

Pembuatan Briket Arang dari Campuran Tempurung Kelapa dan Kulit Singkong

Diterima:

10 Mei 2023

Revisi:

10 Juli 2023

Terbit:

1 Agustus 2023

^{1*} Sri Rahayu Gusmarwani, ²Muhammad Uwais Alqarni,
³Irfan Sanjaya

¹⁻³Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi pembuatan briket dari tempurung tempurung kelapa yang dicampur dengan limbah kulit singkong. Metode yang dilakukan dengan menggunakan alat pembakaran yang dibuat dari drum bekas diameternya 48 cm, tinggi 78cm dan kapasitas 50 liter. Setelah campuran tempurung kelapa dengan kulit singkong dibakar, selanjutnya diproses menjadi briket dengan ditambahkan perekat dan dicetak. Briket yang sudah dicetak selanjutnya dianalisis dengan hasil kadar air 8,33-10,43%, kerapatan 0,48-0,59 gram/cm³, kadar abu 4,17-6,25%, zat mudah menguap 6,25-7,63%, karbon terikat 75,70-81,25% dan tingkat kekerasan briket berada di 2,5 skala mohs. Nilai kalor yang didapatkan pada briket Arang 6459,66 - 6573,28 kalori/g.

Kata Kunci— Arang; Briket; Energi; Kalori

Abstract— This study aims to determine the conditions for making briquettes from coconut shells mixed with cassava peel waste. The method is carried out using a kiln made from used drums with a diameter of 48 cm, a height of 78 cm and a capacity of 50 liters. After the mixture of coconut shells and cassava peels is burned, it is then processed into briquettes with added adhesive and printed. The printed briquettes were then analyzed with a moisture content of 8.33-10.43%, density of 0.48-0.59 gram/cm³, ash content of 4.17-6.25%, volatile matter of 6.25-7.63%, bonded carbon 75.70-81.25% and briquette hardness level at 2.5 on the Mohs scale. The calorific value obtained in charcoal briquettes is 6459.66 - 6573.28 calories/g.

Keywords—charcoal;briquettes;energy; calory

This is an open access article under the CC BY-SA License.



Penulis Korespondensi:

Sri Rahayu Gusmarwani

Teknik Kimia

IST AKPRIND Yogyakarta

Email: gusmarwani@akprind.ac.id

I. PENDAHULUAN

Tempurung kelapa memiliki sifat difusi termal yang baik yang diakibatkan oleh tingginya kandungan selulosa dan lignin yang terdapat di dalam tempurung. Selain itu, keberadaan tempurung kelapa yang melimpah baik yang berasal dari limbah pertanian maupun yang berasal dari limbah rumah tangga dan industri yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Komposisi kimia tempurung kelapa terdiri atas; selulosa 26,60%; pentosan 27,70%; lignin 29,40% [1]

Arang tempurung kelapa adalah produk yang diperoleh dari pembakaran tidak sempurna terhadap tempurung kelapa. Pembakaran tidak sempurna terhadap tempurung kelapa akan menyebabkan senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbon dioksida, peristiwa tersebut disebut sebagai pirolisis. Pada saat pirolisis, energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga sebagian besar molekul karbon yang kompleks terurai menjadi karbon atau arang. Makin rendah kadar abu, air, dan zat yang menguap maka makin tinggi pula kadar fixed carbonnya dan mutu arang tersebut juga akan semakin tinggi [2].

Briket Arang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk menggantikan bahan bakar minyak dan gas dalam kegiatan industri dan rumah tangga. Briket arang merupakan bentuk energi terbarukan dari biomassa yang berasal dari tumbuhan atau tanaman yang saat ini sangat banyak tersedia di lingkungan[3].

Biomassa adalah bahan-bahan organik yang berasal dari jasad hidup, baik hewan maupun tumbuh-tumbuhan seperti daun, rumput, ranting, gulma, limbah pertanian, limbah peternakan, dan gambut. Selain digunakan untuk bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Pada umumnya yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya. Biomassa merupakan campuran material organik yang kompleks, biasanya terdiri dari karbohidrat, lemak, protein dan beberapa mineral lain yang jumlahnya sedikit seperti sodium, fosfor, kalsium dan besi. Komponen utama tanaman biomassa adalah karbohidrat (berat kering kira-kira 75%), lignin (sampai dengan 25%) dimana dalam beberapa tanaman komposisinya berbeda-beda. Keuntungan penggunaan biomassa untuk sumber bahan bakar adalah keberlanjutannya karena diperkirakan 140 juta ton biomassa digunakan pertahunnya. Keterbatasan dari biomassa adalah banyaknya kendala dalam penggunaan untuk bahan bakar kendaraan bermotor [4].

Biomassa yang berasal dari limbah hasil pertanian dan kehutanan merupakan bahan yang tidak berguna, tetapi dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi bahan bakar alternatif, yaitu dengan mengubahnya menjadi bioarang yang memiliki nilai kalor lebih tinggi daripada biomassa melalui proses pirolisis. Dalam rangka pemanfaatannya sebagai bahan bakar maka limbah tersebut dapat

diolah menjadi bahan bakar padat dalam bentuk briket. Masing-masing bahan memiliki sifat tertentu untuk dimanfaatkan sebagai briket namun yang paling penting adalah bahan tersebut harus memiliki sifat termal yang tinggi [5].

Salah satu masalah yang dihadapi oleh pengusaha arang tempurung kelapa adalah masih rendahnya mutu arang tempurung yang diproduksi petani kelapa yang disebabkan masih terdapat kotoran atau benda asing, serta kadar air tidak memenuhi persyaratan mutu arang. Arang tempurung kelapa biasanya diolah lebih lanjut menjadi briket dan hingga saat ini digunakan oleh masyarakat untuk keperluan rumah tangga, usaha, maupun industri. Dibandingkan arang pada umumnya briket lebih praktis, menarik dan bersih [6]. Pembentukan dan pemanfaatan briket arang dari tempurung kelapa memiliki dua keuntungan, yaitu yang pertama mendorong kajian teknologi energi pengganti yang terbaru. Keuntungan yang kedua adalah penyelesaian masalah pencemaran limbah padat dari kelapa karena sumber utama briket arang merupakan tempurung kelapa beserta serabut [7].

II. METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di pusat pengolahan jajanan desa Balecatur Gamping Sleman DIY. Waktu penelitian \pm 5 bulan yang meliputi persiapan, observasi lapangan, pengolahan dan pengujian sampel briket, analisis data serta penyusunan laporan.

Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah tempurung kelapa lengkap dengan serabutnya, kulit singkong, tepung tapioka, dan air.

Alat

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini adalah alat pembuat arang (pembakaran), alat press dengan cetakan briket, palu, kompor, timbangan analitik, dan karung goni.

Tahap Penelitian

1. Pembuatan alat pembakaran (drum besi)
2. Persiapan bahan-bahan yaitu tempurung kelapa yang lengkap dengan serabutnya, tempurung kelapa tanpa serabut, dan kulit singkong.
3. Membakar tempurung kelapa dengan serabutnya dan tempurung kelapa dengan kulit singkong.
4. Proses pembakaran tempurung kelapa dan pembentukan arang \pm 6 jam.
5. Arang yang sudah jadi di ayak dan disimpan.

6. Membuat perekat dengan melarutkan tepung tapioka dengan air dengan perbandingan 1:10 sampai mengental.
7. Menyiapkan arang (dengan pengkodean A,B,C,D,dan E) kemudian mencampurnya dengan perekat.
8. Mencetak briket arang
9. Mengeringkan briket yang sudah jadi secara alamiah menggunakan sinar matahari.
10. Melakukan uji pada briket.

Tahap Analisis

1. Perhitungan Kadar Air (ASTM D 5142 - 02)

$$KA\% = \frac{BB-BKT}{BKT} \times 100\%$$

Keterangan :

BB = berat sebelum dikeringkan

BKT = berat sesudah dikeringkan

KA = kadar air

2. Perhitungan Kerapatan (ASTM D 5142 - 02)

$$p = m/v$$

p = rapat massa (gram/cm³)

m = massa (gram)

v = volume (cm³)

3. Kadar Abu (ASTM D 5142 - 02)

$$KU = \frac{BA}{BS} \times 100\%$$

BA = berat abu

BS = berat sampel

4. Zat mudah menguap (ASTM D 5142 - 02)

$$Z = \frac{B-C}{W} \times 100\%$$

B = berat sampel setelah dikeringkan

C = berat sampel setelah dipanaskan

W = berat awal sebelum diuji kadar air

5. Karbon Terikat (ASTM D 5142 - 02)

$$\text{Fixed Carbon} = 100\% - (KA + KU + Z)$$

6. Kekerasan arang

Menggunakan skala mohs

7. Nilai kalor

Pengujian di LPPT UGM

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil keseluruhan pengujian kualitas briket arang dari campuran tempurung kelapa dan kulit singkong ada ditabel 1.

Tabel 1. Data hasil pengujian kualitas briket

Parameter	Perlakuan					Standar	Standar
	A	B	C	D	E	SNI	Ekspor
Kadar air (%)	8,33	9,76	9,98	10,75	10,43	≤ 8%	8-10%
Kerapatan (g/cm ³)	0,48	0,49	0,51	0,55	0,59	0,44 g/cm ³	0,44 g/cm ³
Kadar Abu (%)	4,17	4,55	5,42	5,83	6,25	≤ 8%	2,5-3%
Zat Terbang (%)	6,25	6,67	7,08	7,50	7,63	≤ 15%	≤ 15%
Fixed Carbon (%)	81,25	79,03	77,52	75,92	75,70	≥ 77%	83-84%

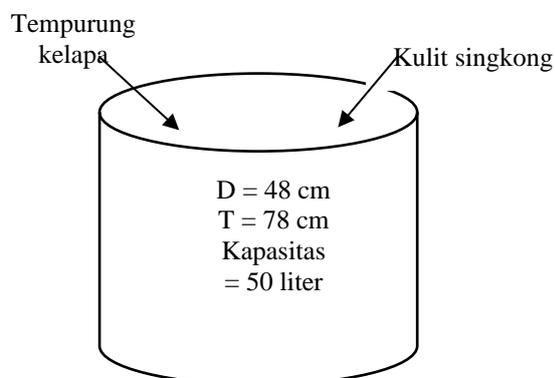
Keterangan:

- A : campuran 5kg batok : 0 kg singkong
- B : campuran 5kg batok : 1 kg singkong
- C : campuran 4kg batok : 2 kg singkong
- D : campuran 3kg batok : 3 kg singkong
- E : campuran 2kg batok : 4 kg singkong

Terlihat pada data hasil uji campuran briket arang dari campuran tempurung kelapa dan kulit singkong memenuhi standar meliputi data kadar air, kerapatan, dan kadar abu sedangkan tidak memenuhi standar meliputi data zat terbang dan kadar karbon terikat. Sehingga untuk penggunaan pasar skala besar masih belum terpenuhi, namun untuk penggunaan sehari-hari masih dapat dimanfaatkan.

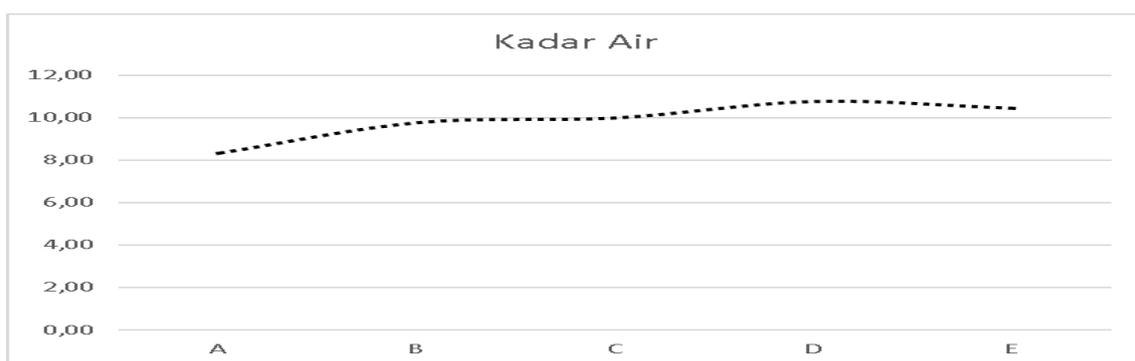
1. Pembuatan Alat Pembakaran

- Drum berbahan Besi
- Diameter = 48 cm
- Tinggi = 78 cm
- Kapasitas = 50 liter
- Tebal shell = 3/16



2. Kadar Air

Kadar air di dalam briket sangat mempengaruhi kualitas briket arang tersebut. Kadar air yang tinggi pada briket, membuat kualitas briket dapat menurun dikarenakan mikroba yang mempengaruhi. Asap yang banyak saat pembakaran dapat disebabkan oleh kadar air yang tinggi (Riseanggara, 2008). Pengujian kadar air hasilnya berkisar 8,33-10,43% antara tertinggi pada perlakuan E (campuran 2kg batok : 4 kg singkong) dengan nilai 10,43%. Kadar air terendah yaitu pada perlakuan A (A : campuran 5kg batok : 0 kg singkong) dengan nilai 8,33%. Perbedaan nilai tersebut dapat dilihat dibawah pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Kadar Air

Keterangan:

A : campuran 5kg batok : 0 kg singkong

B : campuran 5kg batok : 1 kg singkong C : campuran 4kg batok : 2 kg singkong

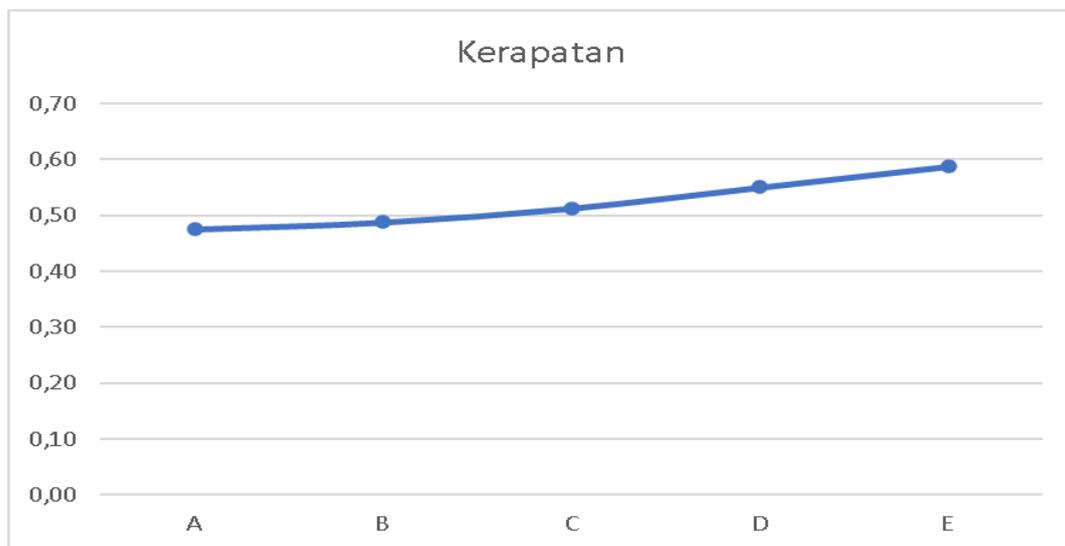
D : campuran 3kg batok : 3 kg singkong

E : campuran 2kg batok : 4 kg singkong

Diagram di atas menunjukkan bahwa hasil kadar air antara perlakuan satu dengan yang lainnya berbeda nyata, perlakuan (E) menghasilkan kadar air lebih tinggi daripada perlakuan yang lainnya. Hasil yang berbeda pada setiap perlakuan dikarenakan kemampuan menyerap dan mengeluarkan air berbeda. Tinggi rendahnya kadar air yang terdapat pada briket arang akan mempengaruhi nilai kalornya. Semakin tinggi kadar air, nilai kalor semakin rendah. Proses pencetakan juga dapat mempengaruhi kadar air dikarenakan tekanan yang diberikan saat pencetakan. Semakin tinggi tekanan saat pencetakan, semakin padat, halus dan seragam briket yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan tekanan yang tinggi akan mendorong partikel biomassa saling mengisi pori-pori antar partikel.

3. Kerapatan

Kerapatan ditunjukkan dengan perbandingan antara berat briket dan volume briket. Ukuran dari serbuk sangat berpengaruh pada kerapatan briket. Semakin besar ukuran serbuk maka kerapatan yang dihasilkan akan semakin rendah dikarenakan serbuk briket akan sukar untuk saling mengikat antara partikelnya. Ukuran arang serbuk kayu yang cenderung lebih halus dan seragam dibandingkan dengan arang limbah sabetan kayu mengakibatkan ikatan antara lebih maksimal partikel arangnya [8]. Hasil perlakuan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Kerapatan

Keterangan:

A : campuran 5kg batok : 0 kg singkong

B : campuran 5kg batok : 1 kg singkong

C : campuran 4kg batok : 2 kg singkong

D : campuran 3kg batok : 3 kg singkong

E : campuran 2kg batok : 4 kg singkong

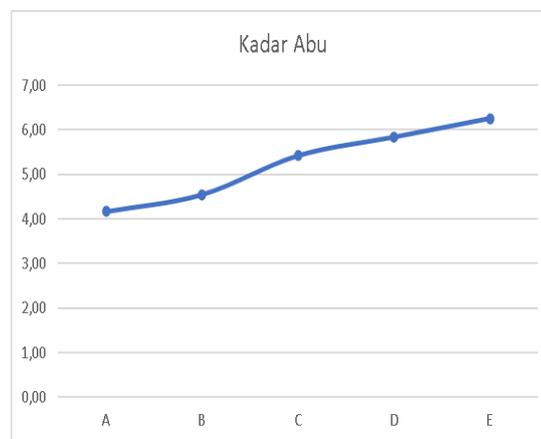
Kualitas briket arang dinilai baik jika nilai kerapatan tinggi serta dalam penanganan, penyimpanan dan pengangkutan dapat lebih mudah. Berat jenis briket dipengaruhi oleh tinggi rendahnya nilai kerapatan. Cepat habisnya pada proses pembakaran disebabkan karena kerapatan briket yang rendah, diduga karena lebih rendah bobot briketnya. Nilai yang terendah diperoleh pada kode briket (D), yang berada dibawah standar SNI 0,44 gr/cm³ [9]. Hal yang membuat nilai kerapatan

tidak memenuhi standar dikarenakan pengolahan briket arang yang menggunakan press manual sehingga kerapatan yang diperoleh kurang maksimal. Tekanan yang diberikan untuk pengolahan briket arang sebaiknya sebesar ± 1 ton menggunakan pres hidrolis.

4. Kadar Abu

Bagian tersisa pada proses pembakaran berupa abu, sisa dari pembakaran briket arang ini. Silika merupakan unsur penyusun abu salah satunya. Menurut [10], abu yang terkandung didalam bahan bakar padat berupa mineral yang tidak dapat terbakar tertinggal setelah proses pembakaran dan reaksi-reaksi yang menyertainya selesai. Turunnya nilai kalor dapat dikarenakan abu akan menurunkan mutu bahan bakar padat.

Pengujian kadar abu dalam pembuatan briket sangat berpengaruh terhadap kualitas briket. Tingginya kadar abu dalam pembuatan briket dapat menurunkan kualitas briket. Kadar abu juga berpengaruh terhadap sisa pembakaran, semakin tinggi kadar abu maka semakin cepat terbakarnya briket. Hasil pengujian kadar abu berkisar 4,17 – 6,25%. Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan E sebesar 6,25% dan terendah pada perlakuan A sebesar 4,17%. Perbedaan nilai tersebut dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Kadar Abu

Keterangan:

A : campuran 5kg batok : 0 kg singkong

B : campuran 5kg batok : 1 kg singkong

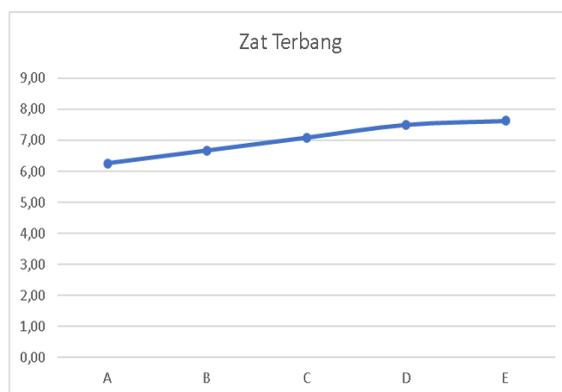
C : campuran 4kg batok : 2 kg singkong

D : campuran 3kg batok : 3 kg singkong

E : campuran 2kg batok : 4 kg singkong

5. Zat Terbang

Dalam pembuatan kualitas briket dipengaruhi oleh zat terbang. Kadar zat terbang merupakan zat menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa yang terdapat dalam arang selain kadar abu dan air. Pada saat dinyalakan jika asap yang di timbulkan lebih banyak hal ini disebabkan karena kandungan kadar zat terbang tinggi dalam briket arang, jika CO tinggi nilainya pada kesehatan dan lingkungan ini tidak baik [11]. Nilai hasil pengujian kadar abu berkisar 6,25–7,63%. Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan E sebesar 7,63% dan terendah pada perlakuan A sebesar 6,25%. Perbedaan nilai tersebut dapat dilihat Gambar 4.



Gambar 4 Diagram Zat Terbang

Keterangan:

A : campuran 5kg batok : 0 kg singkong

B : campuran 5kg batok : 1 kg singkong

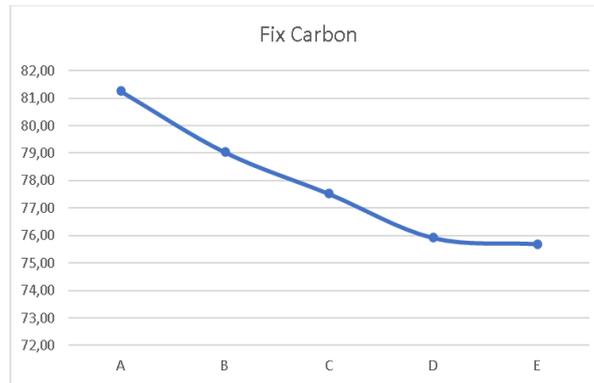
C : campuran 4kg batok : 2 kg singkong

D : campuran 3kg batok : 3 kg singkong

E : campuran 2kg batok : 4 kg singkong

6. Fixed Carbon

Kualitas yang dihasilkan dalam pembuatan briket berdasar pada kadar karbon terikat. Dalam perhitungan nilai karbon terikat didapatkan dari pengurangan angka 100% dengan angka yang diperoleh dari penambahan kadar air, kadar abu, dan zat terbang. Semakin baiknya kualitas kadar karbon terikat makan akan semakin baik pula kualitas briket tersebut [12]. Hasil nilai pengujian karbon terikat berkisar 75,70–81,24%. Nilai yang paling tinggi terdapat pada perlakuan A sebesar 81,24% dan terendah pada perlakuan E sebesar 75,70%. Perbedaan nilai tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram Fix Carbon

Keterangan:

A : campuran 5kg batok : 0 kg singkong

B : campuran 5kg batok : 1 kg singkong

C : campuran 4kg batok : 2 kg singkong

D : campuran 3kg batok : 3 kg singkong

E : campuran 2kg batok : 4 kg singkong

Gambar 5 menunjukkan bahwa kadar karbon terikat berbeda nyata pada setiap perlakuan. Fixed carbon (karbon terikat) yaitu di dalam arang terikatnya fraksi karbon yang berupa fraksi air, kadar abu dan zat terbang. Karbon terikat dipengaruhi pada nilai kadar abu dan zat terbang. Jika kadar abu dan zat terbang bernilai rendah maka nilainya akan tinggi. Tingginya nilai karbon terikat akan menentukan nilai kalor yang tinggi pada briket arang. Arang yang baik yaitu tingginya kadar karbon terikat pada arang kayu [13]. Hasil penelitian menunjukkan kadar karbon terikat briket arang memenuhi standar Indonesia pada perlakuan A dan B .

7. Kekerasan Arang

Tingkat kekerasan pada arang briket diukur menggunakan skala mohs yang merupakan standar yang dipakai untuk mengukur tingkat kekerasan mineral. Arang briket mempunyai tingkat kekerasan pada 2,5 mohs

8. Nilai Kalor

Nilai kalor yang tinggi dikarena kandungan kadar air yang rendah, dan nilai kadar karbon terikat yang tinggi. Nilai kalor briket sangat berpengaruh terhadap kualitas briket yang di hasilkan. Kualitas nilai kalor dalam briket ditunjukkan oleh nilai kalor tinggi Penambahan perekat dalam

briket arang akan mempengaruhi nilai kalor briket. Nilai kalor yang diperoleh dari hasil pengujian briket berkisar antara 6538,65 – 6559,66 kal/g. Nilai tertinggi diperoleh pada kode A yaitu sebesar 6559,66 kal/g dan terendah pada kode E sebesar 6538,65 kal/g. Nilai kalor briket yang sesuai dengan standar ekspor adalah 7000 kal/g.

Briket arang dengan kadar air 5,37 %, densitas briket rata-rata 11,23 g/cm³, nilai kuat tekan maksimum sebesar 1.4 N/m², dan nilai kadar karbon 97.14% dilakukan oleh Renny dkk [14]. Sedangkan Ardina ningsih dan Ibnu Hajar juga melakukan penelitian arang briket tempurung kelapa dengan hasil briket yang memiliki kadar air rata-rata 3,42 %, kadar abu 3,318 %, kadar karbon terikat adalah 93,37%, nilai rata-rata kerapatan 1,55 g/cm³, nilai rata-rata berat jenis adalah $1,52 \times 10^{-6}$ kg/m².s², nilai rata-rata laju pembakaran adalah 0,342 g/cm², dan nilai rata-rata keteguhan tekan adalah 761,5 N/m² [15].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan bahwa. Alat pembakaran harus menggunakan drum berbahan besi, suhu pembakaran di jaga 400-450°C. Nilai pengujian kadar air 8,33-10,43%, pengujian kerapatan 0,48-0,59 gram/cm³, kadar abu 4,17-6,25%, zat mudah menguap 6,25-7,63% , karbon terikat 81,25-75,70% dan tingkat kekerasan briket berada di 2,5 skala mohs. Nilai kalor yang didapatkan pada briket Arang 6459,66 - 6573,28 kalori/g. Briket tidak memnuhi standar ekspor tetapi masih cukup memenuhi standar nasional

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maryono, Sudding, and Rahmawati, "Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji," *J. Chem.*, vol. 14, no. 1, pp. 74–83, 2013.
- [2] D. D. Anggoro, M. H. D. Wibawa, and M. Z. Fathoni, "Pembuatan Briket Arang Dari Campuran Tempurung Kelapa dan Serbuk Gergaji Kayu Sengon," *Teknik*, vol. 38, no. 2, p. 76, 2018, doi: 10.14710/teknik.v38i2.13985.
- [3] I. Isa, "Briket Arang Dan Arang Aktif Dari Limbah Tongkol Jagung," *Univ. Negeri Gorontalo*, pp. 1–50, 2012.
- [4] P. B. Litbang, "BRIKET ARANG LIMBAH SEKAM PADI,Sumber Energi Alternatif." p. 3, 2011.
- [5] L. Sulistyanyingarti and B. Utami, "Pembuatan Briket Arang Dari Limbah Organik Tongkol Jagung Dengan Menggunakan Variasi Jenis Dan Persentase Perikat," *JKPK (Jurnal Kim. dan Pendidik. Kim.)*, vol. 2, no. 1, p. 43, 2017.

- [6] G. M. J. Pari, "Teknologi Pembuatan Arang, Briket Arang Dan Arang Aktif Serta Pemanfaatannya," *Gelar Teknol. Tepat Guna*, 2012.
- [7] L. Hanandito and W. Sulthon, "Pembuatan Briket Arang Tempurung Kelapa Dari Sisa Bahan Bakar Pengasapan Ikan Kelurahan Bandarharjo Semarang," *Tek. Kim.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–9, 2012.
- [8] S. E. Anetiesia, Syafrudin, and B. Zaman, "Pembuatan Briket Dari Bottom Ash dan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Sumber Energi Alternatif," *J. Tek. Lingkung.*, pp. 1–9, 2015.
- [9] SNI 1683-2021, "Arang Kayu," 2021.
- [10] F. Y. Sugiyati, B. Sutiya, and Y. -, "KARAKTERISTIK BRIKET ARANG CAMPURAN ARANG AKASIA DAUN KECIL (*Acacia auliculiformis*) DAN ARANG ALABAN (*Vitex pubescens* vhal)," *J. Sylva Sci.*, vol. 4, no. 2, p. 274, 2021, doi: 10.20527/jss.v4i2.3337.
- [11] A. P. A. Z. Syaiful, and M. Tang, "Making Charcoal Briquettes From Coconut Shells Using the Pyrolysis Method," *J. Saintis*, vol. 1, 2020.
- [12] E. Yulianti, R. Jannah, L. M. Khoiroh, and V. N. Istighfarini, "Briket Arang Tempurung Kawista (*Limonia acidissima*) Teraktivasi NaOH dengan Perekat Alami," *al-Kimiya*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2019, doi: 10.15575/ak.v6i1.4798.
- [13] W. Emrich, "Buku Pegangan Pembuatan Arang," vol. 7, p. 108, 2021.
- [14] R. Eka Putri and A. Andasuryani, "Studi Mutu Briket Arang Dengan Bahan Baku Limbah Biomassa," *J. Teknol. Pertan. Andalas*, vol. 21, no. 2, p. 143, 2017, doi: 10.25077/jtpa.21.2.143-151.2017.
- [15] A. Ningsih and I. Hajar, "Analisis Kualitas Briket Arang Tempurung Kelapa Dengan Bahan Perekat Tepung Kanji Dan Tepung Sagu Sebagai Bahan Bakar Alternatif," vol. 7, no. 2, 2019.