana jumlah perekat yang dibutuhkan untuk jenis ini jauh lebih sedikit bila dibandingkan dengan bahan perekat hidrokarbon, namun kekurangan dari perekat singkong ini kurang tahan terhadap kelembaban disebabkan singkong memiliki sifat dapat menyerap air dari udara.

Menurut Harlina, *et al.* (2021) menjelaskan bahwa semakin banyak kadar perekat yang digunakan akan mempengaruhi kualitas briket karena terlalu banyak perekat akan menimbulkan banyak asap pada saat briket dibakar, dan briket akan sulit terbakar. Penambahan perekat terlalu sedikit juga dapat mempengaruhi ketahanan atau kekuatan briket, sehingga briket akan mudah hancur.

Kualitas biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dengan perekat tepung singkong perlu dikaji untuk menghasilkan briket dengan Standar Nasional Indonesia, yaitu komponen yang harus dipenuhi diantaranya nilai kalor ≥ 5000 kal/g, kadar air maksimal 5%, kadar abu maksimal 8%, dan *volatile matter* yang hilang pada saat pemanasan 950°C yaitu maksimal 15%.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: limbah tempurung kelapa, limbah kulit singkong, tepung singkong, aquades, oksigen (O_2), kawat nikel, Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *drum kiln*, kantong plastik, blender, ayakan mesh 35, kompor, panci, pencetak biobriket semi mekanis, timbangan elektrik, digunakan untuk menimbang tepung singkong, serbuk karbonisasi dan sampel, oven, desikator, erlenmeyer, *capsule SS*, *bomb calorimeter*, cawan porselen, tanur listrik, alat pencetak sampel, dan *viscometer*, *compressive strength of hydraulic cement mortar*.

Prosedur Penelitian

Secara garis besar kegiatan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap yaitu: (1) Tahap Persiapan: Tahap persiapan dilakukan dengan penyediaan bahan baku seperti limbah kulit singkong, limbah tempurung kelapa dan kelengkapan lain yang dibutuhkan dalam pengamatan. (2) Tahap Karbonisasi: Tahap yang dilakukan yaitu dengan menyiapkan limbah kulit singkong dan limbah tempurung kelapa yang selanjutnya dilakukan karbonisasi dengan menggunakan *drum kiln*. Lama karbonisasi berbeda antara bahan yang satu dengan bahan yang lainnya. (3) Tahap Pembuatan Biobriket, (4) Tahap pengujian, dan (5) Tahap analisis data.

Tahap Pembuatan Biobriket meliputi empat tahap, yaitu: (1) pembuatan serbuk karbonisasi: Limbah kulit singkong dan tempurung yang sudah menjadi karbonisasi kemudian dihaluskan hingga berbentuk serbuk. Setelah menjadi serbuk, disaring dengan menggunakan saringan *mesh 35*. (2) Pembuatan perekat: Singkong dihaluskan dengan menggunakan blender

sampai berbentuk serbuk. Setelah menjadi serbuk dicampur dengan air dengan perbandingan 1:10, kemudian dipanaskan sampai mengental. (3) Pembuatan biobriket: Perekat yang sudah dibuat kemudian dicampurkan dengan serbuk karbonisasi dan diaduk. Persentase perekat yang digunakan yaitu 3%, 5% dan 7 %. Setelah diperoleh pencampuran perekat dan serbuk karbonisasi dimasukkan ke dalam cetakan biobriket semi mekanis. (4) Pengeringan biobriket karbonisasi: Biobriket karbonisasi yang sudah dicetak kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu 60 C agar kandungan air di dalam biobriket karbonisasi tersebut benar-benar berkurang.

Tahap pengujian meliputi: biobriket yang telah dibuat lalu diuji kadar air, kadar abu, zat mudah menguap, karbon terikat, nilai kalor, kerapatan, dan kuat tekan. Tahap analisis data meliputi: data diuji dengan menggunakan analisis statistik yaitu dengan uji F dan apabila berpengaruh nyata dalam uji F, maka dilakukan uji anjutan dengan menggunakan DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) taraf 5% untuk mengetahui faktor tersebut.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah eksperimental dengan rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor yang diteliti meliputi faktor kombinasi bahan penyusun biobriket.

1. Perlakuan dilakukan dengan mengombinasikan jenis bahan pembuat biobriket yaitu kulit singkong dan tempurung kelapa dengan komposisi tertentu yang bertujuan untuk mengamati pengaruh kombinasi komposisi bahan terhadap mutu biobriket karbonisasi yang dihasilkan.

- a. Kombinasi A Tempurung kelapa: kulit singkong = 80:20 (K_0)
- b. Kombinasi B Tempurung kelapa: kulit singkong = 75:25 (K_1)
- c. Kombinasi C Tempurung kelapa: kulit singkong = 70:30 (K_2)

2. Faktor persentase perekat (P):

- a. Persentase perekat 3% (P_0)
- b. Persentase perekat 5% (P_1)
- c. Persentase perekat 7% (P_2)

Tabel 1. Kombinasi perlakuan percobaan

Kombinasi Perlakuan	Keterangan
K_0P_0	Kombinasi A : Persentase perekat 3%
K_0P_1	Kombinasi A : Persentase perekat 5%
K_0P_2	Kombinasi A : Persentase perekat 7%
K_1P_0	Kombinasi B : Persentase perekat 3%
K_1P_1	Kombinasi B : Persentase perekat 5%
K_1P_2	Kombinasi B : Persentase perekat 7%
K_2P_0	Kombinasi C : Persentase perekat 3%
K_2P_1	Kombinasi C : Persentase perekat 5%
K_2P_2	Kombinasi C : Persentase perekat 7%

Variabel dan Pengukuran

Variabel kualitas biobriket karbonisasi limbah tempurung kelapa dan kulit singkong yang diamati diantaranya kadar air, nilai kalor, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat dan nilai kalor, kerapatan, dan kuat tekan. Adapaun metode dan cara pengukuran variabel-variabel tersebut dilaksanakan sebagai berikut:

1. Kadar air (ASTM D-1762,1984)

Pengujian kadar air dilakukan dengan mengambil contoh uji biobriket karbonisasi dengan massa ± 2 gram sebagai massa mula-mula (a). Contoh uji tersebut dikeringkan dalam oven pada suhu

103°C selama 2 jam untuk perlakuan yang pertama, selanjutnya selang waktu 1 jam sampai konstan, lalu didinginkan ke dalam desikator dan ditimbang. Penimbangan dilakukan pada saat massa konstan (b). Perhitungan kadar air biobriket karbonisasi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%bb)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana: Kadar air (%) = Kadar air basis basah (%); a = Massa bahan sebelum dikeringkan dalam oven (g); b = Massa bahan setelah dikeringkan dalam oven (g)

2. Kadar abu (ASTM D-1762)

Hasil pengujian kemudian dilakukan perhitungan kadar abu biobriket karbonisasi yang mengikuti satandar ASTM D-1762 dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{d-c}{a} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana: a = massa sampel mula-mula (g); c = massa cawan (g); d = massa cawan+ massa abu (g)

3. Volatile Matter (ASTM D-1762, 1984)

Prosedur perhitungan zat mudah menguap dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D-1762 sebagai berikut:

$$\text{Kadar zat menguap (\%)} = \frac{a-e}{a} \times 100 \quad (3)$$

Dimana: a = massa awal (g); massa setelah pemanasan (g)

4. Fixed Carbon (ASTM D-3172, 1979)

Nilai *fixed carbon* dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D-1372 sebagai berikut:

$$\text{Fixed carbon (\%)} = 100 - (\% \text{ air} + \% \text{ abu} + \% \text{ volatile metter}) \quad (4)$$

5. Nilai kalor

Nilai kalor diukur menggunakan bomb calorimeter.

6. Kerapatan (ASTM, 1959)

Kerapatan biobriket dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (5)$$

Dimana: ρ = kerapatan (g/cm³); m = massa biobriket karbonisasi (g); v = volume (cm³)

7. Kuat tekan

Penentuan kuat tekan tekan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Kt} = \frac{m}{A} \quad (6)$$

Dimana: Kt = beban kuat tekan (kg/cm²); m = beban penekanan (kg); A = luas permukaan (cm²)

Analisis Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini diuji dengan analisis statistik yaitu dengan uji F dan apabila hasil pengujian tersebut berpengaruh nyata, maka dilakukan uji lanjutan menggunakan DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) dengan tingkat kesalahan $\alpha=5\%$ untuk mengetahui perbedaan pada faktor perlakuan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kualitas Biobriket Karbonisasi

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian sifat fisik dan kimia biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong yaitu kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap (*volatile matter*), kadar karbon terikat (*fixed carbon*), nilai kalor, kerapatan, dan nilai kuat tekan.

Hasil uji F dengan faktor pengaruh komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) terhadap sifat fisik dan kimia biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji F biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dengan faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) terhadap sifat kimia dan fisika biobriket

No	Variabel yang diuji	K	P	K*P
1	Kadar air	**	**	ns
2	Kadar abu	**	**	ns
3	Kadar <i>volatile</i>	**	**	ns
4	Kadar karbon terikat	**	**	ns
5	Nilai kalor	**	**	**
6	Kerapatan	**	**	ns
7	Kuat tekan	**	*	**

Keterangan: **= berbeda sangat nyata; * = berbeda nyata; ns = tidak berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa faktor komposisi bahan (K) berbeda sangat nyata terhadap kadar air, kadar abu, kadar *volatile*, kadar karbon terikat, nilai kalor, kerapatan, dan kuat tekan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong. Sedangkan faktor persentase perekat (P) berbeda sangat nyata terhadap kadar air, kadar abu, kadar *volatile*, kadar karbon terikat, nilai kalor, dan kerapatan tetapi berbeda nyata pada nilai kuat tekan. Interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) tidak berbeda nyata untuk hasil pengujian kadar air, kadar abu, kadar *volatile*, kadar karbon terikat, dan kerapatan.

B. Kadar Air

Nilai rata-rata kadar air biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai rata-rata kadar air diperoleh dari 9 perlakuan dan ulangan dilakukan sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 36 unit percobaan.

Tabel 3. Nilai rata-rata kadar air biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

No	Kombinasi Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rataan	SD
		1	2	3	4			
1	K ₀ P ₀	7,127	6,889	7,197	6,964	28,177	7,04	0,1423
2	K ₀ P ₁	7,491	7,229	7,463	7,227	29,410	7,35	0,1442
3	K ₀ P ₂	7,634	7,847	7,665	7,858	30,994	7,75	0,1205
4	K ₁ P ₀	6,662	7,197	6,647	7,233	27,739	6,93	0,3240
5	K ₁ P ₁	7,128	7,291	7,289	7,311	29,019	7,25	0,0851
6	K ₁ P ₂	7,478	7,686	7,473	7,670	30,307	7,58	0,1171
7	K ₂ P ₀	6,432	6,959	6,477	6,969	26,837	6,71	0,2948
8	K ₂ P ₁	7,203	7,179	7,194	7,275	28,851	7,21	0,0427
9	K ₂ P ₂	7,490	7,272	7,562	7,240	29,564	7,39	0,1592
Jumlah						260,898	7,25	

Tabel 3 dapat dilihat bahwa perlakuan K₀P₂ dimana komposisi bahan 80% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 20% serbuk karbonisasi kulit singkong menghasilkan rata-rata kadar air biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong tertinggi yaitu sebesar 7,75%. Hasil interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P)

Kode	P ₀	P ₁	P ₂	Jumlah	Rataan	SD
K ₀	28,177	29,410	30,994	88,581	7,3818	0,3253
K ₁	27,739	29,019	30,307	87,065	7,2554	0,3306
K ₂	26,837	28,851	29,564	85,252	7,1043	0,3493
Jumlah	82,753	87,280	90,865	260,898		
Rataan	6,8961	7,2733	7,5721			
SD	0,2812	0,1090	0,1946			

Nilai interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) tersebut diperoleh dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Rataan tertinggi untuk faktor komposisi bahan yaitu sebesar 7,3818%, sedangkan rata-rata tertinggi untuk faktor persentase perekat diperoleh 7,5721%. Hasil analisis variansi biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis variansi biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Sumber Variansi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat Tengah	Kuadrat F Hitung	F Tabel 0,05
Perlakuan	8	3,2845	0,4106	12,5034**
K	2	0,4630	0,2315	7,0500**
P	2	2,7542	1,3771	41,9388**
K x P	4	0,0673	0,0168	0,5125
Error	27	0,8866	0,0328	SD = 0,181
Jumlah	35	4,1710		KK= 2,500%

Keterangan: **= berpengaruh sangat nyata; K = komposisi bahan; P = persentase perekat; KxP = interaksi antara komposisi bahan dan jumlah perekat

Hasil analisis variansi pada Tabel 5 menunjukkan bahwa faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar air biobriket karbonisasi sedangkan interaksi antara komposisi bahan dan persentase perekat (KxP) memberikan pengaruh tidak nyata terhadap kadar air biobriket dari tempurung kelapa dan kulit singkong. Hasil uji DMRT pada taraf 5% faktor komposisi bahan terhadap kadar air dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh komposisi bahan (K) terhadap kadar air biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Komposisi bahan	Hasil uji DMRT
K ₀	7,38 a
K ₁	7,26 ab
K ₂	7,10 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa K₀ (komposisi bahan 80% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 20% serbuk karbonisasi kulit singkong) dan K₁ (komposisi bahan 75% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 25% serbuk karbonisasi kulit singkong) menghasilkan nilai tertinggi pada DMRT 5% terhadap kadar air biobriket karbonisasi. Sedangkan hasil uji DMRT pada taraf 5% faktor persentase perekat terhadap kadar air dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengaruh persentase perekat (P) terhadap kadar air biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Persentase perekat	Hasil uji DMRT
P ₀	6,90 c
P ₁	7,27 b
P ₂	7,57 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%

Berdasarkan Tabel 7 menunjukkan bahwa persentase perekat berpengaruh nyata pada DMRT 5% terhadap kadar air biobriket tempurung kelapa dan kulit singkong. Perlakuan persentase perekat 7% (P₂) menghasilkan kadar air tertinggi yaitu sebesar 7,57%, sedangkan perlakuan persentase perekat 3% (P₀) menghasilkan kadar air terendah yaitu sebesar 6,90%.

2. Kadar Abu

Kadar abu adalah jumlah residu anorganik yang dihasilkan dari pengabuan/pemijaran suatu produk. Unsur yang banyak terkandung dalam abu hasil pembakaran biobriket adalah unsur silikat. Nilai rata-rata kadar abu biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 8. Nilai rata-rata kadar abu diperoleh dari 9 perlakuan dan ulangan dilakukan sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 36 unit percobaan.

Tabel 8. Nilai rata-rata kadar abu biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

No	Kombinasi Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rataan	SD
		1	2	3	4			
1	K ₀ P ₀	4,271	4,445	4,303	4,465	17,484	4,37	0,0982
2	K ₀ P ₁	4,522	4,523	4,536	4,547	18,128	4,53	0,0119
3	K ₀ P ₂	4,682	4,590	4,706	4,562	18,540	4,64	0,0698
4	K ₁ P ₀	4,446	4,233	4,465	4,243	17,387	4,35	0,1259
5	K ₁ P ₁	4,541	4,431	4,537	4,441	17,950	4,49	0,0596
6	K ₁ P ₂	4,600	4,372	4,624	4,395	17,991	4,50	0,1326
7	K ₂ P ₀	4,178	4,140	4,168	4,149	16,635	4,16	0,0173
8	K ₂ P ₁	4,305	4,380	4,278	4,380	17,343	4,34	0,0523
9	K ₂ P ₂	5,570	4,280	4,594	4,256	17,700	4,43	0,1818
Jumlah						159,158	4,42	

Berdasarkan Tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan K₀P₂ dimana komposisi bahan 20% serbuk karbonisasi kulit singkong dan 80% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dengan persentase perekat 7% menghasilkan rata-rata kadar abu biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong tertinggi yaitu sebesar 4,64%. Interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P)

Kode	P ₀	P ₁	P ₂	Jumlah	Rataan	SD
K ₀	17,484	18,128	18,540	54,142	4,5127	0,1299
K ₁	17,387	17,950	17,991	53,328	4,4440	0,1236
K ₂	16,635	17,343	17,700	51,678	4,3065	0,1523
Jumlah	51,506	53,421	54,231	159,158		
Rataan	4,2922	4,4518	4,5193			
SD	0,1298	0,0972	0,1530			

Nilai interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) tersebut diperoleh dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Rataan tertinggi untuk faktor komposisi bahan yaitu sebesar 4,5127 %, sedangkan rata-rata tertinggi untuk faktor persentase perekat diperoleh 4,5193%. Hasil analisis variansi biobriket karbonisasi kulit singkong dan tempurung kelapa dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Analisis variansi biobriket karbonisasi kulit singkong dan tempurung kelapa

Sumber Variansi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat Tengah	Kuadrat F Hitung	F Tabel 0.05	
Perlakuan	8	0,6100	0,0763	7,8220**	2,31
K	2	0,2645	0,1323	13,5668**	3,35
P	2	0,3264	0,1632	16,7394**	3,35
K X P	4	0,0191	0,0048	0,4909	2,73
Error	27	0,2632	0,0097		SD = 0,099
Jumlah	35				KK= 2,233%

Keterangan: **= berpengaruh sangat nyata; K = komposisi bahan; P = persentase perekat; KxP = interaksi antara komposisi bahan dan persentase perekat

Berdasarkan Tabel 10 menunjukkan bahwa faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar abu biobriket ang asedangkan interaksi antara komposisi bahan dan persentase perekat (KxP) memberikan pengaruh tidak nyata terhadap kadar abu biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong. Hasil uji DMRT pada taraf 5% faktor komposisi bahan terhadap kadar abu biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Pengaruh komposisi bahan (K) terhadap kadar abu biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Komposisi bahan	Hasil uji DMRT
K ₀	4,51 a
K ₁	4,44 a
K ₂	4,31 b

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%

Berdasarkan Tabel 11 menunjukkan bahwa K₀ (komposisi bahan 80% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 20% serbuk karbonisasi kulit singkong) menghasilkan perlakuan terbaik. K₂ (komposisi bahan 30% serbuk karbonisasi kulit singkong dan 70% serbuk karbonisasi tempurung kelapa) menghasilkan kadar abu terendah pada hasil uji DMRT 5%. Hasil uji DMRT pada taraf 5% faktor persentase perekat terhadap kadar abu biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Pengaruh persentase perekat (P) terhadap kadar abu biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Persentase perekat	Hasil uji DMRT
P ₀	4,29 b
P ₁	4,45 a
P ₂	4,52 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%

Berdasarkan Tabel 12 menunjukkan bahwa P₁ (perekat 5%) dan P₂ (perekat 7%) tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%, sedangkan P₀ (perekat 3%) menghasilkan kadar abu terendah yaitu sebesar 4,29%.

3. Kadar zat mudah menguap (Volatile Matter)

Nilai rata-rata kadar zat mudah menguap biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 13. Nilai rata-rata kadar zat mudah menguap diperoleh dari 9 perlakuan dan ulangan dilakukan sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 36 unit percobaan.

Tabel 13. Nilai rata-rata kadar zat mudah menguap biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

No	Kombinasi Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rataan	SD
		1	2	3	4			
1	K ₀ P ₀	1,966	2,048	1,960	2,030	8,034	2,01	0,0389
2	K ₀ P ₁	2,040	2,079	2,063	2,089	8,271	2,07	0,0214
3	K ₀ P ₂	2,051	2,093	2,078	2,107	8,329	2,08	0,0240
4	K ₁ P ₀	2,075	2,093	2,016	2,100	8,284	2,07	0,0381
5	K ₁ P ₁	2,146	2,139	2,165	2,135	8,585	2,15	0,0133
6	K ₁ P ₂	2,195	2,194	2,175	2,153	8,717	2,18	0,0198
7	K ₂ P ₀	2,124	2,115	2,101	2,119	8,459	2,11	0,0099
8	K ₂ P ₁	2,135	2,139	2,123	2,126	8,523	2,13	0,0075
9	K ₂ P ₂	2,159	2,149	2,167	2,180	8,655	2,16	0,0131
Jumlah					75,857	2,11		

Berdasarkan Tabel 13 menunjukkan bahwa perlakuan K₁P₂ dimana komposisi bahan 75% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 25% serbuk karbonisasi kulit singkong dengan persentase perekat 7% menghasilkan nilai rata-rata kadar zat mudah menguap biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong tertinggi yaitu sebesar 2,18%. Interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P)

Kode	P ₀	P ₁	P ₂	Jumlah	Rataan	SD
K ₀	8,034	8,2	8,329	24,634	2,0528	0,0425
K ₁	8,284	8,58	8,717	25,586	2,1322	0,0528
K ₂	8,459	8,52	8,655	25,637	2,1364	0,0233
Jumlah	24,777	25,379	25,701	75,857		
Rataan	2,0648	2,1149	2,1418			
SD	0,0539	0,0380	0,0478			

Nilai interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) tersebut diperoleh dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Rataan tertinggi untuk faktor komposisi bahan yaitu sebesar 2,1364%, sedangkan rata-rata tertinggi untuk faktor persentase perekat diperoleh 2,1418%. Hasil analisis variansi biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Analisis variansi biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Sumber Derajat	Jumlah	Kuadrat	F	F Tabel	
Variansi	Bebas	Kuadrat Tengah	Hitung	0.05	
Perlakuan	8	0,0950	0,0119	21,8615**	2,31
K	2	0,0532	0,0266	48,9489**	3,35
P	2	0,0367	0,0183	33,7383**	3,35
KxP	4	0,0052	0,0013	2,3793	2,73

Error	27	0,0417	0,0005	SD = 0,023
Jumlah	35	0.1097		KK = 1,016%

Keterangan: ** = berpengaruh sangat nyata; K= komposisi bahan; P = persentase perekat; KxP = interaksi antara komposisi bahan dan persentase perekat

Berdasarkan Tabel 15 menunjukkan bahwa faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar abu biobriket karbonisasi sedangkan interaksi antara komposisi bahan dan persentase perekat (KxP) memberikan pengaruh tidak nyata terhadap kadar abu biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong . Hasil uji DMRT pada taraf 5% faktor komposisi bahan terhadap kadar zat mudah menguap biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Pengaruh komposisi bahan (K) terhadap kadar zat mudah menguap biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Komposisi bahan	Hasil uji DMRT
K ₀	2,05 b
K ₁	2,13 a
K ₂	2,14 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Berdasarkan Tabel 16 menunjukkan bahwa K₁ (komposisi bahan 25% serbuk karbonisasi kulit singkong dan 75% serbuk karbonisasi tempurung kelapa) dan K₂ (komposisi bahan 30% serbuk karbonisasi kulit singkong dan 70% serbuk karbonisasi tempurung kelapa) menghasilkan nilai kadar zat mudah menguap tertinggi dan tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%. Hasil uji DMRT pada taraf 5% faktor persentase perekat terhadap kadar zat mudah menguap biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Pengaruh persentase perekat (P) terhadap kadar zat mudah menguap biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Persentase perekat	Hasil uji DMRT
P ₀	2,06 c
P ₁	2,11 b
P ₂	2,14 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Hasil uji DMRT menunjukkan bahwa perlakuan persentase perekat berpengaruh nyata terhadap kadar zat mudah menguap. Perlakuan persentase perekat 7% (P₂) menghasilkan kadar zat mudah menguap tertinggi yaitu sebesar 2,14%, sedangkan perlakuan jumlah perekat 3% (P₀) menghasilkan kadar air terendah yaitu sebesar 2,06%.

4. Kadar karbon terikat (*Fixed carbon*)

Nilai rata-rata kadar karbon terikat biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 18. Nilai rata-rata kadar karbon terikat diperoleh dari 9 perlakuan dan ulangan dilakukan sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 36 unit percobaan.

Tabel 18. Nilai rata-rata kadar karbon terikat biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

No	Kombinasi Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rataan
		1	2	3	4		
1	K ₀ P ₀	86,606	86,618	86,540	86,541	346,305	86,58
2	K ₀ P ₁	85,947	86,169	85,937	86,138	344,191	86,05
3	K ₀ P ₂	85,633	85,470	85,561	85,473	342,137	85,63
4	K ₁ P ₀	86,818	86,476	86,873	86,424	346,591	86,65
5	K ₁ P ₁	86,184	86,139	86,009	86,112	344,444	86,11
6	K ₁ P ₂	85,727	85,748	85,727	85,782	342,984	85,75
7	K ₂ P ₀	87,266	86,786	87,254	86,763	348,069	87,02
8	K ₂ P ₁	86,356	86,302	86,406	86,219	345,283	86,32
9	K ₂ P ₂	85,781	86,299	85,677	86,324	344,081	86,02
Jumlah						3104,085	86,22

Berdasarkan Tabel 18 menunjukkan bahwa perlakuan K₂P₀ dimana komposisi bahan 70% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 30% serbuk karbonisasi kulit singkong dengan perekat 3% menghasilkan nilai rata-rata kadar karbon terikat tertinggi yaitu sebesar 87,02%. Interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19. Interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P)

Kode	P ₀	P ₁	P ₂	Jumlah	Rataan	SD
K ₀	346,305	344,191	342,137	1032,633	86,0528	0,4513
K ₁	346,591	344,444	342,984	1034,019	86,1683	0,4072
K ₂	348,069	345,283	344,081	1037,433	86,4528	0,4948
Jumlah	1040,965	1033,918	1029,20	3104,085		
Rataan	86,7471	86,1598	85,7668			
SD	0,2778	0,1490	0,2764			

Nilai interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) tersebut diperoleh dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Rataan tertinggi untuk faktor komposisi bahan yaitu sebesar 86,458%, sedangkan rata-rata tertinggi untuk faktor persentase perekat diperoleh 86,7471 %. Hasil analisis variansi biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 20.

Tabel 20. Analisis variansi biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Sumber Variansi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel 0,05
Perlakuan	8	6,9273	0,8659	27,6060**	2,31
K	2	1,0171	0,5086	16,2133**	3,35
P	2	5,8408	2,9204	93,10458*	3,35
KxP	4	0,0694	0,0174	0,5532	2,73
Error	27	0,8469	0,0314		SD= 0,177
Jumlah	35	7,7742			KK= 0,205%

Keterangan: ** = berpengaruh sangat nyata; K = komposisi bahan; P = persentase perekat; KxP = interaksi antara komposisi bahan dan persentase perekat

Berdasarkan Tabel 20 menunjukkan bahwa faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) memberikan pengaruh nyata terhadap kadar karbon terikat (*fixed carbon*) biobriket karbonisasi sedangkan interaksi antara komposisi bahan dan persentase perekat (KxP) memberikan pengaruh tidak nyata terhadap kadar karbon terikat (*fixed carbon*) biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong. Hasil uji DMRT pada taraf 5% faktor komposisi bahan terhadap kadar karbon terikat biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21. Pengaruh komposisi bahan (K) terhadap kadar karbon terikat biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Komposisi bahan	Hasil uji DMRT
K ₀	86,05 b
K ₁	86,17 b
K ₂	86,45 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Berdasarkan Tabel 21 menunjukkan bahwa K₀ (80% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan komposisi bahan 20% serbuk karbonisasi kulit singkong) dan K₁ (komposisi bahan 75% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 25% serbuk karbonisasi kulit singkong) tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%. Perlakuan K₂ (komposisi bahan 30% serbuk karbonisasi kulit singkong dan 70% serbuk karbonisasi tempurung kelapa) menghasilkan kadar karbon terikat tertinggi yaitu sebesar 86,45%. Hasil uji DMRT pada taraf 5% faktor persentase perekat terhadap kadar karbon terikat biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22. Pengaruh jumlah perekat (P) terhadap kadar karbon terikat biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Persentase perekat	Hasil uji DMRT
P ₀	86,75 a
P ₁	86,16 b
P ₂	85,77 c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Berdasarkan Tabel 22 hasil uji DMRT menunjukkan bahwa perlakuan persentase perekat berpengaruh nyata terhadap kadar karbon terikat. Perlakuan persentase perekat 7% (P₂) menghasilkan kadar karbon terikat tertinggi yaitu sebesar 85,77%, sedangkan perlakuan persentase perekat 3% (P₀) menghasilkan kadar karbon terikat terendah yaitu sebesar 86,16%.

5. Nilai Kalor

Nilai rata-rata kalor biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 23. Nilai rata-rata kalor diperoleh dari 9 perlakuan dan ulangan dilakukan sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 36 unit percobaan.

Tabel 23. Nilai rata-rata nilai kalor biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Kombinasi Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rataan
	1	2	3	4		

KOP0	8069,258	8179,101	8200,779	8122,133	32571,271	8142,82
KOP1	7754,483	7870,118	7881,001	7730,338	31235,940	7808,99
KOP2	7153,676	7275,446	7156,223	7221,001	28806,346	7201,59
K1P0	7884,752	7904,494	7872,558	7903,223	31565,027	7891,26
K1P1	7509,339	7512,203	7422,277	7321,766	29765,585	7441,40
K1P2	6977,049	6829,805	6923,823	6962,456	27693,133	6923,28
K2P0	7529,821	7632,258	7590,248	7611,046	30363,373	7590,84
K2P1	6960,970	7042,340	7135,244	7021,000	28159,554	7039,89
K2P2	6799,065	6799,065	6636,974	6720,357	26837,160	6709,29
Jumlah	266997,389					

Berdasarkan Tabel 23 menunjukkan bahwa perlakuan K_0P_0 dimana komposisi bahan 80% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 20% serbuk karbonisasi kulit singkong dengan persentase perekat 3% menghasilkan nilai rata-rata kalor biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong tertinggi yaitu sebesar 8142,82 kal/g. Interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 24. Interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P)

Kode	P ₀	P ₁	P ₂	Rataan	SD
K ₀	32571,271	31235,940	28806,346	7717,7964	411,2624
K ₁	31565,027	29765,585	27693,133	7418,6454	417,2673
K ₂	30363,373	28159,554	26837,160	7113,3406	384,0476
Jumlah	94499,671	89161,079	83336,639		
Rataan	7874,9726	7430,0899	6944,7199		
SD	238,9400	335,9999	218,4786		

Nilai interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) tersebut diperoleh dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Rataan tertinggi untuk faktor komposisi bahan yaitu sebesar 7717,7964 kal/g sedangkan rata-rata tertinggi untuk faktor persentase perekat diperoleh 7874,9726 kal/g. Hasil analisis variansi biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 25.

Tabel 25. Analisis variansi biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Sumber Derajat Variansi	Jumlah Bebas	Kuadrat Kuadrat	F Tengah	F Hitung	F Tabel 0,05
Perlakuan	8	7477696,0567	934712,0071	223,86268**	2,31
K	2	2192276,8660	1096138,4330	262,5240**	3,35
P	2	5195498,5914	2597749,2957	622,1583**	3,35
KxP	4	89920,5993	22480,1498	5,3840*	2,73
Error	27	112735,3499	4175,3833		SD= 64,617
KK= 0,871%					
Jumlah	35	7590431,4066			

Keterangan: ** = berpengaruh sangat nyata; K = komposisi bahan; P = persentase perekat; KxP = interaksi antara komposisi bahan dan persentase perekat

Berdasarkan Tabel 25 menunjukkan bahwa faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) memberikan pengaruh yang sangat nyata sedangkan interaksi antara komposisi bahan dan persentase perekat memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kalor biobriket karbonisasi kulit singkong dan tempurung kelapa. Hasil uji DMRT pada taraf 5% faktor komposisi bahan terhadap nilai kalor biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 26.

Tabel 26. Pengaruh komposisi bahan (K) terhadap nilai kalor biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Komposisi Bahan	Hasil uji DMRT
K ₀	7717,80 a
K ₁	7418,65 b
K ₂	7113,34 c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Berdasarkan Tabel 26 hasil uji DMRT menunjukkan bahwa perlakuan komposisi bahan berpengaruh nyata terhadap nilai kalor. Perlakuan komposisi bahan 80% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 20% serbuk karbonisasi kulit singkong (K₀) menghasilkan nilai kalor tertinggi yaitu sebesar 7717,80 kal/g sedangkan perlakuan komposisi bahan 30% serbuk karbonisasi kulit singkong dan 70% serbuk karbonisasi tempurung kelapa (K₂) menghasilkan nilai kalor terendah yaitu sebesar 7113,34 kal/g. Hasil uji DMRT pada taraf 5% faktor persentase perekat terhadap nilai kalor biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 27.

Tabel 27. Pengaruh persentase perekat (P) terhadap nilai kalor biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Persentase perekat	Hasil uji DMRT
P ₀	7874,97 a
P ₁	7430,09 b
P ₂	6944,72 c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Berdasarkan Tabel 27 hasil uji DMRT menunjukkan bahwa perlakuan persentase perekat berpengaruh nyata terhadap nilai kalor. Perlakuan persentase perekat 7% (P₂) menghasilkan nilai kalor terendah yaitu sebesar 6944,72 kal/g, sedangkan perlakuan persentase perekat 3% (P₀) menghasilkan nilai kalor tertinggi yaitu sebesar 7874,97 kal/g. Hasil uji DMRT pada taraf 5% pengaruh interaksi antara komposisi bahan dan persentase perekat dapat dilihat pada Tabel 28.

Tabel 28. Pengaruh interaksi komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) terhadap nilai kalor biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Kombinasi Perlakuan	Hasil uji DMRT
K ₀ P ₀	8142,82 a
K ₀ P ₁	7808,99 b
K ₀ P ₂	7201,59 e
K ₁ P ₀	7891,26 b
K ₁ P ₁	7441,40 d
K ₁ P ₂	6923,28 g
K ₂ P ₀	7590,84 c
K ₂ P ₁	7039,89 f
K ₂ P ₂	6709,29 h

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Berdasarkan hasil uji DMRT perlakuan K₀P₀ dimana komposisi bahan 80% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 20% serbuk karbonisasi kulit singkong dengan persentase perekat 3% menghasilkan nilai kalor tertinggi dan merupakan perlakuan terbaik pada uji DMRT taraf 5% yaitu sebesar 8142,82 kal/g sedangkan perlakuan K₂P₂ dimana komposisi bahan 70% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 30% serbuk karbonisasi kulit singkong menghasilkan nilai kalor terendah pada hasil uji DMRT taraf 5% yaitu sebesar 6709,29 kal/g.

6. Kerapatan

Nilai rata-rata kerapatan yang diperoleh dari pembuatan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 29. Nilai rata-rata kerapatan diperoleh dari 9 perlakuan dan ulangan dilakukan sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 36 unit percobaan.

Tabel 29. Nilai rata-rata kerapatan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Kombinasi Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rataan	SD
	1	2	3	4			
K ₀ P ₀	0,604	0,621	0,554	0,569	2,349	0,59	0,0310
K ₀ P ₁	0,636	0,623	0,643	0,685	2,586	0,65	0,0268
K ₀ P ₂	0,722	0,803	0,724	0,784	3,033	0,76	0,0412
K ₁ P ₀	0,559	0,604	0,541	0,587	2,291	0,57	0,0282
K ₁ P ₁	0,654	0,656	0,594	0,625	2,528	0,63	0,0294
K ₁ P ₂	0,784	0,736	0,755	0,683	2,958	0,74	0,0427
K ₂ P ₀	0,542	0,606	0,522	0,562	2,232	0,56	0,0359
K ₂ P ₁	0,673	0,633	0,589	0,587	2,482	0,62	0,0408
K ₂ P ₂	0,623	0,691	0,655	0,634	2,603	0,65	0,0299
Jumlah					23,061	0,64	

Berdasarkan Tabel 29 menunjukkan bahwa perlakuan K₀P₂ dimana komposisi bahan 80% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 20% serbuk karbonisasi kulit singkong dengan persentase perekat 7% menghasilkan nilai rata-rata kerapatan tertinggi yaitu sebesar 0,76 g/cm³. Interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) dilihat pada Tabel 30.

Tabel 30. Interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P)

Kode	P ₀	P ₁	P ₂	Rataan	SD
K ₀	2,349	2,586	3,033	0,6640	0,0800
K ₁	2,291	2,528	2,958	0,6480	0,0784
K ₂	2,232	2,482	2,603	0,6098	0,0517
Jumlah	6,872	7,596	8,594		
Rataan	0,5726	0,6330	0,7162		
SD	0,0314	0,0317	0,0600		

Nilai interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) tersebut diperoleh dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Rataan tertinggi untuk faktor komposisi bahan yaitu sebesar 0,664 g/cm³ sedangkan rata-rata tertinggi untuk faktor persentase perekat diperoleh 0,7162 g/cm³. Analisis variansi biobriket karbonisasi kulit singkong dan tempurung kelapa dapat dilihat pada Tabel 31.

Tabel 31. Analisis variansi biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Sumber Derajat	Jumlah	Kuadrat	F	F Tabel
Variansi	Bebas	Kuadrat	Tengah	Hitung
Perlakuan	8	0,1541	0,0193	16,1997**
				2,31

K	2	0,0186	0,0093	7,8384**	3,35
P	2	0,1247	0,0623	52,4236**	3,35
KxP	4	0,0108	0,0027	2,2684	2,73
Error	27	0,0321	0,0012		SD= 0,034
					KK= 5,383%
Jumlah	35				

Hasil analisis variansi pada Tabel 32 menunjukkan bahwa faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) memberikan pengaruh nyata terhadap kerapatan biobriket karbonisasi sedangkan interaksi antara komposisi bahan dan persentase perekat (KxP) memberikan pengaruh tidak nyata terhadap kerapatan biobriket karbonisasi kulit singkong dan tempurung kelapa. Hasil uji DMRT pada taraf 5% faktor komposisi bahan terhadap kerapatan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 32.

Tabel 32. Pengaruh komposisi bahan (K) terhadap kerapatan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Komposisi bahan	Hasil uji DMRT
K ₀	0,66 a
K ₁	0,65 a
K ₂	0,61 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Berdasarkan Tabel 32 menunjukkan bahwa K₀ (komposisi bahan 80% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 20% serbuk karbonisasi kulit singkong) dan K₁ (komposisi bahan 75% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 25% serbuk karbonisasi kulit singkong) tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%. Sedangkan K₂ (komposisi bahan 30% serbuk karbonisasi kulit singkong dan 70% serbuk karbonisasi tempurung kelapa) menghasilkan kerapatan terendah yaitu sebesar 0,61 g/cm³. Hasil uji DMRT pada taraf 5% faktor persentase perekat terhadap kerapatan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 33.

Tabel 33. Pengaruh persentase perekat (P) terhadap kerapatan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Persentase perekat	Hasil uji DMRT
P ₀	0,57 c
P ₁	0,63 b
P ₂	0,72 c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Berdasarkan Tabel 33 menunjukkan bahwa P₀ (perekat 3%) dan P₂ (perekat 7%) tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%. Sedangkan P₁ (perekat 5%) menghasilkan kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 0,72 kg/cm².

7. Kuat tekan

Nilai rata-rata kuat tekan yang diperoleh dari pembuatan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 34. Nilai rata-rata kuat tekan diperoleh dari 9 perlakuan dan ulangan dilakukan sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 36 unit percobaan.

Tabel 34. Nilai rata-rata kuat tekan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Kombinasi Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rataan	SD
	1	2	3	4			

K ₀ P ₀	2,325	2,931	3,436	4,750	13,442	3,36	1,0317
K ₀ P ₁	4,649	5,256	5,154	6,873	21,932	5,48	0,9639
K ₀ P ₂	6,974	7,075	9,096	8,389	31,534	7,88	1,0339
K ₁ P ₀	7,883	6,974	6,064	5,357	26,278	6,57	1,0977
K ₁ P ₁	6,569	5,963	6,873	4,548	23,953	6,00	1,0320
K ₁ P ₂	7,075	8,389	5,154	5,357	25,975	6,49	1,5294
K ₂ P ₀	3,942	3,032	1,516	3,234	11,724	2,93	1,0208
K ₂ P ₁	4,851	5,256	3,234	4,346	17,687	4,42	0,8750
K ₂ P ₂	6,670	8,186	7,782	7,984	30,622	7,66	0,6774
Jumlah					203,147	5,64	

Berdasarkan Tabel 34 menunjukkan bahwa perlakuan K₀P₂ dimana komposisi bahan 80% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 20% serbuk karbonisasi kulit singkong dengan persentase perekat 7% menghasilkan nilai rata-rata kuat tekan biobriket karbonisasi tertinggi yaitu sebesar 7,88 kg/cm². Interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) dapat dilihat pada Tabel 35.

Tabel 35. Interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P)

Kode	P ₀	P ₁	P ₂	Total	Rataan	SD
K ₀	13,442	21,932	31,534	66,908	5,5757	2,1353
K ₁	26,278	23,953	25,975	76,206	6,3505	1,1531
K ₂	11,724	17,687	30,622	60,033	5,0028	2,2047
Jumlah	51,444	63,572	88,131	203,147		
Rataan	4,2870	5,2977	7,3443			
SD	1,9438	1,1034	1,2077			

Nilai interaksi antara faktor komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) tersebut diperoleh dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Rataan tertinggi untuk faktor komposisi bahan yaitu sebesar 6,3505 kg/cm², sedangkan rata-rata tertinggi untuk faktor persentase perekat diperoleh 7,3443 kg/cm². Analisis variansi biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 36.

Tabel 36. Analisis variansi biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Sumber Variansi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel
Perlakuan	8	99,4127	12,4266	11,2540 **	2,13
K	2	10,9801	5,4901	4,9720 *	3,35
P	2	58,2269	29,1135	26,3662 **	3,35
KxP	4	30,2057	7,5514	6,8388 **	2,73
Error	27	29,8133	1,1042		SD= 1,051%
Jumlah	35				KK= 18,622 %

Hasil analisis variansi pada Tabel 36 menunjukkan bahwa faktor komposisi bahan (K) memberikan pengaruh yang nyata terhadap kuat tekan sedangkan persentase perekat (P) serta interaksi antara komposisi bahan dan persentase perekat (KxP) memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kuat tekan. Hasil uji DMRT pada taraf 5% faktor komposisi bahan terhadap kuat tekan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 37.

Tabel 37. Pengaruh komposisi bahan (K) terhadap kerapatan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Komposisi bahan	Hasil uji DMRT
K ₀	5,58 ab
K ₁	6,35 a
K ₂	5,00 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Berdasarkan Tabel 37 menunjukkan bahwa K₀ (komposisi bahan 80% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 20% serbuk karbonisasi kulit singkong) dan K₁ (komposisi bahan 75% serbuk karbonisasi tempurung kelapa dan 25% serbuk karbonisasi kulit singkong) tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. Hasil uji DMRT pada taraf 5% faktor persentase perekat terhadap kuat tekan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 38.

Tabel 38. Pengaruh persentase perekat (P) terhadap kerapatan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Persentase perekat	Hasil uji DMRT
P ₀	4,29 c
P ₁	5,30 b
P ₂	7,34 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Hasil uji DMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan persentase perekat 7% (P₂) menghasilkan kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 7,34 kg/cm², sedangkan perlakuan persentase perekat 3% (P₀) menghasilkan kuat tekan terendah yaitu sebesar 4,29 kg/cm². Hasil uji DMRT pada taraf 5% pengaruh interaksi antara komposisi bahan dan persentase perekat dapat dilihat pada Tabel 39.

Tabel 39. Pengaruh interaksi komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) terhadap kuat tekan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong

Kombinasi Perlakuan	Hasil uji DMRT
K ₀ P ₀	3,36 d
K ₀ P ₁	5,48 bc
K ₀ P ₂	7,88 a
K ₁ P ₀	6,57 ab
K ₁ P ₁	5,10 bc
K ₁ P ₂	6,49 ab
K ₂ P ₀	2,93 d
K ₂ P ₁	4,42cd
K ₂ P ₂	7,66 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Interaksi komposisi bahan (K) dan persentase perekat (P) tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kuat tekan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong. Perlakuan K₀P₂, K₁P₀, K₁P₂, dan K₂P₂ memberikan hasil tertinggi pada hasil uji DMRT taraf 5%.

KESIMPULAN

Hasil pengujian kualitas biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dengan perekat tepung singkong yaitu kadar air 6,71-7,75%bb, kadar abu 4,16-4,63%, kadar zat mudah menguap 2,01-2,18%, kadar karbon terikat 85,53-87,02%, nilai kalor 6709,29-8142,82 kal/g, kerapatan 0,57-0,74 g/cm³, dan kuat tekan 3,36 -7,66 kg/cm². Komposisi bahan dan persentase

perekat memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, kadar karbon terikat, nilai kalor, kerapatan, dan kuat tekan biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit ubi kayu dengan perekat tepung singkong. Kualitas biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dengan perekat tepung singkong telah memenuhi standar SNI.

DAFTAR PUSTAKA

- Citra, Y., Hamzah, F.H., & Zalfiatri, Y. (2018). Konsentrasi Perekat Pati Sagu Terhadap Karakteristik Briket Bioarang dari Limbah Kulit Buah Durian. *JOM FAPERTA*, 5(2): 1-9.
- Harlina, A.C., Ropiudin, Ritonga, A.M. (2021). Pengaruh Kadar Perekat Molase dan Lama Pengeringan terhadap Proses Pembuatan Biobriket dari Tempurung Kelapa dan Sekam Padi. *Jaber* 2(2): 19-27
- Herlambang, S., Rina, S., Santoso, P.B., & Sutiono, H.T. (2017). *Biomassa sebagai Sumber Energi Masa Depan*. Gerbang Media Aksara. Yogyakarta.
- Iskandar, N., Nugroho, S., & Feliyana, M.F. (2019). Uji Kualitas Produk Briket Arang Tempurung Kelapa Berdasarkan standar Mutu SNI. *Jurnal*, 15(2): 103-108.
- KESDM. (2021). Outlook Energi Indonesia Tahun 2020. Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. Jakarta.
- Muzi, I. & Mulasari, S.A. (2014). Perbedaan Konsentrasi Perekat antara Briket Bioarang Tandan Kosong Sawit dengan Briket Bioarang Temperatur Kelapa terhadap Waktu Didih Air. *Jurnal Kesmas*, 8(1): 1-10.
- Orbani, S.W. (2019). Karakteristik Briket Arang Cangkang Pangsi (Pangium Edule Reiw) dengan Menggunakan Perekat Tepung Tapioka dari Ekstraksi Ampas Ubi Kayu dan Penambahan Getah Pinus. *Skripsi*. Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Makassar
- Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 5(2): 88-92.
- Setyoko, G. (2016). Gasifikasi Cangkang Kelapa Sawit sebagai Gas Bakar pada Motor Bakar Empat Tak. *Tugas Akhir*. Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang,
- Syaputra, G.P. (2018). Pengaruh Suhu Pengeringan Biopellet Serbuk Kayu dengan Perekat Kanji Terhadap Lama Waktu Pembakaran. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang.
- Tamado, D., Budi, E., Wirawan, R., Dwi, H., Tyaswuri, A., Sulistiani, E., & Asma, E. (2013). Sifat Termal Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa. *Seminar Nasional Fisika*, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, 1 Juni 2013.
- Tirono, M. & Sabit, A. (2011). Efek Suhu Pada Proses Pengarangan Terhadap Nilai Kalor Karbonisasi Tempurung Kelapa. *Jurnal Neutrino*. Vol 3, No 2, Hal 143-152.
- Yuliah, Y., Suryaningsih, S., & Ulfi, K. (2017). Penentuan Kadar Air Hilang dan *Volatile Matter* pada Biobriket dari Campuran Arang Sekam Padi dan Batok Kelapa. *Jurnal Ilmu dan Fisika*, 1(1): 51-57..