
Analisis Kualitas Biobriket Karbonisasi Limbah Bambu dengan Perekat Tepung Singkong dan Tepung Nasi Aking

Quality Analysis of Biobriquette from Carbonized Bamboo Waste with Cassava Flour and Dry Rice Adhesive

Ropiudin^{1*)}, Kavadya Syska²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman

²⁾ Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto

^{*)} email: ropiudin @unsoed.ac.id

ABSTRACT

The heavy dependence on fossil fuel sources has led to massive exploitation of fossil fuel sources, so it is feared that fossil fuels will run out quickly because they cannot be renewed. It is necessary to find alternative non-fossil fuels so as not to depend on these fuels. Utilization of agricultural waste or industrial waste is an alternative to fossil fuels by turning them into charcoal briquettes. Bamboo waste is included in the category of agricultural waste which is often found in the products of the bamboo industry. This bamboo waste has not been utilized and has the potential to be used to make charcoal briquettes. This study aims to determine the characteristics of waste bamboo charcoal briquettes, determine the effect of the type of adhesive and the percentage of adhesive in the manufacture of waste bamboo charcoal briquettes and determine the right combination of adhesive types and the percentage of adhesive suitable for waste bamboo charcoal briquettes. This study used a Completely Randomized Design (CRD) with a combination of 6 experimental variations. Replications were carried out 4 times to obtain 24 experimental units. The treatment factors used in this study were the type of adhesive (J) and the percentage of adhesive (P). The adhesive type factor (J) consisted of the type of cassava flour adhesive (J0) and rice aking flour (J1) while the adhesive percentage factor consisted of 5% adhesive percentage (P0), 7% adhesive percentage (P1) and 9% adhesive percentage (P2). The variables observed in this study included moisture content, ash content, volatile matter, fixed carbon, calorific value, density and compressive strength. The data obtained was analyzed using the F test and if it had a significant effect then it was continued with the 5% DMRT test to find out the difference in these factors. The results showed the characteristics of bamboo charcoal briquettes using cassava flour and aking rice flour adhesive, namely water content (5.07-5.16%), ash content (2.74-2.86%), volatile matter (1.17- 1.25%), fixed carbon (90.74-91.02%), calorific value (6078.40-7348.23 cal/g), density (0.45-0.53 g/cm³) and compressive strength (2.32-6.74 kg/cm²). The type of adhesive and the percentage of adhesive have a significant effect on ash content, volatile matter and fixed carbon and compressive strength. The best bamboo waste charcoal briquettes are using cassava flour adhesive with an adhesive percentage of 5%.

Keywords: Biobriquette, Carbonization, Bamboo, Cassava Flour, Dry Rice.

ABSTRAK

Ketergantungan yang besar pada sumber bahan bakar fosil telah menyebabkan terjadinya eksploitasi besar-besaran pada sumber bahan bakar fosil, sehingga dikhawatirkan bahan bakar fosil akan cepat habis karena tidak dapat diperbaharui. Perlu dicari alternatif bahan bakar non fosil agar tidak tergantung pada bahan bakar tersebut. Pemanfaatan limbah pertanian ataupun limbah industri merupakan salah satu alternatif pengganti bahan bakar fosil dengan mengubahnya menjadi briket karbonisasi. Limbah bambu termasuk ke dalam kategori limbah pertanian yang banyak dijumpai dari

hasil industri bambu. Limbah bambu ini belum dimanfaatkan dan mempunyai potensi digunakan menjadi briket karbonisasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik briket karbonisasi limbah bambu, mengetahui pengaruh jenis perekat dan persentase perekat dalam pembuatan briket karbonisasi limbah bambu serta mengetahui kombinasi yang tepat antara jenis perekat dan persentase perekat yang sesuai untuk briket karbonisasi limbah bambu. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan kombinasi perlakuan sebanyak 6 variasi percobaan. Ulangan dilakukan sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 24 unit percobaan. Faktor perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis perekat (J) dan persentase perekat (P). Faktor jenis perekat (J) terdiri dari jenis perekat tepung gaplek (J0) dan tepung nasi aking (J1) sedangkan faktor persentase perekat terdiri dari persentase perekat 5% (P0), persentase perekat 7% (P1) dan persentase perekat 9% (P2). Variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi kadar air, kadar abu, volatile matter, fixed carbon, nilai kalor, kerapatan dan kuat tekan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji F dan apabila berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji DMRT 5% untuk mengetahui perbedaan pada faktor tersebut. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik briket karbonisasi limbah bambu menggunakan perekat tepung gaplek dan tepung nasi aking yaitu kadar air (5,07-5,16%), kadar abu (2,74-2,86%), volatile matter (1,17-1,25%), fixed carbon (90,74-91,02%), nilai kalor (6078,40-7348,23 kal/g), kerapatan (0,45-0,53 g/cm³) dan kuat tekan (2,32-6,74 kg/cm²). Jenis perekat dan persentase perekat memberikan pengaruh nyata terhadap kadar abu, volatile matter dan fixed carbon dan kuat tekan. Briket karbonisasi limbah bambu terbaik yaitu menggunakan perekat tepung gaplek dengan persentase perekat 5%.

Kata kunci: Biobriket, Karbonisasi, Bambu, Tepung Singkong, Tepung Nasi Aking.

PENDAHULUAN

Ketergantungan yang besar pada sumber bahan bakar fosil telah menyebabkan terjadinya eksploitasi besar-besaran pada sumber bahan bakar fosil, sehingga dikhawatirkan bahan bakar fosil akan cepat habis karena tidak dapat diperbaharui. Perlu dicari alternatif bahan bakar non fosil agar tidak tergantung pada bahan bakar tersebut. 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). Pemanfaatan limbah pertanian ataupun limbah industri merupakan salah satu alternatif pengganti bahan bakar fosil dengan mengubahnya menjadi briket karbonisasi (Favan *et al.*, 2010).

Abdullah *et al.*, (2002) menyatakan bahwa Indonesia memiliki potensi energi biomassa yang sangat besar. Diperkirakan setiap tahun dihasilkan 146,7 juta ton biomassa. Contoh sampah biomassa antara lain pepohonan, rumput, limbah pertanian, limbah hutan, limbah pangan dan sebagainya. Adapun sumber energi lain yang bisa dijadikan alternatif yaitu sampah pekkarbonisian seperti: dedaunan, rerantingan dan rumput-rumput kering. Sampah biomassa dan sampah pekkarbonisian tersebut dapat dimanfaatkan untuk sumber energi bagi keperluan rumah tangga khususnya untuk memasak (Parinduri & Parinduri, 2020). Namun penggunaan sampah biomassa dan sampah pekkarbonisian secara langsung sebagai bahan bakar juga kurang efisien, oleh karena itu sampah tersebut perlu diubah menjadi energi kimia terlebih dahulu, misalnya dengan mengubah menjadi briket biokarbonisasi (Orbani, 2019).

Bambu merupakan komoditas lokal yang telah dikenal oleh masyarakat sejak dulu. Bambu merupakan tanaman yang mudah dijumpai di

Indonesia terutama di Jawa, Bali, Sulawesi Selatan, dan Sumatera. Selain mudah dibudidayakan, juga memiliki jumlah produksi yang tinggi yaitu sekitar 33,4-109,2 ton/ha/tahun. Bambu memiliki masa panen yang cukup singkat yaitu berkisar 1-3 tahun serta dapat dipanen sepanjang tahun sehingga kontinuitas bahan baku ini selalu terjaga (Yani, 2014).

Indonesia memiliki luas areal hutan bambu yang sangat besar. Luas hutan bambu tersebar di berbagai propinsi di Indonesia dengan luas total sekitar 164.312,36 ha. Namun ini belum termasuk dalam tanaman pada kebun-kebun masyarakat (Departemen Perindustrian dan Perdagangan, 2001).

Tanaman bambu merupakan tanaman yang serba guna, mulai dari akarnya sampai daunnya dapat dimanfaatkan. Batangnya yang kuat, keras, ringan, ukurannya beragam dan mudah dikerjakan membuat bambu banyak digunakan sebagai bahan bangunan, pagar, jembatan, alat angkutan/rakit, pipa saluran air, atap rumah alat musik dan peralatan rumah tangga. Selain itu, saat ini, bambu juga telah mulai dimanfaatkan sebagai bahan pembuat pulp dan kertas, karbonisasi, sumpit (chopstick), plywood/plybambu, furniture, bkarbonisasi kerajinan tangan/cineramata yang merupakan komoditi ekspor. Dalam pemanfaatan tanaman bambu menjadi berbagai macam bkarbonisasi pastinya akan menghasilkan limbah berupa sisa-sisa bambu yang tidak digunakan lagi. Limbah bambu ini belum dimanfaatkan dan mempunyai potensi digunakan menjadi briket karbonisasi.

Kemutug merupakan salah satu daerah sentra kerajinan bambu yang berkembang di Banyumas. Bambu sebagai bahan baku kerajinan tidak semuanya terpakai. Ada sisa-sisa bambu yang tidak terpakai dan belum dimanfaatkan. Sisa-sisa bambu ini biasanya langsung di buang ke daerah aliran sungai ataupun dibakar. Limbah yang dihasilkan mencapai 30% dari bahan baku yang digunakan. Satu industri kerajinan limbah bambu di Desa Kemutug dapat menghasilkan 100-150 kg dalam sehari.

Menurut Lestari *et al.*, (2010), Briket karbonisasi adalah karbonisasi yang dirubah bentuk, ukuran dan kerapatannya dengan cara mengepres campuran serbuk karbonisasi

dengan bahan perekat. Penggunaan bahan perekat dimaksudkan agar ikatan antar partikel akan semakin kuat.

Perekat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tepung nasi aking dan tepung gaplek. Nasi aking adalah makanan yang berasal dari sisa-sisa nasi yang tak termakan yang dibersihkan dan dikeringkan di bawah sinar matahari. Nasi aking memiliki kadar air, pH dan derajat putih yang lebih kecil dibandingkan beras biasa. Sementara kadar abu cenderung tidak berbeda antara beras aking dengan beras biasa. Gaplek adalah umbi akar ketela pohon yang terkelupas yang telah dikeringkan. Pati yang terkandung dalam karbohidrat tepung gaplek dapat diubah menjadi bahan perekat melalui proses pemanasan (Ropiudin dan Syska, 2022).

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui karakteristik briket karbonisasi limbah bambu.
2. Mengetahui pengaruh jenis perekat dan persentase terhadap karakteristik briket karbonisasi limbah bambu
3. Mengetahui kombinasi yang tepat antara jenis perekat dan persentase perekat yang sesuai untuk briket limbah bambu.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Drum kiln, kantong plastik, kompor, panci, pencetak briket semi mekanis, timbangan elektrik, timbangan analitik, oven, desikator, jangka sorong, *compressive strength of hydratlic cement mortar*, cawan porselen, tanur listrik, pencetak sampel, erlenmeyer, Capsule SS, dan bomb kalorimeter.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: limbah bambu, tepung gaplek, tepung nasi aking, aquades, Oksigen (O₂), dan kawat nikel.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian ini terdiri dari dua faktor yaitu jenis perekat (J)

yang terdiri dari 2 taraf dan persentase perekat (P) yang terdiri dari 3 taraf. Kedua faktor tersebut menghasilkan 6 kombinasi perlakuan yaitu J0P0, J0P1, J0P2, J1P0, J1P1 dan J1P2. Pengujian dilakukan 4 kali ulangan makan menghasilkan contoh uji sebanyak 24 sampel.

1. Faktor Jenis Perekat
 - a. Jenis perekat Tepung Gaplek (J0)
 - b. Jenis perekat Tepung Nasi Aking (J1)
2. Faktor Perekat (P):
 - a. Persentase perekat 5% (P0)
 - b. Persentase perekat 7% (P1)
 - c. Persentase perekat 9% (P2)

Tabel 1. Kombinasi perlakuan percobaan

Perlakuan	Variasi Percobaan
1	J ₀ P ₀
2	J ₀ P ₁
3	J ₀ P ₂
4	J ₁ P ₀
5	J ₁ P ₁
6	J ₁ P ₂

Keterangan:

- J₀P₀ = Tepung gaplek : Persentase perekat 5%
 J₀P₁ = Tepung gaplek : Persentase perekat 7%
 J₀P₂ = Tepung gaplek : Persentase Perekat 9%
 J₁P₀ = Tepung nasi aking : Persentase perekat 5%
 J₁P₁ = Tepung nasi aking : Persentase perekat 7%
 J₁P₂ = Tepung nasi aking : Persentase perekat 9%

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.

Prosedur Penelitian

1. Tahap persiapan
 Tahap persiapan dilakukan dengan penyediaan bahan baku limbah bambu dan kelengkapan lain yang dibutuhkan dalam pengamatan.
2. Tahap pengkarbonisasian
 Tahap yang dilakukan yaitu dengan menyiapkan limbah bambu yang selanjutnya dilakukan pengkarbonisasian dengan menggunakan drum kiln.
3. Tahap pembuatan briket
 - a. Pembuatan serbuk karbonisasi: Limbah bambu yang sudah menjadi karbonisasi kemudian dihaluskan hingga berbentuk

serbuk. Setelah menjadi serbuk, disaring dengan menggunakan saringan mesh 35.

- b. Pembuatan perekat: Tepung gaplek dan tepung nasi aking masing-masing dicampur dengan air dengan perbandingan 1:10, kemudian dipanaskan sampai mengental.
- c. Pembuatan briket: Perekat yang sudah dibuat kemudian dicampurkan dengan serbuk karbonisasi dan diaduk. Persentase perekat yang digunakan yaitu 5%, 7% dan 9%. Setelah diperoleh pencampuran perekat dan serbuk karbonisasi dimasukkan ke dalam cetakan briket semi mekanis.
- d. Pengeringan briket: Briket karbonisasi yang sudah dicetak kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu 600C selama 24 jam agar kandungan air di dalam briket karbonisasi tersebut benar-benar berkurang.

4. Tahap pengujian

Briket yang telah dibuat lalu diuji kadar air, kadar abu, volatile matter, fixed carbon, nilai kalor, kerapatan dan kuat tekan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kualitas briket karbonisasi limbah bambu meliputi kadar air, kadar abu, volatile matter, fixed carbon, nilai kalor, kerapatan dan kuat tekan. Briket karbonisasi limbah bambu pada penelitian ini dicetak menggunakan pencetak briket semi mekanis. Hasil pencetakan briket karbonisasi dari limbah bambu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Briket karbonisasi dari limbah bambu: (a) Tampak atas, (b) Tampak samping

Briket karbonisasi dari limbah bambu berbentuk silinder dengan diameter 3,8 cm, tinggi 3,2-3,83 cm dan berat 14,35-20,62 g serta terdapat lubang ditengahnya dengan diameter 0,6 cm. Lubang tersebut berfungsi sebagai

sirkulasi udara agar pada saat dibakar secara sempurna tanpa meninggalkan sisa. Hasil analisis ragam pengaruh jenis perekat (J), persentase perekat (P) serta interaksi antara jenis perekat dan persentase perekat (JxP) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis ragam pengaruh jenis dan persentase perekat

No	Variabel Uji	J	P	JxP
1	Kadar air	ns	**	ns
2	Kadar abu	**	**	ns
3	Volatile matter	**	**	ns
4	Fixed carbon	**	**	ns
5	Nilai kalor	ns	**	ns
6	Kerapatan	**	ns	ns
7	Kuat tekan	**	**	ns

Keterangan: J=jenis perekat, P=persentase perekat, JxP=interaksi jenis perekat dan persentase perekat; **=berpengaruh sangat nyata pada taraf 5%; ns=tidak nyata

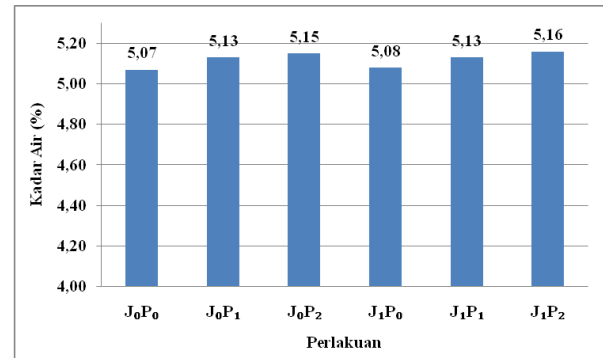
Hasil analisis ragam pada Tabel 2 menunjukkan bahwa jenis perekat (J) berpengaruh sangat nyata terhadap kadar abu, volatile matter, fixed carbon, kerapatan dan kuat tekan, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air dan nilai kalor. Persentase perekat (P) berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, volatile matter, fixed carbon, nilai kalor dan kuat tekan, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kerapatan. Interaksi antara jenis perekat dan persentase perekat (JxP) tidak berpengaruh nyata terhadap semua variabel yang diamati.

Kadar Air

Nilai rata-rata kadar air briket karbonisasi limbah bambu dengan mengombinasikan antara jenis perekat (J) dan persentase perekat (P) dapat dilihat pada Gambar 2.

Nilai kadar air tertinggi diperoleh pada perlakuan jenis perekat tepung nasi aking dengan persentase perekat 9% (J1P2) yaitu sebesar 5,16%. Nilai kadar air terendah diperoleh pada perlakuan dengan jenis perekat tepung gaplek dengan persentase perekat 5% (J0P0) yaitu sebesar 5,07%. Ropiudin dan Syska (2022) menyatakan kadar air sangat mempengaruhi kualitas dari briket, diharapkan kadar air yang dimiliki serendah mungkin karena dengan semakin tinggi kadar air akan menyebabkan daya pembakarannya menurun. Kadar air pada produk briket diharapkan serendah agar tidak sulit dalam penyalaan dan

briket tidak banyak mengeluarkan asap pada saat pembakaran. Hasil analisis persentase perekat (P) terhadap kadar air dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 2. Nilai rata-rata kadar air briket karbonisasi dari limbah bambu dengan kombinasi perlakuan jenis perekat (J) dan persentase perekat (P)

Tabel 3. Pengaruh persentase perekat (P) terhadap kadar air briket karbonisasi limbah bambu

Persentase perekat	Hasil uji DMRT
P ₀	5,07 c
P ₁	5,13 b
P ₂	5,15 a

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

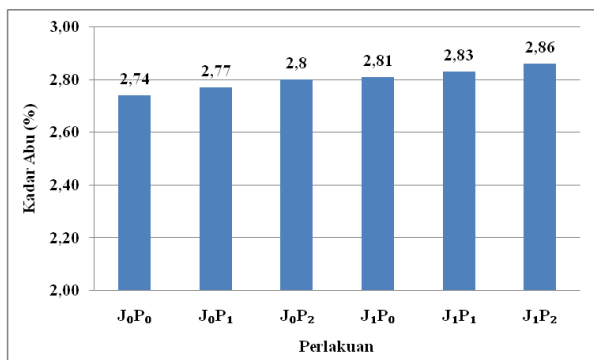
Berdasarkan Tabel 3 hasil analisis ragam menunjukkan bahwa persentase perekat 5% (P₀), persentase perekat 7% (P₀) dan persentase perekat 9% (P₂) berbeda nyata terhadap kuat tekan briket karbonisasi limbah bambu briket karbonisasi limbah bambu pada DMRT 5 %. Perlakuan persentase perekat 9% (P₂) menghasilkan kadar air tertinggi yaitu sebesar 5,15%. Perlakuan persentase perekat 5% (P₀) menghasilkan kadar air terendah yaitu sebesar 5,07%. Hasil penelitian menunjukkan adanya kecenderungan semakin banyak persentase perekat maka kadar airnya akan meningkat. Hal ini disebabkan pada kondisi persentase perekat 9% air yang digunakan untuk campuran perekat lebih banyak dibandingkan dengan persentase perekat 5% dan persentase perekat 7%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ghandi (2010) bahwa penggunaan perekat yang banyak otomatis meningkatkan kadar air yang banyak pula sebagai media pelarut tepungnya. Hasil penelitian tersebut dilakukan pada briket tongkol jagung

menggunakan perekat tepung kanji yang menghasilkan kadar air 6,16% dengan persentase perekat 0%, kadar air 9,111% dengan persentase perekat 2%, kadar air 9,480% dengan persentase perekat 4% dan kadar air 11,094% dengan persentase perekat 6%.

Briket karbonisasi yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki kualitas yang cukup baik yaitu berkisar antara 5,07-5,16%. Kadar air briket karbonisasi yang dihasilkan memenuhi yaitu standar briket karbonisasi Amerika 6% dan Indonesia 7,75% tetapi tidak memenuhi standar briket karbonisasi buatan Jepang 6-8% dan Inggris 3-4%.

Kadar Abu

Nilai rata-rata kadar abu briket karbonisasi limbah bambu dengan mengombinasikan antara jenis perekat (J) dan persentase perekat (P) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai rata-rata kadar abu briket karbonisasi dari limbah bambu dengan kombinasi perlakuan jenis perekat (J) dan persentase perekat (P)

Nilai kadar abu tertinggi diperoleh pada perlakuan jenis perekat tepung nasi aking dengan persentase perekat 9% (J1P2) yaitu sebesar 2,86%. Nilai kadar abu terendah diperoleh pada perlakuan jenis perekat tepung gaplek dengan persentase perekat 5% (J0P0) yaitu sebesar 2,74 %. Abu merupakan bagian yang tersisa dari proses pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon lagi (Iskandar et al., 2019). Hasil analisis jenis perekat (J) terhadap kadar abu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh jenis perekat (J) terhadap kadar abu briket karbonisasi limbah bambu

Jenis perekat	Hasil uji DMRT
J ₀	2,77 b

J ₁	2,83 a
----------------	--------

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

Berdasarkan Tabel 4 hasil analisis ragam menunjukkan bahwa jenis perekat tepung gaplek (J0) dan perekat tepung nasi aking (J1) berbeda nyata terhadap kadar abu briket karbonisasi limbah bambu pada DMRT 5%. Perlakuan jenis perekat tepung nasi aking (J1) menghasilkan kadar abu lebih tinggi yaitu sebesar 2,83% dibandingkan jenis perekat tepung gaplek (J0) yaitu sebesar 2,77%. Diduga kandungan silikat pada perekat tepung nasi aking lebih tinggi dibanding tepung gaplek. Kandungan silikat yang tinggi menunjukkan kadar abu yang tinggi dalam briket. Kadar abu yang terkandung pada briket akan mempengaruhi nilai kalornya. Semakin tinggi kadar abu yang terkandung dalam briket maka semakin rendah nilai kalornya (Rakhman, 2009). Hasil analisis persentase perekat terhadap kadar abu dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh persentase perekat (P) terhadap kadar abu briket karbonisasi limbah bambu

Persentase perekat	Hasil uji DMRT
P ₀	2,77 c
P ₁	2,80 b
P ₂	2,83 a

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

Berdasarkan Tabel 5 hasil analisis ragam menunjukkan bahwa persentase perekat 5% (P0), persentase perekat 7% (P1) dan persentase perekat 9% (P2) berbeda nyata terhadap kadar abu briket karbonisasi limbah bambu pada DMRT 5%. Perlakuan persentase perekat 9% (P2) menghasilkan kadar abu tertinggi yaitu sebesar 2,83%. Perlakuan persentase perekat 5% (P0) menghasilkan kadar abu terendah yaitu sebesar 2,77%. Semakin tinggi kadar perekat maka kadar abunya semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan kadar abu dari perekat yang digunakan. Hasil penelitian Listiowati *et al.* (2022), campuran tempurung kelapa dan sekam padi dengan variasi perekat dan ukuran serbuk dengan jumlah perekat 10% memiliki kadar abu paling tinggi yaitu 2,287% sedangkan jumlah perekat

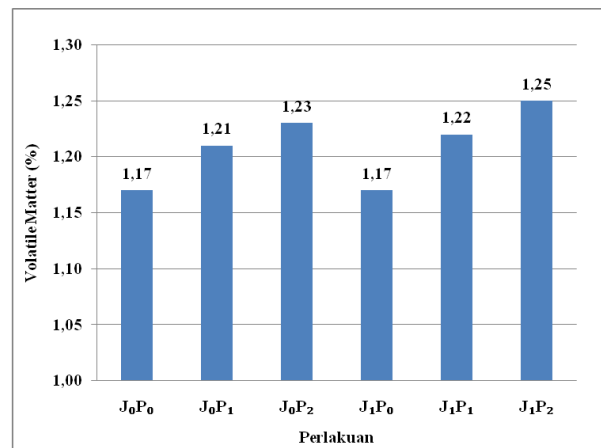
6% memiliki kadar abu paling rendah yaitu 2,175%. Hal ini disebabkan karena perekat merupakan bahan tambahan dalam briket yang akan terurai menjadi abu sehingga penggunaan yang dalam persentase yang lebih banyak akan menghasilkan kadar abu yang lebih banyak pula. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Harlina *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa kadar abu tertinggi terdapat pada contoh uji dengan kadar perekat 6% yaitu 9,1578% sedangkan nilai kadar abu terendah terdapat pada kadar perekat 4% yaitu sebesar 7,5878%.

Nilai kadar abu yang dihasilkan briket karbonisasi limbah bambu rendah berkisar antara 2,74-2,86%. Kadar abu briket karbonisasi yang dihasilkan menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan briket karbonisasi standar buatan Jepang berkisar 3-6%, Inggris berkisar 8-10%, Amerika 18% dan Indonesia 5,51%. Terlihat bahwa briket karbonisasi limbah bambu memiliki kualitas yang lebih baik karena memiliki kadar abu yang lebih rendah dari standar tersebut.

Volatle Matter

Nilai rata-rata volatile matter briket karbonisasi limbah bambu dengan mengombinasikan antara jenis perekat (J) dan persentase perekat (P) dapat dilihat pada Gambar 4.

Nilai volatile matter tertinggi diperoleh pada perlakuan jenis perekat tepung nasi aking dengan persentase perekat 9% (J1P2) yaitu sebesar 1,25%. Nilai volatile matter terendah diperoleh pada perlakuan jenis perekat tepung gaplek dengan persentase perekat 5% (J0P0) dan perlakuan jenis perekat tepung nasi aking dengan persentase perekat 5% (J1P0) yaitu sebesar 1,17%. Volatile matter adalah zat yang dapat menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa-senyawa di dalam suatu bahan. Kandungan zat menguap yang tinggi di dalam briket menimbulkan asap yang lebih banyak pada saat briket dinyalakan (Yuliah *et al.*, 2017). Hasil analisis pengaruh jenis perekat (J) terhadap volatile matter disajikan pada Tabel 6.



Gambar 4. Nilai rata-rata volatile matter briket karbonisasi dari limbah bambu dengan kombinasi perlakuan jenis perekat (J) dan persentase perekat (P)

Tabel 6. Pengaruh jenis perekat (J) terhadap volatile matter briket karbonisasi limbah bambu

Jenis perekat	Hasil uji DMRT
J ₀	1,20 b
J ₁	1,21 a

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

Berdasarkan Tabel 6 hasil analisis ragam menunjukkan bahwa jenis perekat tepung gaplek (J₀) dan perekat tepung nasi aking (J₁) berbeda nyata terhadap volatile matter briket karbonisasi limbah bambu pada DMRT 5%. Perlakuan jenis perekat tepung nasi aking (J₁) menghasilkan volatile matter lebih tinggi yaitu sebesar 1,21% dibandingkan jenis perekat tepung gaplek (J₀) yaitu sebesar 1,20%. Nilai volatile matter sangat dipengaruhi oleh karakteristik karbonisasi dari limbah bambu. Rendahnya volatile matter dikarenakan pada briket limbah bambu melalui proses pengkarbonisian/karbonisasi. Kandungan volatile matter pada briket bambu kecil hal ini disebabkan volatile matter pada bambu menguap saat proses karbonisasi berlangsung. Menurut Ropiudin dan Syska (2022) tujuan dari proses pengkarbonisian/karbonisasi adalah meningkatkan nilai kalor suatu bahan sekaligus mengurangi kadar zat mudah menguap dalam bahan tersebut, sehingga saat dicetak menjadi briket tidak menghasilkan banyak asap. Hasil analisis pengaruh persentase perekat (P) terhadap volatile matter dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengaruh persentase perekat (P) terhadap volatile matter briket karbonisasi limbah bambu

Persentase perekat	Hasil uji DMRT
P ₀	1,17 c
P ₁	1,21 b
P ₂	1,24 a

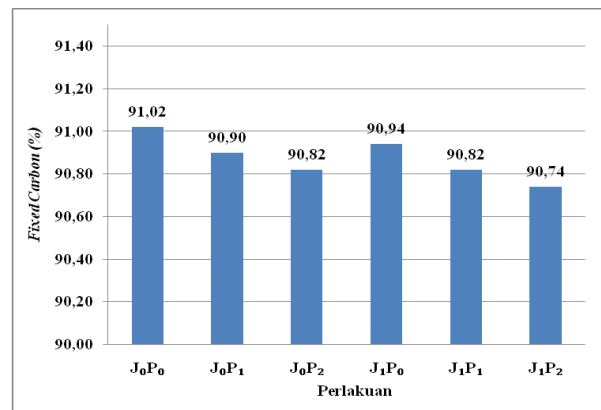
Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%

Berdasarkan Tabel 7 hasil analisis ragam menunjukkan bahwa persentase perekat 5% (P₀), persentase perekat 7% (P₁) dan persentase perekat 9% (P₂) berbeda nyata terhadap kadar abu briket karbonisasi limbah bambu briket karbonisasi limbah bambu pada DMRT 5%. Perlakuan persentase perekat 9% (P₂) menghasilkan volatile matter tertinggi yaitu sebesar 1,24%. Perlakuan persentase perekat 5% (P₀) menghasilkan volatile matter terendah yaitu sebesar 1,17%. Sesuai dengan penelitian Listiowati (2022), bahwa kadar perekat yang semakin tinggi akan menyebabkan kadar zat mudah menguap briket karbonisasi semakin bertambah. Hal ini terjadi karena adanya kandungan zat-zat menguap yang terdapat pada perekat yang digunakan ikut menguap. Kandungan zat menguap tersebut akan menyebabkan banyak asap sewaktu dilakukan pembakaran pada briket karbonisasi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan volatile matter pada penggunaan perekat 4% menghasilkan 29,999%, perekat 5% menghasilkan 31,278%, dan 6% menghasilkan 33,198%.

Nilai rata-rata volatile matter briket karbonisasi limbah bambu berkisar antara 1,17-1,25%. Volatile matter briket karbonisasi yang dihasilkan menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan briket karbonisasi standar buatan Jepang 15-30%, Inggris 16%, Amerika 19% dan Indonesia 16,14%.

Fixed Carbon

Nilai rata-rata fixed carbon briket karbonisasi limbah bambu dengan mengombinasikan antara jenis perekat (J) dan persentase perekat (P) dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai rata-rata fixed carbon briket karbonisasi dari limbah bambu dengan kombinasi perlakuan jenis perekat (J) dan persentase perekat (P)

Nilai fixed carbon tertinggi diperoleh pada perlakuan jenis perekat tepung galek dengan persentase perekat 5% (J₀P₀) yaitu sebesar 91,02%. Nilai fixed carbon terendah diperoleh pada perlakuan jenis perekat tepung nasi aking dengan persentase perekat 9% (J₁P₂) yaitu sebesar 90,74%. Hasil analisis pengaruh jenis perekat terhadap fixed carbon dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengaruh jenis perekat (J) terhadap fixed carbon briket karbonisasi limbah bambu

Jenis perekat	Hasil uji DMRT
J ₀	90,91 a
J ₁	90,83 b

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

Berdasarkan Tabel 8 hasil analisis ragam menunjukkan bahwa jenis perekat tepung galek (J₀) dan perekat tepung nasi aking (J₁) berbeda nyata terhadap fixed carbon briket karbonisasi limbah bambu pada DMRT 5%. Perlakuan jenis perekat tepung galek (J₀) menghasilkan fixed carbon lebih tinggi yaitu sebesar 90,91% dibandingkan jenis perekat tepung nasi aking (J₁) yaitu sebesar 90,83 %, hal ini disebabkan karena jenis perekat tepung galek (J₀) menghasilkan kadar air, kadar abu dan volatile matter yang lebih kecil dibanding tepung nasi aking (J₁) Nilai fixed carbon dipengaruhi oleh kadar air, kadar abu dan volatile matter dari briket karbonisasi itu sendiri. Semakin tinggi nilai kadar air, kadar abu dan volatile matter maka akan semakin rendah nilai fixed carbon. Hasil analisis

pengaruh jenis perekat terhadap fixed carbon dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengaruh persentase perekat (P) terhadap fixed carbon briket karbonisasi limbah bambu

Persentase perekat	Hasil uji DMRT
P ₀	90,98 a
P ₁	90,86 b
P ₂	90,78 c

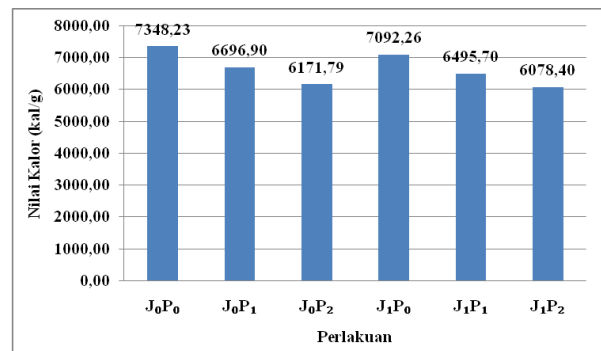
Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%

Berdasarkan Tabel 9 hasil analisis ragam menunjukkan bahwa persentase perekat 5% (P₀), persentase perekat 7% (P₁) dan persentase perekat 9% (P₂) berbeda nyata terhadap kadar abu briket karbonisasi limbah bambu briket karbonisasi limbah bambu pada DMRT 5%. Perlakuan persentase perekat 9% (P₂) menghasilkan fixed carbon terendah yaitu sebesar 90,78%. Perlakuan persentase perekat 5% (P₀) menghasilkan fixed carbon tertinggi yaitu sebesar 90,98%. Hal ini disebabkan semakin banyak persentase perekat yang digunakan pada pembuatan briket karbonisasi limbah bambu maka kadar air, kadar abu dan volatile matternya akan semakin meningkat sehingga fixed carbon akan semakin menurun. Listiowati (2022) menyatakan jika kadar abu dan kadar zat menguap (volatile matter) tinggi maka akan menghasilkan kadar karbon terikat (fixed carbon) yang rendah atau sebaliknya.

Nilai rata-rata fixed carbon briket karbonisasi limbah bambu berkisar antara 90,74-91,02%. Fixed carbon briket karbonisasi yang dihasilkan menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan briket karbonisasi standar buatan Jepang 60-80 %, Inggris dengan 75 %, Amerika 58% dan Indonesia 78,35%.

Nilai Kalor

Nilai rata-rata nilai kalor briket karbonisasi limbah bambu dengan mengombinasikan antara jenis perekat (J) dan persentase perekat (P) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai rata-rata nilai kalor briket karbonisasi dari limbah bambu dengan kombinasi perlakuan jenis perekat (J) dan persentase perekat (P)

Nilai kalor tertinggi diperoleh pada perlakuan jenis perekat tepung gaplek dengan persentase perekat 5% (J₀P₀) yaitu sebesar 7348,23 kal/g sedangkan nilai kalor terendah diperoleh pada perlakuan jenis perekat tepung nasi aking dengan persentase perekat 9% (J₁P₂) yaitu sebesar 6078,40 kal/g. Tepung gaplek mempunyai nilai kalor sebesar 4288,94 kal/g, sedangkan nilai kalor tepung nasi aking yang dihasilkan sebesar 2739,42 kal/g. Penetapan nilai kalor dilakukan untuk mengetahui nilai panas pembakaran suatu bahan. Karbonisasi yang baik adalah yang memiliki nilai kadar karbon terikat tinggi. Semakin tinggi kadar karbon terikat semakin baik pula karbonisasinya. Hal ini disebabkan di dalam proses pembakaran membutuhkan karbon yang bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan kalori (Ropiudin dan Syska, 2022). Hasil analisis pengaruh persentase perekat (P) terhadap nilai kalor dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengaruh persentase perekat (P) terhadap nilai kalor briket karbonisasi limbah bambu

Persentase perekat	Hasil uji DMRT
P ₀	7220,24 a
P ₁	6596,30 b
P ₂	6125,10 c

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

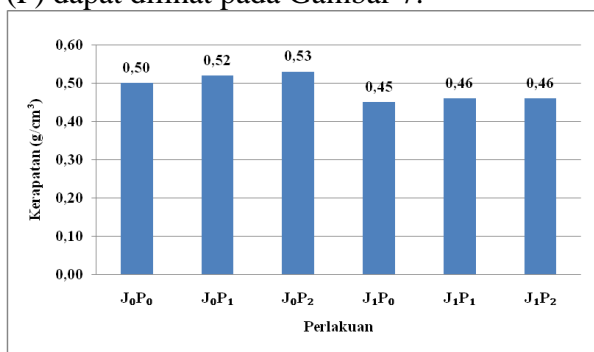
Berdasarkan Tabel 10 hasil analisis ragam menunjukkan bahwa persentase perekat 5% (P₀), persentase perekat 7% (P₁) dan persentase perekat 9% (P₂) berbeda nyata terhadap kadar abu briket karbonisasi limbah bambu briket karbonisasi limbah bambu pada DMRT 5%.

Perlakuan persentase perekat 5% (P0) menghasilkan nilai kalor tertinggi yaitu sebesar 7220,24 kal/g. Perlakuan persentase perekat 9% (P2) menghasilkan nilai kalor terendah yaitu sebesar 6125,10 kal/g. Dari hasil pengujian, terlihat semakin banyak jumlah perekat, semakin rendah nilai kalornya. Hal ini sesuai dengan penelitian Ghandi (2010), briket karbonisasi tongkol jagung menghasilkan nilai kalor rata-rata yaitu 5601,55 kal/g pada jumlah perekat 0%, 5527,01 kal/g pada jumlah perekat 4%, 5516,85 kal/g pada jumlah perekat 6% dan 5009,11 kal/g pada jumlah perekat 8%. Nilai kalor suatu bahan dipengaruhi oleh kadar air dan kadar abu serta erat kaitannya dengan kadar fixed carbon. Kadar air dan kadar abu yang semakin rendah meningkatkan nilai kalor suatu bahan. Kadar fixed carbon yang tinggi pada bahan akan meningkatkan nilai kalor bahan tersebut (Iskandar *et al.*, 2019).

Nilai kalor briket karbonisasi limbah bambu berkisar antara 6078,40-7348,23 kal/g. Rata-rata nilai kalor briket karbonisasi limbah bambu tinggi dan sudah memenuhi standar Inggris 6500 kal/g, Jepang 6000-7000 kal/g, Amerika 7000 kal/g dan Indonesia 6814,11 kal/g.

Kerapatan

Nilai rata-rata kerapatan briket karbonisasi limbah bambu dengan mengombinasikan antara jenis perekat (J) dan persentase perekat (P) dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai rata-rata kerapatan briket karbonisasi dari limbah bambu dengan kombinasi perlakuan jenis perekat (J) dan persentase perekat (P)

Gambar 7 menunjukkan nilai kerapatan tertinggi diperoleh pada perlakuan jenis perekat tepung galek dengan perekat 9% (J0P2) yaitu sebesar 0,53 g/cm³. Nilai kerapatan terendah

diperoleh pada perlakuan jenis perekat tepung nasi aking 5% (J1P0) yaitu sebesar 0,45 g/cm³. Hasil analisis pengaruh jenis perekat (J) terhadap kerapatan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Pengaruh jenis perekat (J) terhadap kerapatan briket karbonisasi limbah bambu

Jenis perekat	Hasil uji DMRT
J ₀	0,52 a
J ₁	0,46 b

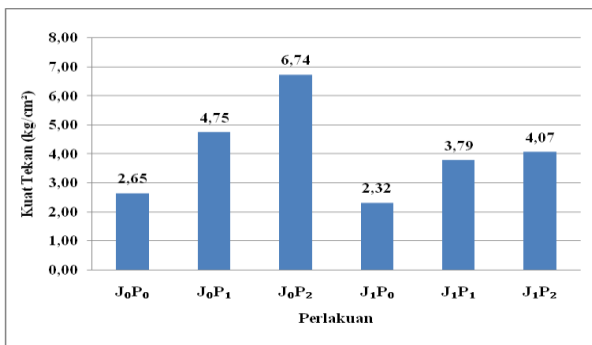
Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5 %

Berdasarkan Tabel 11 hasil analisis ragam menunjukkan bahwa jenis perekat tepung galek (J0) dan perekat tepung nasi aking (J1) berbeda nyata terhadap kerapatan briket karbonisasi limbah bambu pada DMRT 5%. Perlakuan jenis perekat tepung galek (J0) menghasilkan kerapatan lebih tinggi yaitu sebesar 0,52 g/cm³ dibandingkan dengan perlakuan jenis perekat tepung nasi aking (J1) yaitu sebesar 0,46 g/cm³. Diketahui bahwa ukuran partikel bahan perekat tepung galek lebih kecil daripada tepung nasi aking sehingga menghasilkan kerapatan yang lebih besar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hanandito dan Willy (2012) bahwa ukuran partikel yang lebih kecil akan menghasilkan rongga yang lebih kecil pula sehingga kerapatan partikel briket akan semakin bagus karena tidak mudah rontok/hancur.

Nilai kerapatan yang dihasilkan briket karbonisasi limbah bambu berkisar antara 0,45-0,53 g/cm³. Kerapatan briket karbonisasi yang dihasilkan sudah memenuhi standar karbonisasi buatan Indonesia 0,4407 g/cm³ tetapi tidak memenuhi standar briket karbonisasi buatan Jepang 1,0-2,0 g/cm³, Amerika 1g/cm³ dan Inggris 0,84 g/cm³.

Kuat Tekan

Nilai rata-rata kuat tekan briket limbah bambu dengan mengombinasikan antara jenis perekat (J) dan persentase perekat (P) dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Nilai rata-rata kuat tekan briket karbonisasi dari limbah bambu dengan kombinasi perlakuan jenis perekat (J) dan persentase perekat (P)

Nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada perlakuan jenis perekat tepung gaplek dengan persentase perekat 9% (J0P2) yaitu sebesar 6,74 kg/cm³. Nilai kuat tekan terendah diperoleh pada perlakuan jenis perekat tepung nasi aking dengan persentase perekat 5% yaitu sebesar 2,32 kg/cm³ (J1P0). Semakin besar nilai kekuatan tekan berarti daya tahan atau kekompakan briket semakin baik. Kondisi tersebut sangat menguntungkan di dalam pengemasan maupun distribusi atau pengangkutan (Yuliah *et al.*, 2017). Hasil analisis pengaruh jenis perekat (J) terhadap kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Pengaruh jenis perekat (J) terhadap kuat tekan briket karbonisasi limbah bambu

Jenis perekat	Hasil uji DMRT
J ₀	4,81 a
J ₁	3,39 b

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

Berdasarkan Tabel 12 hasil analisis ragam menunjukkan bahwa jenis perekat tepung gaplek (J0) dan perekat tepung nasi aking (J1) berbeda nyata terhadap kuat tekan briket karbonisasi limbah bambu pada DMRT 5%. Perlakuan jenis perekat tepung gaplek (J0) menghasilkan kerapatan lebih tinggi yaitu sebesar 4,81 kg/cm² dibandingkan dengan perlakuan jenis perekat tepung nasi aking (J1) yaitu sebesar 3,39 kg/cm². Hal ini diduga kandungan pati pada gaplek lebih tinggi dibandingkan nasi aking. Hasil analisis pengaruh persentase perekat (P) terhadap kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Pengaruh persentase perekat (P) terhadap kuat tekan briket karbonisasi limbah bambu

Persentase perekat	Hasil uji DMRT
P ₀	2,49 b
P ₁	4,41 a
P ₂	5,40 a

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

Berdasarkan Tabel 13 hasil analisis ragam bahwa persentase perekat 9% (P2) dan persentase perekat 7% (P1) tidak berbeda nyata terhadap kuat tekan briket karbonisasi limbah bambu briket karbonisasi limbah bambu pada DMRT 5%. Kedua perlakuan tersebut menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi masing-masing yaitu sebesar 5,40% dan 4,41% dibandingkan dengan kuat tekan menggunakan persentase perekat 5% (P0) yaitu sebesar 2,49 %. Nilai kuat tekan limbah karbonisasi bambu dipengaruhi oleh persentase perekat yang digunakan, semakin banyak persentase perekat semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ropiudin dan Syska (2022) yang menyatakan bahwa ada kecenderungan semakin tinggi kadar perekat maka ketahanan tekan briket karbonisasi yang dihasilkan semakin tinggi. Hasil pengujian pada penelitian tersebut menunjukkan nilai ketahanan tekan tertinggi terdapat pada kadar perekat 6% sebesar 70,276 kg/cm² sedangkan nilai terendah 40,187 kg/cm² terdapat pada kadar perekat 4%.

Nilai kuat tekan yang dihasilkan briket karbonisasi limbah bambu berkisar antara 2,32-6,74 kg/cm². Kuat tekan briket karbonisasi yang dihasilkan tidak memenuhi standar briket karbonisasi buatan Jepang 60 kg/cm², Inggris 12,7 kg/cm² dan Amerika 62 kg/cm², namun sudah memiliki nilai kuat tekan yang memenuhi standar karbonisasi buatan Indonesia 0,46 kg/cm².

KESIMPULAN

Kesimpulan penitian ini yaitu:

1. Hasil pengujian kualitas briket karbonisasi limbah bambu yaitu kadar air berkisar 5,07-5,16%, kadar abu berkisar 2,74-2,86%, *volatile matter* berkisar 1,17-1,25%, *fixed carbon* 90,74-91,02%, nilai kalor 6078,40-

7348,23 kal/g, kerapatan berkisar 0,45-0,53 g/cm³ dan kuat tekan berkisar 2,32-6,74 kg/cm².

2. Jenis dan persentase perekat berpengaruh sangat nyata terhadap kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon*, dan kuat tekan. dan
3. Jenis perekat gaplek dengan persentase 5% menghasilkan kadar air, kadar abu, *volatile matter* yang rendah sehingga *fixed carbon* tinggi yaitu 91,02% dengan nilai kalor yang tinggi yaitu 7348,23 kal/g, kerapatan 0,50 g/cm³, dan kuat tekan 2,65 kg/cm².

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K. (2002). Biomass Energy Potential and Utilization in Indonesia. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Harlina, A.C., Ropiudin, Ritonga, A.M. (2021). Pengaruh Kadar Perekat Molase dan Lama Pengeringan terhadap Kualitas Biobriket dari Tempurung Kelapa dan Sekam Padi. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 2(2): 19-27.
- Departemen Perindustrian dan Perdagangan. (2001). Rencana Pengembangan Industri Anyaman Bambu di Indonesia dengan Sistem Cluster. Direktorat Jenderal dan Industri dan Dagang Kecil Menengah, Departemen Perindustrian dan Perdagangan, Republik Indonesia.
- Favan, O., Sudarja, M., dan Budi, N.R., (2010). Pengukuran nilai kalor bahan bakar briket karbonisasi kombinasi cangkang pala (*Myristica Fragran Houtt*) dan limbah sawit (*Elaeis Guenensis*). UMY. Yogyakarta.
- Hanandito, L. dan S. Willy. (2012). Pembuatan Briket Karbonisasi Tempurung Kelapa dari sisa Bahan Bakar Pengasapan Ikan Kelurahan Bandarharjo Semkarbonisasi. Artikel Ilmiah. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- 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.
- Lestari, L., Aripin., Yani., Zainudin., Sukmawati, dan Marlioni. (2010). Analisis Kualitas Briket Karbonisasi Tongkol Jagung yang Menggunakan Bahan Perekat Sagu dan Kanji. *Jurnal Penelitian Aplikasi Fisika*. 6: 93-96.
- Listiowati, R.D., Ropiudin, dan Ritonga, A.M. (2022). Karakterisasi Kualitas Biobriket Campuran Tempurung Kelapa dan Sekam Padi dengan Variasi Perekat dan Ukuran Serbuk. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 3(2): 13-26.
- Orbani, S.W. (2019). Karakteristik Briket Arang Cangkang Pangi (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., dan Parinduri, T. (2020). Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 5(2): 88-92.
- Ropiudin dan Syska, K. (2022). Analisis Kualitas Biobriket Karbonisasi Tempurung Kelapa dan Kulit Singkong dengan Perekat Tepung Singkong. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*. 3(1): 19-38.
- Yani, A.P. (2014). Keanekaragaman Bambu dan Manfaatnya di Desa Tabalagan Bengkulu Tengah. *Jurnal Gradien* 10(2): 987-991.
- Yuliah, Y., Suryaningsih, S., dan 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.