

## Briket Sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L.) sebagai Bahan Bakar Alternatif Berbasis Sumber Daya Alam Lokal

Yelfira Sari<sup>1,\*)</sup>, Putri Ade Rahma Yulis<sup>2</sup>

<sup>1,2)</sup>Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Islam Riau, Pekanbaru, Indonesia

\*Email korespondensi: yelfirasari@edu.uir.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.20527/15337>

Submitted: 06 Januari 2023.; Accepted: 06 Juni 2023

**ABSTRAK**-Salah satu produk hasil pengolahan biomassa yang praktis dan efisien adalah briket. Briket merupakan produk hasil densifikasi berbentuk kubik, prisma, ataupun silinder. Salah satu biomassa yang dihasilkan dari limbah pertanian yang melimpah di Provinsi Riau adalah sabut kelapa. Hal ini disebabkan karena Provinsi Riau merupakan salah satu daerah penghasil kelapa terbesar di Indonesia. Pemanfaatan limbah sabut kelapa saat ini masih terbatas untuk kerajinan, bahan bakar, dan media tanam. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan briket dari limbah sabut kelapa tua dan sabut kelapa muda dengan tahapan proses penelitian meliputi pembersihan, pengeringan, penghalusan, penambahan perekat, serta densifikasi. Briket yang dihasilkan kemudian dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui karakteristik fisika briket berdasarkan SNI No. 1/6235/2000 serta karakteristik struktur menggunakan SEM dan TG/DTG. Hasil penelitian menunjukkan uji laboratorium briket sabut kelapa tua dan sabut kelapa muda berdasarkan kadar air adalah 28,11% dan 29,72%; berdasarkan kadar abu adalah 1,59% dan 2,21%; berdasarkan kadar karbon adalah 25,10% dan 24,94%, serta nilai kalor 3019,54 kal/g dan 3137,03 kal/g. Untuk analisa SEM didapatkan hasil morfologi permukaan briket tampak halus dan tidak ada fragmentasi yang menandakan bahwa biomassa terikat secara sempurna dengan *binder* yang digunakan. Sedangkan pada analisa TG/DTG, didapatkan hasil bahwa telah terjadi penurunan massa sekitar 90% untuk briket sabut kelapa tua dan 78% untuk briket sabut kelapa muda pada suhu sekitar 450°C.

**KATA KUNCI:** analisa termal; biobriket; limbah biomassa; sabut kelapa

**ABSTRACT**- One of the practical and efficient products of biomass processing is briquettes. Briquettes are densified products in the form of cubic, prism or cylindrical shapes. One of the biomass produced from abundant agricultural waste in Riau Province is coconut coir. This is because Riau Province is one of the largest coconut producing regions in Indonesia. Utilization of coconut coir waste is currently still limited to crafts, fuel, and planting media. This study aims to produce briquettes from waste of old coconut coir and young coconut coir with the stages of the research process including cleaning, drying, grinding, adding adhesive, and densification. The resulting briquettes were then subjected to laboratory tests to determine the physical characteristics of the briquettes based on SNI No. 1/6235/2000 and structural characteristics using SEM and TG/DTG. The results showed that laboratory tests for old coconut coir briquettes and young coconut coir based on water content were 28.11% and 29.72%; based on ash content are 1.59% and 2.21%; based on the carbon content are 25.10% and 24.94%, and the heating value is 3019.54 cal/g and 3137.03 cal/g. For SEM analysis, the surface morphology of the briquettes looked smooth and there was no fragmentation indicating that the biomass was perfectly bonded with the binder used. Meanwhile, in the TG/DTG analysis, the results showed that there had been a mass decrease of around 90% for old coconut coir briquettes and 78% for young coconut coir briquettes at a temperature of around 450°C.

**KEY WORDS:** biobriquettes; biomass waste; coconut coir; thermal analysis

### PENDAHULUAN

Peningkatan pertumbuhan populasi serta industrialisasi menyebabkan penggunaan bahan bakar fosil (minyak bumi, batu bara, dan

gas alam) sebagai sumber energi utama mengalami peningkatan secara pesat. Penggunaan bahan bakar fosil tersebut menimbulkan berbagai dampak, seperti

keterbatasan cadangan bahan bakar fosil serta munculnya berbagai masalah lingkungan berupa emisi gas rumah kaca Original (Ajimotokan, Ibitoye, Odusote, Adesoye, & Omoniyi, 2019), (Nagarajan, J., & Prakash, 2021). Oleh karena itu, diperlukan suatu sumber energi alternatif yang tersedia secara melimpah di alam serta mampu mengurangi dampak terhadap lingkungan. Biomassa merupakan salah satu sumber energi yang menjanjikan yang dapat berfungsi sebagai pengganti bahan bakar fosil pathways (Soponpongpiat, N., & Sae-Ueng, 2015), (Iskandar, Nugroho, & Feliyana, 2019), (Afra, Abyaz, & Saraeyan, 2021). Biomassa umumnya dapat diperoleh dari limbah-limbah pertanian serta industri seperti sabut kelapa, jerami, ampas tebu, sekam padi, serbuk gergaji, serutan kayu, dan sebagainya (Akolgo et al., 2018), (Magnago et al., 2020), (Akolgo et al., 2021).

Sebagai sumber energi alternatif, biomassa dapat langsung digunakan secara langsung sebagai bahan bakar padat, namun karena kelembabannya masih tinggi serta ukurannya yang relatif masih besar menyebabkan biomassa ini sulit digunakan dalam bentuk mentahnya. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan berbagai cara dan salah satunya adalah proses pembriketan (Ajimotokan et al., 2019), (Senila et al., 2022).

Dalam proses ini terjadi pengurangan volume dari biomassa hingga 8-10 kali dari volume awal, sehingga penggunaannya sebagai bahan bakar akan menjadi lebih praktis dan efisien.

Salah satu biomassa yang dihasilkan dari limbah pertanian yang melimpah di Provinsi Riau adalah sabut kelapa. Jumlah sabut kelapa yang terdapat dalam satu butir kelapa adalah sekitar 35 % dari berat totalnya. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2020, Riau merupakan penghasil kelapa terbesar di Indonesia dengan jumlah produksi mencapai 387,9 ribu ton. Dari hasil produksi tersebut menghasilkan limbah sabut kelapa sekitar 135 ribu ton. Pemanfaatan limbah sabut kelapa saat ini masih terbatas untuk kerajinan, bahan bakar, dan media tanam. Pemanfaatan limbah

sabut kelapa menjadi briket merupakan salah satu alternatif dalam mengatasi permasalahan limbah serta meningkatkan nilai ekonomis dari sabut kelapa tersebut. Briket yang dihasilkan dari limbah sabut kelapa tersebut diharapkan mampu digunakan untuk mencukupi kebutuhan energi yang semakin lama semakin meningkat.

Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui karakteristik briket yang dihasilkan dari limbah sabut kelapa berdasarkan SNI No. 1/6235/2000 serta karakteristik struktur menggunakan SEM dan TG/DTG.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah sabut kelapa tua yang diperoleh dari Kabupaten Indragiri Hilir, Riau dan limbah sabut kelapa muda yang diperoleh dari pedagang air kelapa di Kota Pekanbaru, Riau. Selain itu juga dibutuhkan bahan perekat (*binder*) berupa tepung tapioka, serta akuades.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas ukur, gelas piala, Erlenmeyer, neraca digital, saringan/ayakan, alat pencetak briket, furnace, cawan porselen, desikator, *bomb calorimeter*, dan termometer. *Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX) menggunakan SEM-EDX JEOL JSM-6510LA. *Simultaneous Thermogravimetric-Differential Thermal-Differential Scanning Calorimetry Analysis* (TGA-DTA-DSC) menggunakan NEXTA STA (Hitachi STA200RV *with Real View Sample Observation*).

### Proses Pembuatan Briket

Sabut kelapa yang telah dikumpulkan dari petani lokal maupun pedagang lokal kemudian dikeringkan untuk menghilangkan kadar air. Setelah kering, sabut kelapa tersebut kemudian dihaluskan serta diayak dengan ayakan berukuran 10 mesh untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Hasil ayakan tersebut kemudian dicampurkan dengan bahan perekat berupa tepung tapioka serta ditambahkan aquadest hingga

didapatkan hasil yang tepat untuk pencetakan. Pencetakan briket menggunakan tekanan 50 kg/cm<sup>2</sup>. Briket yang telah dicetak kemudian dikeringkan dan dilanjutkan untuk analisa laboratorium.

### Proses Analisa Briket

Analisa karakteristik fisik briket yang dihasilkan mengacu pada standar SNI No. 1/6235/2000 serta digunakan perbandingan beberapa standar untuk mengetahui kelayakan briket yang dihasilkan. Standar pembanding yang digunakan adalah *ASTM International* dan *Thai Community Product*

*Standard* (TCPS 238-2547). Analisa karakteristik fisik briket meliputi nilai kadar air, kadar abu, kadar karbon, dan nilai kalor. Untuk detailnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Briket yang dihasilkan kemudian juga dianalisa strukturnya menggunakan SEM-EDX serta TG/DTG. SEM-EDX bertujuan untuk analisa bentuk dan morfologi permukaan serta komposisi penyusun sampel briket. TG/DTG bertujuan untuk analisa termal briket sehingga dapat diketahui perubahan berat sampel briket yang dihasilkan.

**Tabel 1 Standar Baku Mutu Briket\***

No.	Parameter	SNI	ASTM International	TCPS 238-2547
1	Kadar Air (%)	≤ 8	< 20 (ASTM D-3173)	≤ 8
2	Kadar Abu (%)	≤ 8	14-20 (ASTM D-3174)	≤ 8
3	Kadar Karbon (%)	≥ 77	-	-
4	Nilai Kalor (kal/g)	≥ 5000	> 4000 (ASTM 2015)	≥ 5000

(Iskandar et al., 2019), (Wijiyanto, Sarjito, Nur Aklis, Agus Dwi Angggona, 2020), (Neamchan, Vinitnantharat, & Tia, 2017)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Karakteristik Briket

Parameter dasar yang diuji pada sampel briket sabut kelapa adalah kadar air, kadar abu, kadar karbon, dan nilai kalorimeter. Rata-rata briket yang dihasilkan memiliki dimensi 3 cm x 3 cm x 3 cm dan massa 2,5 g. Briket yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Sabut kelapa dapat digunakan sebagai salah satu alternatif bahan bakar karena memiliki kandungan lignin, selulosa, serta hemiselulosa, dimana rata-rata kandungannya sebesar hampir 50% lignin, 20-30% selulosa, dan 15-30% hemiselulosa (Anuchi, Campbell, & Hallett, 2022). Dalam proses pembuatan briket, hal yang paling berpengaruh adalah kandungan lignin, dimana lignin berperan sebagai bahan pengikat (*binder*) dan menentukan kualitas produk yang dihasilkan. Kandungan lignin sebanyak 9% secara substansi telah dapat meningkatkan nilai kalor biomassa (Afra et al., 2021). Selain lignin, selulosa juga merupakan komponen yang dapat mempengaruhi proses pembakaran, dimana kandungan selulosa yang tinggi di dalam briket dapat mempercepat proses

pembakaran dan sebaliknya (Senila et al., 2022).

### Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter penting yang dapat menentukan kualitas suatu briket. Kadar air yang rendah dapat membuat briket lebih mudah terbakar dan asap yang dihasilkan pada pembakaran juga tidak akan banyak, begitu juga sebaliknya (Mardawati, amadhan, Kusnayat, Ardiansah, & Fitriana, 2022), (Rizki, Mustaqilla, Rinaldi, & Mukhriza, 2022). Kadar air ini nantinya akan mempengaruhi nilai kalor pembakaran, dimana pada briket yang memiliki kadar air yang tinggi akan menghasilkan nilai kalor yang rendah.

Tabel 2 menunjukkan nilai kadar air dari briket sabut kelapa. Kadar air dari masing-masing briket sabut kelapa (sabut kelapa tua dan sabut kelapa muda) masih tergolong sangat tinggi yaitu lebih dari 20%. Berdasarkan SNI dan TCPS, nilai kadar air yang baik adalah di bawah 8%. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Grover & Mishra, 1996), dimana kadar air yang baik pada briket biomassa adalah sekitar 8-10%. Pada kadar air tersebut, briket yang dihasilkan akan lebih

kuat, bebas retakan, serta lebih halus. Jika dibandingkan dengan standar ASTM *International*, kadar air briket yang dihasilkan juga masih di bawah standar karena kadar air briket yang memiliki kualitas baik berada pada nilai di bawah 20 %. (Wijiyanto, Sarjito, Nur Aklis, Agus Dwi Angggona, 2020).

Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan tingginya kadar air dari briket yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan kadar air pada biomassa itu sendiri dapat berasal dari dua sumber, yaitu sumber instrinsik dan sumber ekstrinsik. Kadar air sabut kelapa ketika baru dipanen adalah sekitar 29-35%, bahkan menurut penelitian oleh (Obeng et al., 2020), kadar air pada sabut kelapa hanya berkurang

sedikit hingga 26% setelah dilakukan penjemuran selama 6 hari.

#### Kadar Abu

Tabel 2 menunjukkan nilai kadar abu dari briket sabut kelapa, dimana kadar abu untuk briket sabut kelapa tua sebesar 1,59% dan sabut kelapa muda sebesar 2,21%. Nilai kadar abu ini sudah sesuai dengan SNI dan TCPS yaitu di bawah 8%, maupun ASTM *International* (14-20 %). Kadar abu juga merupakan salah satu faktor yang penting dalam menentukan kualitas suatu briket. Abu merupakan limbah yang dihasilkan dalam suatu proses pembakaran, dimana semakin rendah kadar abu, kualitas bahan bakar dapat dikatakan akan semakin baik (Ikpoza, 2022).



(a)

(b)

Gambar 1 Briket Sabut Kelapa (a) Sabut Kelapa Tua; (b) Sabut Kelapa Muda

Tabel 2 Kadar Air, Kadar Abu, Kadar Karbon, dan Nilai Kalor Briket Sabut Kelapa

Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Karbon (%)	Nilai Kalor (kal/g)
Sabut Kelapa Tua	28,11	1,59	25,10	3019,54
Sabut Kelapa Muda	24,72	2,21	24,94	3137,03

#### Kadar Karbon

Kandungan kadar karbon berhubungan dengan kualitas briket yang dihasilkan, dimana semakin tinggi kadar karbon, semakin tinggi juga nilai kalor briket yang dihasilkan. Kadar karbon ini juga akan berpengaruh terhadap zat terbang yang dihasilkan, dimana briket dengan karbon yang lebih tinggi akan menghasilkan zat terbang yang lebih rendah, sehingga polusi yang dihasilkan juga akan lebih sedikit (Saeed et al., 2021). Berdasarkan

SNI, kadar karbon yang baik untuk briket adalah di atas 77%, sedangkan berdasarkan ASTM *International* dan TCPS, nilai kadar karbon tidak tersedia. Kadar karbon briket yang dihasilkan pada penelitian ini belum sesuai dengan SNI, dimana kadar karbon briket sabut kelapa tua sebesar 25,10% dan sabut kelapa muda sebesar 24,94%. Nilai kadar karbon yang rendah menunjukkan bahwa permukaan briket masih mengandung senyawa non karbon.

### Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan parameter utama dalam menentukan kualitas briket, dimana nilai ini bergantung pada jumlah unsur karbon di dalam biomassa. Nilai kalor pada bahan bakar padat juga bergantung pada kondisi pemrosesan, seperti ukuran partikel, struktur briket, serta *binder* yang digunakan (Afra et al., 2021). Nilai kalor yang dihasilkan pada penelitian ini berada di bawah standar yang telah ditetapkan, baik oleh SNI ASTM International, maupun TCPS. Nilai kalor sabut kelapa berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebesar 3019 kal/g untuk sabut kelapa tua dan 3137 kal/g untuk sabut kelapa muda. Menurut hasil penelitian sebelumnya oleh (Amoako & Mensah-Amoah, 2019) yang membandingkan nilai kalor dari batok kelapa dan sabut kelapa, didapatkan nilai kalor batok kelapa adalah sekitar 1700 kal/g dan sabut kelapa sekitar 1000 kal/g. Hal ini pun diikuti oleh hasil penelitian oleh (Ram & Mondal, 2018) yang menjelaskan bahwa nilai kalor sabut kelapa adalah sekitar 2300 kal/g.

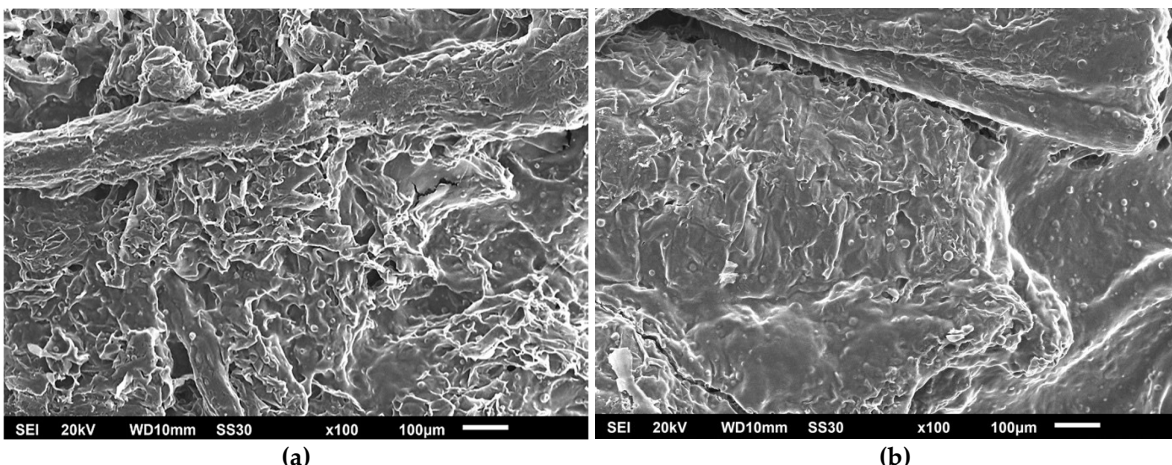
Meskipun sabut kelapa menghasilkan nilai kalor yang rendah, namun masih tetap bisa digunakan sebagai bahan bakar alternatif dengan harga yang murah (Amoako & Mensah-Amoah, 2019). Hal ini dikarenakan nilai kalor akan berbeda untuk tiap-tiap jenis biomassa yang digunakan (Waweru; Josephat; Chirchir, 2017). Tabel 2 menunjukkan secara rinci hasil analisa karakteristik briket yang diperoleh dari penelitian ini

### Analisa Morfologi Permukaan Briket

Analisis morfologi permukaan briket sabut kelapa dilakukan dengan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM). Analisis morfologi ini bertujuan untuk melihat rongga antar material penyusun briket, dimana semakin rapat jarak antar penyusun briket, nilai kalor yang dihasilkan juga akan cenderung semakin besar (Adhani, Marsya, Oktavia, & Sindiany, 2019). Hasil analisa SEM briket sabut kelapa dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan gambar tersebut dapat terlihat bahwa tidak ada *binder* yang terakumulasi di dalam briket setelah proses pencetakan. Hal ini menunjukkan bahwa partikel-partikel yang terdapat dalam briket sabut kelapa terikat sedemikian rupa dengan *binder* yang digunakan (tepung tapioka). Selain itu, dari gambar juga dapat terlihat bahwa briket memiliki permukaan yang lebih halus dan fragmentasi yang cukup kecil

Pada suhu di bawah 500°C, proses pirolisis menyebabkan terjadinya dehidroksilasi dan penghilangan molekul-molekul kecil yang dikeluarkan melalui pori-pori briket, sehingga tidak terjadi perubahan morfologi yang signifikan pada permukaan briket. Permukaan briket akan mengalami perubahan setelah dilakukan proses pirolisis hingga suhu 500°C, dimana pada suhu ini struktur permukaan briket akan menjadi lebih tidak teratur dan menghasilkan pengembangan porositas (Zhao, Zhang, Zhang, Wang, & Guo, 2015).

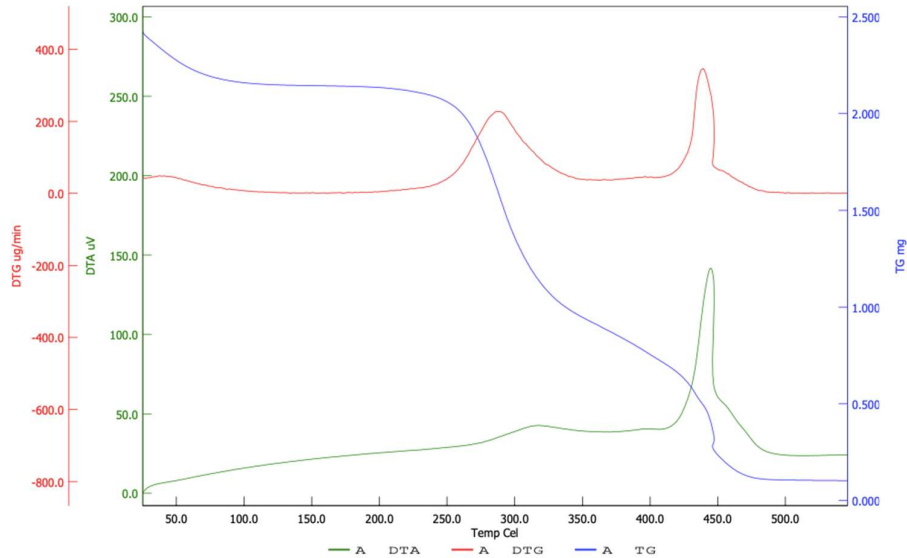


Gambar 2 Hasil SEM Briket Sabut Kelapa dengan Perbesaran 100 kali (a) Sabut Kelapa Tua; (b) Sabut Kelapa Muda

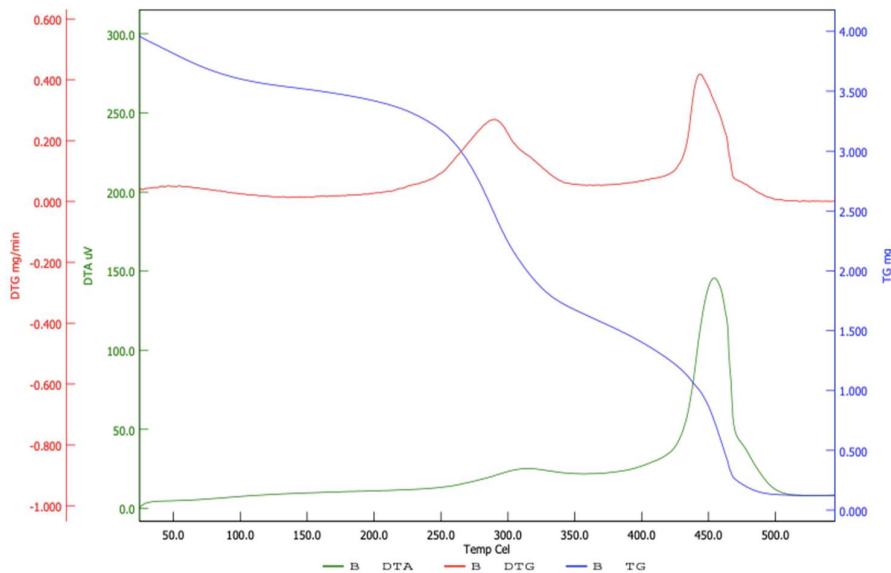
### Analisa TG/DTG

Kurva TG/DTG briket sabut kelapa dapat dilihat pada Gambar 3. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan kimia dari sampel sebagai fungsi dari suhu (Ba, Ndiaye, & Youm, 2019), (Muhammad Sajjad Ahmad, Muhammad Aamer Mehmood, Guangbin Ye, Omar S.Al-Ayed, Muhammad Ibrahim, UmerRashid, Huibo Luo, Gulam Qadir, 2017). Briket dipanaskan mulai suhu

30°C hingga suhu 550°C menggunakan campuran gas N<sub>2</sub> (79%) dan O<sub>2</sub> (21%) dengan laju 10°C/menit. Pada suhu sekitar 100°C telah terjadi pengurangan massa briket sebesar lebih kurang 10% untuk masing-masing briket. Hal ini dikaitkan dengan terjadinya proses penguapan air maupun senyawa organik lainnya yang mudah menguap pada suhu tersebut (Ba et al., 2019), (Senila et al., 2022).



(a)



(b)

**Gambar 3 Hasil TG/DTG Briket Sabut Kelapa pada suhu 30°C-550°C (a) Sabut Kelapa Tua; (b) Sabut Kelapa Muda**

Pada tahap selanjutnya, suhu hingga 500°C terjadi penurunan massa briket secara signifikan, dimana pada suhu ini molekul yang

mengalami dekomposisi adalah selulosa dan hemiselulosa. Pada rentang suhu ini terbentuk dua puncak karakteristik yaitu pada suhu

sekitar 250°C dan 450°C. Pada suhu 250°C terjadi penurunan massa sebesar lebih kurang 15% untuk briket sabut kelapa tua dan sekitar 20% untuk sabut kelapa muda. Pada rentang suhu ini terjadi dekomposisi molekul hemiselulosa, dimana terjadi proses dehidrasi pembelahan rantai antara heteropolimer. Sedangkan pada rentang suhu 450°C, terjadi penurunan massa sekitar 90% untuk briket sabut kelapa tua dan 78% untuk briket sabut kelapa muda. Pada rentang suhu ini, molekul yang mengalami dekomposisi adalah selulosa, dimana akan menghasilkan arang, karbondioksida, dan uap air (Senila et al., 2022), (Ba et al., 2019)

Menurut (Dhyani & Bhaskar, 2018) dan (Volli, Gollakota, & Shu, 2021), molekul yang mengalami dekomposisi terlebih dahulu adalah hemiselulosa (220°C-315°C), selulosa (315°C-400°C), baru kemudian lignin.

Hemiselulosa lebih mudah terdekomposisi diakibatkan oleh rantai molekulnya yang lebih pendek. Lignin merupakan molekul yang paling sulit mengalami dekomposisi dan pada umumnya terdekomposisi secara lambat dalam rentang suhu yang luas (hingga 900°C). Hasil yang disajikan menunjukkan bahwa agar briket yang dibuat dapat mengalami dekomposisi secara sempurna, maka direkomendasikan untuk meningkatkan suhu hingga di atas 1.000°C karena pada suhu penelitian ini (suhu 30°C-550°C), belum terlihat sifat fisik dan kimia hasil dari TG/DTG.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa briket yang dihasilkan dari sabut kelapa tua memberikan hasil yang tidak terlalu berbeda dengan briket sabut kelapa muda. Jika dibandingkan dengan SNI, ASTM, maupun TCPS, parameter yang memenuhi dari kedua briket ini hanya berada pada nilai kadar abu, sedangkan parameter lainnya masih belum memenuhi standar. Namun, briket ini masih dapat digunakan sebagai bahan bakar dengan harga yang lebih murah. Penggunaan briket hasil limbah sabut kelapa merupakan salah satu cara untuk

menghemat energi tradisional seperti kayu bakar maupun energi tak terbarukan, sehingga dapat mengurangi penggundulan hutan ataupun penambangan. Untuk analisa termal, pada suhu sekitar 450°C sudah terlihat penurunan massa briket mencapai 90%, namun untuk hasil lebih baik, untuk penelitian selanjutnya, suhu yang digunakan hingga 1000°C.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu hingga terlaksananya penelitian ini. Ucapan terima kasih dikhususkan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Universitas Islam Riau atas bantuan dana yang telah diberikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, L., Marsya, M. A., Oktavia, S., & Sindiany, I. I. (2019). Analisis bahan bakar Alternatif Komposit Biobriket dari Eceng gondok dengan Perikat Kotoran Sapi. *Al-Kimiya*, 6(2), 81–86. <https://doi.org/10.15575/ak.v6i2.6505>
- Afra, E., Abyaz, A., & Saraeyan, A. (2021). The production of bagasse biofuel briquettes and the evaluation of natural binders (LNFC, NFC, and lignin) effects on their technical parameters. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123543. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123543>
- Ajimoto, H. A., Ibitoye, S. E., Odusote, J. K., Adesoye, O. A., & Omoniyi, P. O. (2019). Physico-mechanical Properties of Composite Briquettes from Corn cob and Rice Husk. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 4(3), 159–165. <https://doi.org/10.12162/jbb.v4i3.004>
- Akolgo, G. A., Awafo, E. A., Essandoh, E. O., Owusu, P. A., Uba, F., & Adu-Poku, K. A. (2021). Assessment of the potential of charred briquettes of sawdust, rice and coconut husks: Using water boiling and user acceptability tests. *Scientific African*, 12, e00789. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00789>

- Akolgo, G. A., Essandoh, E. O., Gyamfi, S., Atta-Darkwa, T., Kumi, E. N., & Maia, C. M. B. de F. (2018). The potential of a dual purpose improved cookstove for low income earners in Ghana – Improved cooking methods and biochar production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(September 2017), 369–379.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.044>
- Amoako, G., & Mensah-Amoah, P. (2019). Determination of Calorific Values of Coconut Shells and Coconut Husks. *Journal of Materials Science Research and Reviews*, 2(2), 1–7.  
<https://doi.org/10.9734/JMSRR/2019/45639>
- Anuchi, S. O., Campbell, K. L. S., & Hallett, J. P. (2022). Effective pretreatment of lignin-rich coconut wastes using a low-cost ionic liquid. *Scientific Reports*, 12(1), 1–11.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-09629-4>
- Ba, M. S., Ndiaye, L. G., & Youm, I. (2019). Thermochemical Characterization of Casamance Biomass Residues for Production of Combustibles Briquettes. *Open Journal of Physical Chemistry*, 09(03), 170–181.  
<https://doi.org/10.4236/ojpc.2019.93009>
- Dhyani, V., & Bhaskar, T. (2018). A comprehensive review on the pyrolysis of lignocellulosic biomass. *Renewable Energy*, 129, 695–716.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.04.035>
- Grover, P. D., & Mishra, S. K. (1996). Biomass Briquetting: Technology and Practices. Regional wood energy development program in Asia, field document no. 46. Bangkok, Thailand: Food and Agriculture Organization of the United Nations; *Regional Wood Energy Development Programme in Asia*, (46), 1–48.
- Ikpoza, F. I. and E. (2022). Estimation of the Moisture Content, Volatile Matter, Ash Content, Fixed Carbon and Calorific Values of Saw Dust Briquettes. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 567–575.  
<https://doi.org/10.51354/mjen.940760>
- Iskandar, N., Nugroho, S., & Feliyana, M. F. (2019). Uji Kualitas Produk Briket Arang Tempurung Kelapa Berdasarkan Standar Mutu Sni. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 15(2).  
<https://doi.org/10.36499/jim.v15i2.3073>
- Magnago, R. F., Costa, S. C., Assunção Ezirio, M. J. de, Godoy Saciloto, V. de, Cremona Parma, G. O., Gasparotto, E. S., ... Barcelos, R. L. (2020). Briquettes of citrus peel and rice husk. *Journal of Cleaner Production*, 276.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123820>
- Mardawati, E., amadhan, A. K. R., Kusnayat, A., Ardiansah, I., & Fitriana, H. N. (2022). Biobriquette: A Mixture of Palm Kernel Shell and Coconut Shell, an Indonesian Study Case. *Ecology, Environment and Conservation*, 28(3), 1611–1618.  
<https://doi.org/10.53550/eec.2022.v28i03.070>
- Muhammad Sajjad Ahmad, Muhammad Aamer Mehmood, Guangbin Ye, Omar S.Al-Ayed, Muhammad Ibrahim, UmerRashid, Huibo Luo, Gulam Qadir, I. A. N. (2017). Thermogravimetric analyses revealed the bioenergy potential of Eualiopsis binata. *J Therm Anal Calorim*.  
<https://doi.org/10.1007/s10973-017-6398-x>
- Nagarajan, J., & Prakash, L. (2021). Preparation and characterization of biomass briquettes using sugarcane bagasse, corncob and rice husk. *Materials Today: Proceedings*, 47(February), 4194–4198.  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.457>
- Neamchan, R., Vinitnantharat, S., & Tia, W. (2017). SEE 2016 in conjunction with ICGSI 2016 and CTI 2016 On “Energy & Climate Change: Innovating for a Sustainable Future. In *Briquette from lychee and coconut leaves with wood ash for community based renewable energy*.



- Thailand: SEE 2016 in conjunction with ICGSI 2016 and CTI 2016 On "Energy & Climate Change: Innovating for a Sustainable Future.
- Obeng, G. Y., Amoah, D. Y., Opoku, R., Sekyere, C. K. K., Adjei, E. A., & Mensah, E. (2020). Coconut wastes as bioresource for sustainable energy: Quantifying wastes, calorific values and emissions in Ghana. *Energies*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/en13092178>
- Ram, M., & Mondal, M. K. (2018). Comparative study of native and impregnated coconut husk with pulp and paper industry waste water for fuel gas production. *Energy*, 156(August), 122–131. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.102>
- Rizki, M., Mustaqilla, S., Rinaldi, W., & Mukhriza, T. (2022). The Effect of Adhesive Types of Damar and Pine Resin for Biobriquet Manufacturing from Sugarcane Bagasse. *Journal of Applied Technology*, 1(1), 35–42. <https://doi.org/10.23955/rkl.vi712.xxxx>
- Saeed, A. A. H., Harun, N. Y., Bilad, M. R., Afzal, M. T., Parvez, A. M., Roslan, F. A. S., ... Afolabi, H. K. (2021). Moisture content impact on properties of briquette produced from rice husk waste. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063069>
- Senila, L., Tenu, I., Carlescu, P., Scurtu, D. A., Kovacs, E., Senila, M., ... Roman, C. (2022). Characterization of Biobriquettes Produced from Vineyard Wastes as a Solid Biofuel Resource. *Agriculture (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/agriculture12030341>
- Soponpongpipat, N., & Sae-Ueng, U. (2015). The effect of biomass bulk arrangements on the decomposition pathways in the torrefaction process. *Renewable Energy*, 81(3), 679–684. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.03.060>
- Volli, V., Gollakota, A. R. K., & Shu, C. M. (2021). Comparative studies on thermochemical behavior and kinetics of lignocellulosic biomass residues using TG-FTIR and Py-GC/MS. *Science of the Total Environment*, 792, 34147787. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148392>
- Waweru; Josephat; Chirchir, D. K. (2017). Effect of the briquette sizes and moisture contents on combustion characteristics of composite briquettes. *IJISSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 4(7), 102–111.
- Wijiyanto, Sarjito, Nur Aklis, Agus Dwi Angggona, A. S. D. (2020). The Influence of the Type of Adhesive on the Properties of Sawdust Briquettes. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(9), 5353–5356. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/73892020>
- Zhao, Y., Zhang, Y., Zhang, H., Wang, Q., & Guo, Y. (2015). Structural characterization of carbonized briquette obtained from anthracite powder. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 112(March), 290–297. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2015.01.009>