

## Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal

### *Variations of Nutmeg Shell Biobriquets on Thermal Characteristics*

Rahmad Fakhruallah<sup>1\*</sup>, Fera Annisa<sup>2</sup>, Nur Aida<sup>3</sup>, Fitriyawany<sup>4</sup>, Muhammad Nasir<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh

Email: [rahmad.fkhwab@gmail.com](mailto:rahmad.fkhwab@gmail.com)

---

#### ABSTRAK

Penelitian ini mengeksplorasi potensi cangkang pala sebagai sumber energi alternatif dalam bentuk biobriket dan pemanfaatannya sebagai sumber belajar dalam memahami materi kalor. Penelitian ini dilatarbelakangi juga oleh kurangnya pemanfaatan cangkang pala yang kaya akan energi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui proses pembuatan biobriket arang dari limbah cangkang pala, dan mengetahui karakteristik biobriket yang dihasilkan. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan fokus pada karakteristik fisik dan kimia biobriket. Hasil penelitian proses pembuatan biobriket arang dari limbah cangkang pala melewati beberapa tahapan yaitu dijemur, dibakar, dihaluskan, dicampur dengan perekat dan air, dicetak, dijemur, dan dapat digunakan. Mengungkapkan variasi karakteristik biobriket cangkang pala pada suhu karbonisasi 400°C, 450°C, dan 500°C, termasuk densitas, kadar air, kadar abu, dan nilai kalor. Dengan demikian, hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa biobriket cangkang pala dapat dihasilkan sebagai energi alternatif yang memenuhi standar nasional.

**Kata Kunci:** biobriket cangkang pala, karakteristik termal

---

#### ABSTRACT

This research explores the potential of nutmeg shells as an alternative energy source in the form of biobriquettes and their use as a learning resource for understanding heat materials. This research was also motivated by the lack of utilization of nutmeg shells, which are rich in energy. The aim of this research is to determine the process of making charcoal biobriquettes from nutmeg shell waste, and determine the characteristics of the biobriquettes produced. This research method uses an experimental approach, with a focus on the physical and chemical characteristics of biobriquettes. The results of research on the process of making charcoal biobriquettes from nutmeg shell waste go through several stages, namely drying, burning, grinding, mixing with adhesive and water, molding, and drying in the sun. The revealing variations in the characteristics of nutmeg shell biobriquettes at carbonization temperatures of 400°C, 450°C, and 500°C, including density, water content, ash content, and heating value. Thus, it can be concluded that the process of making charcoal briquettes from nutmeg shell waste can be produced as an alternative energy that meets the characteristics of biobriquettes in accordance with the Indonesian National Standards.

**Keywords:** nutmeg shell biobriquettes, thermal characteristics

#### PENDAHULUAN

Indonesia memiliki produk unggulan berupa rempah-rempah, salah satunya yaitu pala (*Myristica fragrans*). Buah pala tersebut banyak dijumpai di kawasan Indonesia bagian timur terutama di Maluku. Maluku merupakan salah satu penghasil pala terbesar. Selain Provinsi Maluku, Provinsi Aceh juga terdapat perkebunan buah pala khususnya di daerah

Aceh Selatan, dengan luas perkebunan mencapai 14.971 hektar, dimana perkebunan tersebut sudah dimanfaatkan oleh para petani sejak tahun 2014 untuk memanen buah pala. Hasil yang didapat berupa buah pala akan diolah menjadi minyak pala, manisan pala, sirup pala, dan rempah sebagai bahan tambahan untuk memasak. Secara alami, produksi pala yang tinggi dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat dan meningkatkan pendapatan.

Pala terbagi menjadi beberapa bagian: biji 13,1%, cangkang atau tempurung 5,1%, bunga pala 4%, dan daging buah 77,8% (Rukmana, 2015).

Tidak hanya cangkangnya saja, hampir seluruh bagian buah pala bisa dimanfaatkan. Namun hanya sedikit yang menyadari manfaat dan kegunaan kulit pala, yang juga merupakan sumber arang aktif yang sangat baik. Cangkang pala tergolong bahan keras atau kayu keras dan mengandung kadar lignin, hemisulfur, selulosa, abu, dan kondensat cair yang tinggi dalam bentuk asam total, fenol, dan karbonil (Patiung, 2014).

Kulit pala mengandung energi yang cukup besar. Jika dibandingkan dengan batu bara yang memiliki nilai kalori sebesar 4800 kkal/kg, cangkang pala memiliki nilai kalori sebesar 4340 kkal/kg. Hal ini menunjukkan bahwa cangkang pala dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar, kemungkinan dalam bentuk briket. Briket adalah bahan bakar padat yang berbentuk bantal (oval), sarang lebah, silinder, telur, dan lain-lain dengan dimensi tertentu (Brades AC., 2007).

Karena hanya memerlukan teknologi dasar dalam pembuatannya, briket arang merupakan alternatif teknologi yang paling sederhana dan murah. (Suwardin, 2013). Untuk menghasilkan berbagai bentuk briket populer yang digunakan oleh masyarakat umum, bahan berdiameter kecil atau bubuk dibakar untuk membuat briket arang, yang merupakan bahan bakar alternatif. Sebagai produk sampingan dari proses pengolahan pala, kulit pala saat ini kurang diminati dan sering kali dibuang begitu saja. Cangkang pala sebenarnya mempunyai banyak potensi untuk dijadikan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan jika dikelola dengan baik (Yulianingtyas, 2007).

Berdasarkan penelitian terdahulu oleh Kakerissa (2020) dengan judul "Pemanfaatan Limbah Tempurung Biji Pala sebagai Bahan Bakar Alternatif Briket Arang Biomassa". Penelitian ini meliputi proses pembuatan briket

1:5 yang menghasilkan 5 desain briket berbeda: kubus, bulat, heksagonal, silinder, dan bulat telur. Hal ini juga mencakup uji karakteristik termal yang menentukan kadar air, kadar abu, dan nilai kalor briket serta menentukan apakah memenuhi persyaratan SNI untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif (Kakerissa, 2020). Hal tersebut memberikan dasar yang baik untuk penelitian ini, yang akan lebih mendalam dalam memanfaatkan cangkang pala sebagai bahan baku biobriket. Selain itu juga pada penelitian oleh Ansar dkk. (2020) dengan judul "*Karakteristik Fisik Briket Tempurung Kelapa Menggunakan Perekat Tepung Terigu*". Berdasarkan penelitian, briket tempurung kelapa yang optimal mempunyai kekerasan rata-rata 27,7 kg/cm<sup>2</sup>, persentase kehancuran 18,50%, kadar air rata-rata 4,55%, dan laju pembakaran 112,61 menit setelah menjalani 12 kali pemompaan. Dengan kekerasan rata-rata 16,5 kg/cm<sup>2</sup>, persentase kehancuran 43,36%, kadar air rata-rata 7,92%, dan laju pembakaran 111,34 menit, kualitas terendah dicapai setelah empat kali pompa (Ansar, 2020). Metode dan temuan dari penelitian tersebut bisa menjadi referensi dalam menguji dan menganalisis karakteristik dan kandungan biobriket cangkang pala dalam penelitian ini.

Penelitian oleh Muh. Arafatir, dkk (2020) dengan judul "Uji Laju Pembakaran dan Nilai Kalor Briket Wafer Sekam Padi dengan Variasi Tekanan". Pada penelitian ini briket wafer sekam padi diberi tekanan yang bervariasi sehingga berdampak pada nilai kalor, densitas, kadar air, dan laju pembakaran tertinggi yang dihasilkan. Dengan kata lain, semakin tinggi tekanan yang diberikan maka semakin tinggi pula nilai kalor dan laju pembakaran yang dihasilkan (Muh, 2020). Meski penelitian tersebut fokus pada aplikasi yang berbeda, metode dan proses yang digunakan dalam penelitian ini bisa memberikan referensi dalam proses pembuatan biobriket cangkang pala dalam penelitian ini.

Penelitian tersebut bereksperimen terhadap pemanfaatan cangkang pala sebagai bahan baku pembuatan biobriket. Hasil dari eksperimen tersebut menunjukkan bahwa biobriket yang dihasilkan dari cangkang pala memiliki kualitas yang baik dan potensial untuk digunakan sebagai sumber energi alternatif. Namun, masih perlu penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas biobriket dari cangkang pala.

Penelitian ini berfokus pada proses pembuatan briket arang dari limbah cangkang pala, mengetahui karakteristik biobriket yang dihasilkan dari cangkang pala. Mengingat konteks di atas, sejumlah isu utama dapat diidentifikasi untuk dipusatkan, termasuk:

1. Bagaimana proses pembuatan briket arang dari limbah cangkang pala?
2. Bagaimana karakteristik biobriket yang dihasilkan dari cangkang pala?

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen. Melalui pendekatan kuantitatif, penelitian ini akan berfokus pada pengumpulan data numerik dan statistik untuk mengukur dan menganalisis karakteristik, kandungan, dan efektivitas pemanfaatan biobriket cangkang pala sebagai alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan dan ekonomis. Dalam rancangan ini, variabel-variabel tertentu akan dimanipulasi dan pengukuran dilakukan untuk melihat dampaknya terhadap hasil biobriket yang dihasilkan. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret s.d desember 2023, di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh.

Purposive sampling, yaitu pemilihan sampel berdasarkan kriteria yang telah ditentukan, merupakan strategi pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini. Sampel kulit pala sudah tua dan kering, tidak terlihat cacat dan berwarna coklat tua.

Kecamatan Tapaktuan Kabupaten Aceh Selatan, tepatnya Desa Batu Itam menjadi lokasi pengambilan sampel ini.

Penelitian ini menggunakan alat yaitu timbangan analitik berfungsi pada saat melakukan menimbang cangkang pala, timbangan analog berfungsi untuk menimbang tepung tapioka, blender berfungsi untuk menumbuk cangkang pala setelah pengarangan (karbonisasi), wadah pengaduk, cetakan briket, ayakan 45 mesh, oven, furnace, bomb calorimeter, cawan porselin, sendok, stopwatch berfungsi untuk menghitung waktu pengarangan (karbonisasi), desikator berfungsi untuk pendinginan pengarangan (karbonisasi). Sedangkan tepung tapioka digunakan sebagai bahan perekat, air, dan kulit pala sebagai bahan baku utama pembuatan briket.

Kulit pala dikumpulkan dan dibersihkan dari bahan-bahan yang tidak diperlukan. Kadar air panasnya kemudian dikurangi dengan cara menjemurnya di bawah sinar matahari selama tiga jam.

Pengarangan (karbonisasi) cangkang pala menggunakan furnace. Proses pengarangan (karbonisasi) menggunakan suhu 400°C, 450°C, 500°C dalam waktu 90 menit, dengan masing-masing suhu memiliki berat cangkang pala 1,5 Kg. Kemudian cangkang pala yang sudah dikarbonisasi didinginkan selama 1 jam menggunakan desikator.

Proses penumbukan arang dilakukan dengan menggunakan blender. Kemudian cangkang pala yang sudah dihaluskan diayak dengan menggunakan ayakan ukuran 45 mesh. Cangkang pala yang sudah diayak dari masing-masing suhu akan digunakan sebanyak 100 gram, kemudian dicampurkan dengan tepung tapioka sebanyak 50% dari berat total cangkang pala yang sudah halus pada wadah pengaduk. Setelah tercampur, masukkan air panas secukupnya ke dalam bahan yang sudah tercampur cangkang pala halus dengan tepung tapioka dan diaduk sampai tercampur atau kalis.

Campuran briket yang dihasilkan diperas dan dikeluarkan dari cetakan setelah dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk kubus setinggi 3 cm. Setelah dikeluarkan dari cetakan briket, briket arang disinari sinar matahari selama tiga hari.

Pengujian briket arang untuk mengetahui sifat termalnya dan mengevaluasi kelayakannya sebagai sumber energi pengganti ramah lingkungan berbahan dasar kulit pala. Pengujian yang dilakukan adalah untuk mencari nilai kalor, kadar abu, kadar air, serta kerapatan (densitas) pada biobriket cangkang pala.

Energi panas maksimum yang dihasilkan suatu bahan bakar selama reaksi pembakaran penuh per satuan massa atau volume bahan bakar dikenal sebagai nilai kalornya. Nilai kalor biobriket dihitung dengan menggunakan bomb calorimeter, sebuah alat yang digunakan untuk mengukur kalor yang dihasilkan saat suatu bahan terbakar. Rumus untuk menentukan nilai kalor yaitu:

$$Q = mc\Delta T \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- Q : energi yang dihasilkan (dalam Joule)
- C : kapasitas kalorimeter (dalam Joule/°C)
- $\Delta T$  : perubahan suhu (dalam °C) selama pembakaran.

kapasitas kalorimeter umumnya ditentukan melalui kalibrasi, menggunakan sampel dengan nilai kalor yang sudah diketahui. Setelah mendapatkan Q, nilai kalor biobriket (dalam Joule/gram atau kalori/gram) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Nilai kalor} = \frac{Q}{m} \text{ (cal/gram)} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- Q : energi yang dihasilkan (dalam Joule)
- C : kapasitas kalorimeter (dalam Joule/°C)

Menentukan kadar abu yang tertinggal dalam pembakaran briket menjadi abu dengan energy panas. Sampel briket diambil sebagai berat awal (a), sampel dimasukkan ke dalam

cawan porselin yang telah di timbang berat kosongnya (b). Kemudian dimasukkan di dalam furnace dan dipanaskan sampai pada suhu 750°C selama 2 jam. Selanjutnya didinginkan ke dalam desikator. Kemudian di timbang sebagai berat (c).

$$\text{kadar abu (\%)} = \left( \frac{c-b}{a} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- a : massa sampel (gram)
- b : massa cawan kosong (gram)
- c : massa cawan + massa abu setelah difurnace (gram)

Kadar air dalam biobriket dapat dihitung menggunakan metode pengeringan oven. Sampel briket diambil berat awal ( $m_1$ ), kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah diukur berat kosongnya ( $m_2$ ). Setelah itu masukkan ke dalam oven dan panaskan selama 1,5 jam dengan suhu 105°C. Setelah itu didinginkan dalam desikator. Kemudian di timbang sebagai berat ( $m_3$ ).

$$\text{kadar abu (\%)} = \left( \frac{m_2 - m_3}{m_1} \right) \times 100\% \dots\dots (4)$$

Keterangan:

- $m_1$  : massa biobriket sebelum diovenkan (gram)
- $m_2$  : massa cawan kosong + massa biobriket (gram)
- $m_3$  : massa biobriket setelah dioven + massa cawan setelah dioven (gram)

Kerapatan (densitas) biobriket menjadi parameter karena mempengaruhi kecepatan pembakaran dan efisiensi yang dihasilkan. Kerapatan (densitas) biobriket dapat dihitung dengan menggunakan rumus densitas atau rapat jenis, yaitu :

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

- $\rho$  : massa jenis biobriket (dalam Kg/m<sup>3</sup> atau gr/cm<sup>3</sup>)

m : massa biobriket (dalam Kg atau gr)  
V : volume biobriket (dalam  $m^3$  atau  $cm^3$ ).

optimal sehingga dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Berikut tabel standar kualitas briket arang dari beberapa Negara (Muh. Arafatir Aljarwi, 2020).

Karakteristik termal pada briket memiliki standar kualitas untuk mencapai kualitas yang

Tabel 1 Standar Kualitas Briket Arang Jepang, Inggris, Amerika, dan Indonesia

Sifat	Standar Mutu			
	Jepang	Inggris	USA	SNI
Kadar Air (%)	6 s/d 8	3,6	6,2	< 8
Kadar Abu (%)	3 s/d 6	5,9	8,3	< 8
Kadar Zat Terbang (%)	15 s/d 30	16,4	19 - 24	< 15
Kadar Karbon Terikat (%)	60 s/d 80	75,3	60	> 77
Kerapatan ( $gr/cm^3$ )	1 – 1,2	0,46	1	> 0,44
Kuat Tekan ( $kg/cm^2$ )	60 – 65	12,7	62	50
Nilai Kalor (cal/gr)	6000 s/d 7000	7300	6500	> 5000

Sumber : Mangkau, dkk (2011)

Perbandingan mutu briket berdasarkan Tabel 1 di atas. Standar mutu briket Indonesia: kadar air kurang dari 8%, kadar abu kurang dari 8%, panas lebih dari 5000 kal/gr, dan massa jenis lebih dari 0,44  $gr/cm^3$ . Briket arang tersebut dikatakan bermutu rendah jika nilai yang dihasilkan tidak memenuhi baku mutu briket Indonesia tersebut di atas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen dasar kulit pala dan pati yang digunakan sebagai perekat digabungkan dan dicetak dalam cetakan berbentuk kubus dengan suhu karbonisasi berbeda yaitu 400°C, 450°C, dan 500°C selama 90 menit untuk menghasilkan pala. biobriket cangkang yang merupakan hasil penelitian ini. Bentuk briket kubus seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 1 Briket Kubus

Setelah itu, briket arang tersebut dijemur selama tiga hari agar menjadi padat. Pengujian terhadap massa jenis, kadar air, kadar abu, dan kadar panas briket arang yang dihasilkan perlu dilakukan untuk mengetahui sifat-sifatnya. Hasil pengujian briket arang berbahan dasar kulit pala adalah sebagai berikut.

### a. Analisis Densitas (Kerapatan Jenis)

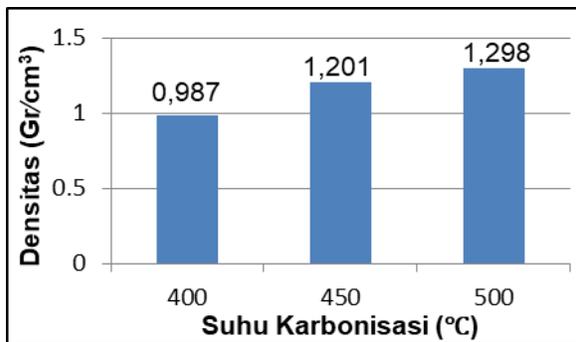
Massa jenis suatu zat, juga dikenal sebagai massa jenisnya, adalah ukuran konsentrasinya dan dinyatakan dalam massa per satuan volume. Oleh karena itu, kepadatan mempunyai dampak besar pada seberapa cepat suatu benda terbakar. Tabel 2 dibawah ini

menampilkan nilai densitas briket arang tempurung pala.

Tabel 2 Hasil Densitas (Rapat Jenis)

No	Suhu Karbonisasi (°C)	Massa Briket (gr)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Rapat Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )
1	400	26,655	27	0,987
2	450	32,418	27	1,201
3	500	35,058	27	1,298

Densitas (rapat jenis) dari briket cangkang pala yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Grafik Densitas (Rapat Jenis)

Berdasarkan Tabel 2 bahwa densitas briket cangkang pala yang diperoleh berkisar antara 0,987 gr/cm<sup>3</sup> - 1,298 gr/cm<sup>3</sup>. Dengan suhu karbonisasi 400°C, briket kulit pala yang

dihasilkan memiliki nilai densitas paling rendah pada sampel briket. Sedangkan sampel briket dengan suhu karbonisasi 500°C mempunyai nilai densitas paling tinggi

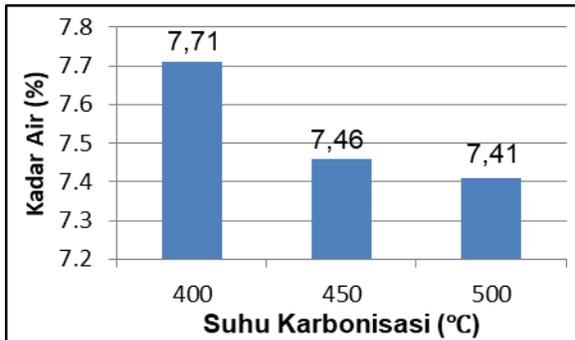
b. Analisis Kadar Air

Jumlah air dalam briket dikenal sebagai kadar airnya. Tabel 3 di bawah ini menampilkan hasil pengujian kadar air yang dilakukan terhadap briket arang kulit pala yang dipanggang selama 1,5 jam pada suhu 105°C.

Tabel 3 Hasil Kadar Air

No	Suhu karbonisasi (°C)	Massa Sampel awal (gr)	Massa cawan + sampel sebelum pengovenan (gr)	Massa cawan + sampel setelah pengovenan (gr)	Kadar air (%)
1	400	26,655	74,162	72,106	7,71
2	450	32,418	71,887	69,468	7,46
3	500	35,058	65,256	62,655	7,41

Gambar 3 di bawah menunjukkan kadar air briket kulit pala.



Gambar 3 Grafik Kadar Air

Briket kulit pala yang diperoleh memiliki kadar air berkisar antara 7,71% hingga 7,41% seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Dengan suhu karbonisasi 500°C, briket kulit pala yang dihasilkan memiliki kadar air paling rendah

diantara sampel briket lainnya. Sedangkan sampel briket yang mempunyai suhu karbonisasi 400°C mempunyai kadar air yang maksimal

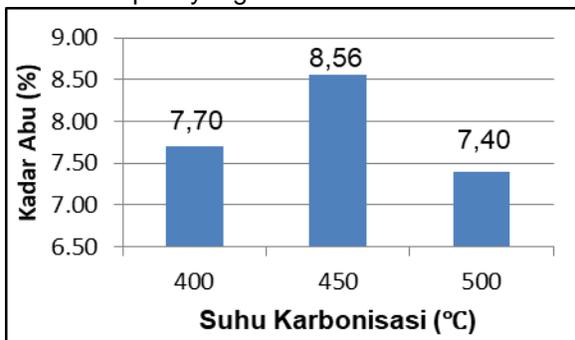
c. Analisis Kadar Abu

Produk sampingan dari pembakaran bahan organik adalah kadar abu. Tabel 3 di bawah ini menampilkan hasil pengujian kadar abu yang dilakukan terhadap briket arang cangkang pala yang dibakar selama dua jam pada suhu 750°C dalam tungku.

Tabel 4 Hasil Kadar Abu

No	Suhu karbonisasi (°C)	Massa Sampel awal (gr)	Massa cawan kosong (gr)	Massa cawan + sampel setelah pengarangan (gr)	Kadar abu (%)
1	400	34,689	46,474	49,147	7,70
2	450	44,453	46,089	49,896	8,56
3	500	33,421	46,695	49,170	7,40

Gambar 4 di bawah menunjukkan kadar air briket kulit pala yang dibuat.



Gambar 4 Grafik Kadar Abu

Berdasarkan Tabel 4 kadar abu briket cangkang pala yang diperoleh berkisar antara 7,40% - 8,56%. Dengan suhu karbonisasi 500°C, briket kulit pala yang dihasilkan memiliki

kadar abu paling rendah dari seluruh sampel briket. Sementara itu, sampel briket dengan kadar abu tertinggi dan suhu karbonisasi tertinggi 450°C.

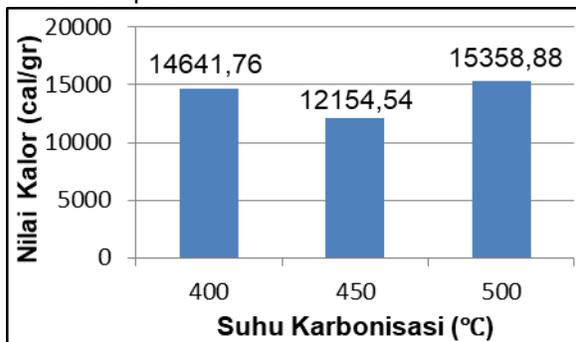
d. Analisis Nilai Kalor

Energi panas maksimum yang dihasilkan suatu bahan bakar selama reaksi pembakaran penuh per satuan massa atau volume bahan bakar dikenal sebagai nilai kalornya. Tabel 4 di bawah ini menunjukkan hasil pengujian nilai kalor briket arang yang dibuat pada suhu karbonisasi 400°C, 450°C, dan 500°C.

Tabel 5 Hasil Nilai Kalor

No	Suhu karbonisasi (°C)	Massa Sampel (gr)	Massa kapsul + sampel (gr)	Hasil analisis bomb Kalorimeter (cal)	Nilai kalor (cal/gr)
1	400	0,47	0,60	6881,63	14641,76
2	450	0,53	0,65	6441,91	12154,54
3	500	0,44	0,58	6757,91	15358,88

Gambar 5 di bawah menunjukkan nilai kalor briket kulit pala.



Gambar 5 Grafik Nilai Kalor

Berdasarkan Tabel 5 nilai kalor briket cangkang pala yang dihasilkan berkisar antara 50888,67 J/gr – 64304,54 J/gr. Dengan suhu karbonisasi 450°C, briket kulit pala yang dihasilkan mempunyai nilai kalor paling rendah di antara sampel briket. Dengan suhu karbonisasi 500°C, sampel briket mempunyai nilai kalor paling tinggi

Berikut ini ditemukan hasil analisis di atas yang dilakukan dengan menggunakan berbagai perlakuan penulis. Pada suhu karbonisasi 400°C, 450°C, dan 500°C, nilai massa jenis (densitas) yang dihasilkan berbeda-beda. Pada suhu karbonisasi 500°C, nilai densitas tertinggi adalah 1,298 gr/cm<sup>3</sup>, diikuti 1,201 gr/cm<sup>3</sup> pada 450°C, dan 0,987 gr/cm<sup>3</sup> pada 400°C. Karena massa bahan yang harus ditambahkan lebih banyak untuk membuat briket dengan volume yang sama, maka penelitian di atas menunjukkan bahwa nilai massa jenis briket kulit

pala maksimum terjadi pada suhu karbonisasi 400°C. Hal ini menunjukkan bahwa densitas briket kulit pala meningkat seiring dengan meningkatnya suhu karbonisasi. Menurut standar mutu briket nasional (SNI), briket dengan suhu karbonisasi 400°C, 450°C, atau 500°C mempunyai massa jenis lebih dari 0,44 gr/cm<sup>3</sup>.

Kadar air yang berbeda menghasilkan temperatur karbonisasi yang berbeda (400, 450, dan 500 derajat Celsius). 7,71% merupakan nilai kadar air tertinggi pada suhu 400°C, 7,46% merupakan suhu tertinggi kedua pada suhu 450°C, dan 7,41% merupakan suhu terendah pada suhu 500°C. Berdasarkan penelitian di atas, campuran pati dan kulit pala yang mempunyai suhu karbonisasi tinggi mempunyai massa jenis yang tinggi, oleh karena itu nilai kadar air briket kulit pala paling rendah terdapat pada suhu karbonisasi 400°C atau 7,41%. Kuantitas akan mengakibatkan penurunan kadar air sampel. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi campuran pati dan kulit pala maka semakin tinggi densitasnya, dan semakin rendah nilai rasio kadar air pada briket kulit pala. Nilai rasio kadar air briket cangkang pala telah memenuhi standar mutu briket nasional (SNI) yaitu tidak lebih dari 8%.

Pada suhu karbonisasi 400°C, 450°C, dan 500°C, jumlah abu yang dihasilkan bervariasi. Suhu 450°C menghasilkan nilai kadar abu tertinggi (8,56%), disusul suhu 400°C dan 500°C dengan kandungan residu masing-masing sebesar 7,70% dan 7,40%. Karena kandungan karbonnya yang lebih tinggi, briket kulit pala memiliki nilai kadar abu paling rendah pada suhu

karbonisasi 500°C, berdasarkan hasil penelitian di atas. Hal ini menunjukkan bahwa rasio kadar abu pada briket kulit pala semakin menurun seiring dengan meningkatnya suhu karbonisasi. Nilai nisbah kadar abu briket kulit pala telah memenuhi standar mutu briket nasional (SNI), artinya kadar air tidak boleh lebih dari 8%

Terdapat variasi nilai kalor pada suhu karbonisasi 400, 450, dan 500 derajat Celsius. Dengan suhu 500 derajat Celcius nilai kalor tertinggi sebesar 15358,88 kal/gr; pada 400 derajat Celsius adalah 14641,71 kal/gr; dan pada suhu 450 derajat Celcius menjadi 12154,54 kal/gr. Dari hasil penelitian di atas diketahui nilai kalor briket cangkang pala yang paling tinggi yaitu pada suhu karbonisasi 500 adalah 15358,88 cal/gr. Dalam hal ini, nilai kalor yang lebih tinggi menunjukkan kualitas arang yang lebih tinggi. Standar mutu briket nasional (SNI) menyebutkan briket cangkang pala memiliki nilai kalor lebih besar dari 5000 kal/gr.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dari variasi biobriket cangkang pala terhadap karakteristik termal sebagai sumber belajar materi kalor dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses pembuatan briket arang dari limbah cangkang pala melewati beberapa tahapan yaitu dijemur dibawah sinar matahari, dibakar dengan furnace, dihaluskan dengan blender, dicampur dengan tepung kanji dan air panas, dicetak dengan cetakan briket arang, dijemur dibawah sinar matahari, briket arang siap digunakan.
2. Karakteristik dari biobriket arang yang dihasilkan dari cangkang pala yang sudah di eksperimenkan di laboratorium sebagai berikut. Densitas (rapat jenis) 0,987  $\text{gr}/\text{cm}^3$  untuk suhu karbonisasi 400°C, 1,201  $\text{gr}/\text{cm}^3$  untuk suhu karbonisasi 450°C, dan 1,298  $\text{gr}/\text{cm}^3$  untuk suhu karbonisasi 500°C.

Persentase kadar air 7,41% untuk suhu karbonisasi 500°C, 7,46% untuk suhu karbonisasi 450°C, dan 7,73% untuk suhu karbonisasi 400°C. Persentase kadar abu 7,40% untuk suhu karbonisasi 500°C, 7,93% untuk suhu karbonisasi 400°C, dan 8,56% untuk suhu karbonisasi 450°C. Nilai kalor 50888,67 cal/gr untuk suhu karbonisasi 450°C, 61302,12 cal/gr untuk suhu karbonisasi 400°C, 64304,54 cal/gr untuk suhu 500°C.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada dosen, laboratorium multifungsi UIN Ar-Raniry karena telah mengizinkan dan membantu saya dalam menyelesaikan penelitian.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ansar, A. S. (2020). Karakteristik Fisik Briket Tempurung Kelapa Menggunakan Perekat Tepung Tapioka. *Jurnal AgriTechno*, 1-7.
- Brades AC., T. F. (2007). *Pembuatan Briket Arang Dari Enceng Gondok (Eichornia Crasipess Solm) Dengan Sagu Sebagai Pengikat*. UNSRI Inderalaya: Departemen Teknik Kimia.
- Kakerissa, A. L. (2020). Pemanfaatan Limbah Tempurung Biji Pala Sebagai Bahan Bakar Alternatif Briket Arang Biomassa. *ALE Procsding*, 33-39.
- Marzano, R. J. (2019). *The Art And Science Of Teaching: A Comprehensive Framework For Effective Intruction Alexandria, Virginia*. USA: ASCD Publication .
- Muh, A. A. (2020). Uji Laju Pembakaran Dan Nilai Kalor Briket Wafer Sekam Padi Dengan Variasi Tekanan. *Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 200-206.
- Muh. Arafatir Aljarwi, D. p. (2020). Uji Laju Pembakaran dan Nilai Kalor Briket

- Wafer Sekam Padi Dengan Variasi Tekanan. *Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 200-206.
- Patiung, G. A. (2014). Penggunaan Karbon Aktif Cangkang Pala - TiO<sub>2</sub> Untuk Foto Degradasi Zat Warna Metanil Yellow. *Jurnal Mipa Unsrat Online*, 139-143.
- Rukmana, S. P. (2015). Pemanfaatan Cangkang Biji Pala Sebagai Briket Dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Rekayasa Proses*, 45.
- Suwardin, A. V. (2013). Penggunaan Biobriket Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dalam Pengeringan Karet Alam. *Warta Perkaretan*, 65-73.
- Yulianingtyas, E. E. (2007). *Pembuatan Nata De Soya Dan Identifikasi Hazard Serta Titik Kritis Dalam Pembuatannya*. Universitas Airlangga: Doctoral Dissertation.