



Pengaruh Temperatur Karbonisasi Terhadap Karakteristik Briket Berbasis Arang Sekam Padi Dan Tempurung Kelapa

Nur Afriana¹, Rustan Ruslan¹, Heri Rahmat Suryadi^{1*}, Irmawati¹, Al Irsyad¹, Jasruddin¹, dan Nurhayati¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar

Email: nurafrianaahgaffar@gmail.com

*Corresponding Author

Abstrak

Pengaruh suhu karbonisasi terhadap sifat berbasis briket dari sekam padi dan tempurung kelapa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh karbonisasi pada bahan baku briquet, sekam padi dan tempurung kelapa yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan nilai kalor. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen murni berupa proses karbonisasi sekam padi dengan variabel bebas pada suhu 300°C, 400°C, dan 500°C selama 30 menit dan karbonisasi tempurung kelapa dengan variabel suhu tetap. 500°C selama 2 jam. Ukuran sekam padi dan batok kelapa 200 mesh. Pembuatan briket dengan variabel tetap yaitu komposisi arang sekam padi : arang tempurung kelapa = 1 : 3 (5 g : 15 g) dan dicetak menggunakan tekanan 99,91 kPa. Kemudian dilakukan pengujian kadar air, kadar abu, zat terbang dan nilai kalor. Hasil pengujian pada masing-masing jenis briket dengan variasi suhu karbonisasi sekam padi 300°C dan tempurung kelapa 500°C, suhu karbonisasi sekam padi 400°C dan suhu karbonisasi tempurung kelapa 500°C dan suhu karbonisasi sekam padi 500°C dan suhu karbonisasi kelapa 500°C Temperatur cangkang diperoleh berturut-turut untuk kadar air 0,78%, 0,56% dan 0,41%, kadar abu 42,40%, 35,50% dan 32,70%, zat terbang 26,19%, 24,92% dan 24,38%, dan nilai kalor sebesar 3381,70 kal/g , 4261,50 kal/g, dan 4621,50 kal/g.

Kata kunci: Arang Sekam Padi, Arang Tempurung Kelapa, Briket, Karbonisasi.

Abstract

The effects of carbonized temperature on the briquet-based properties of rice husks and coconut shells. This study aims to determine the effects of carbonization on briquet-based, rice husk and coconut shell which include water content, ash content, volatile matter content, and calorific value. The research method used in this study is purely experimental within a process of carbonization of rice husk divested by free variables at temperatures of 300°C, 400°C, and 500°C for 30 minutes and carbonized coconut shells with a constant variable temperature of 500°C for 2 hours. Measures of a rice chaff and coconut shell of 200 mesh. Making briquettes with fixed variables, namely the composition of rice husk charcoal: coconut shell charcoal = 1: 3 (5 g:15 g) and printed using a pressure of 99.91 kPa. Then do the testing of water content, ash content, volatile matter and heating value. Test results on each type of briquettes with variations in the temperature of 300°C rice husk carbonization and 500°C coconut shell, 400°C rice husk carbonization temperature and 500°C

coconut shell and 500°C rice husk carbonization temperature and 500°C coconut shell temperature were respectively obtained for 0.78% water content, 0.56% and 0.41%, ash content of 42.40%, 35.50% and 32.70%, volatile matter of 26.19%, 24.92% and 24.38%, and calorific value amounted to 3381.70 cal/g, 4261.50 cal/g, and 4621.50 cal/g.

Keywords: *Briquettes, Carbonization, Coconut Shell Charcoal, Rice Husk Charcoal.*

Info Artikel

Status artikel:

Diterima: 23 Desember 2021

Disetujui: 31 Desember 2022

Tersedia online: 31 Desember 2022

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu kebutuhan hidup manusia. Kebutuhan energi saat ini hanya dipenuhi dengan mengandalkan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara dan LPG semakin mahal. Sehingga diperlukan upaya untuk memperoleh sumber energi alternatif, seperti energi biomassa [1].

Biomassa merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat di prioritaskan dalam pengembangan jangka panjang dibandingkan dengan sumber energi lain [2]. Biomassa memiliki keunggulan yaitu sifatnya yang dapat diperbarui, tidak mengandung sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya pertanian dan perkebunan serta ramah lingkungan [3]. Tercatat bahwa energi biomassa sekitar 14% dari total energi dunia dibandingkan batubara (12%), gas alam (15%) dan energi listrik (14%) [4]. Sehingga krisis energi diharapkan dapat ditekan melalui penggunaan bahan bakar alternatif seperti briket [5].

Briket merupakan alternatif sumber energi biomassa yang dapat berasal dari limbah pertanian dan perkebunan yang di karbonisasi kemudian dihaluskan hingga berbentuk serbuk [6-7]. Briket yang baik adalah briket yang memiliki kualitas pembakaran yang baik, salah satunya mempunyai kadar air yang rendah [8]. Limbah pertanian dan limbah perkebunan seperti sekam padi dan tempurung kelapa merupakan bahan baku biomassa yang cukup potensial untuk dikembangkan sebagai sumber energi alternatif yang dapat diolah menjadi briket [9].

Beberapa contoh bahan organik yang dapat dijadikan briket yaitu jerami padi, sabut kelapa, ampas tebu, serbuk gergaji, limbah kertas, tempurung kelapa, dan sekam padi [10-11]. Pada penelitian ini, briket menggunakan bahan dasar sekam padi dan tempurung kelapa. Sekam padi merupakan limbah hasil pertanian dari proses penggilingan padi yang belum dimanfaatkan secara optimal.

Beberapa penelitian sebelumnya berhasil membuat briket dari sekam padi. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa briket sekam padi menghasilkan nilai kalor sebesar 3197,29 kal/g [12]. Pada penelitian sebelumnya juga telah menghasilkan briket nilai kalor sebesar 4592, 12 kal/g dengan campuran dari sekam padi dan dedak [13]. Sedangkan menurut Widya Gema Bestari, Mutiara Mendopa, & Rosdanelli Hasibuan (2016),

menyatakan bahwa briket campuran dari bahan dasar sekam padi dan ketaman kayu yang di karbonisasi pada proses pengarangan memiliki nilai kalor 3045,8271 kal/g.

Beberapa penelitian tersebut menghasilkan nilai kalor yang belum memenuhi standar mutu briket yaitu >5000 kal/g. Sehingga dibutuhkan bahan organik lain untuk menghasilkan briket dengan nilai kalor yang lebih tinggi. Sehingga penulis berinisiatif untuk membuat briket dari campuran arang sekam padi dan tempurung kelapa.

Pada proses pembuatan briket arang, dikenal dengan proses inti yaitu pengarangan atau karbonisasi. Karbonisasi merupakan proses pembakaran biomassa yang menggunakan alat karbonisasi dengan oksigen terbatas. Proses karbonisasi menghasilkan material berupa arang.

Arang merupakan sisa proses karbonisasi bahan yang mengandung karbon pada kondisi terkendali di dalam ruangan tertutup [15]. Suhu karbonisasi berbanding lurus dengan nilai kalor pembakaran. Semakin tinggi suhu karbonisasi, nilai kalor yang dihasilkan akan semakin tinggi pula.

Sehingga pada penelitian ini akan melakukan sebuah penelitian pengembangan dengan mempelajari pengaruh temperatur karbonisasi terhadap karakteristik briket berbasis arang sekam padi dan tempurung kelapa.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini disintesis sebanyak 3 sampel dengan bahan dasar yang digunakan yaitu sekam padi dan tempurung kelapa dengan variasi temperatur karbonisasi sekam padi yaitu temperatur 300°C, 400°C, dan 500°C selama 30 menit dan temperatur tempurung kelapa 500°C selama 2 jam untuk mendapatkan arang yang digunakan sebagai bahan pembuatan briket dengan menggunakan tepung kanji sebagai perekat. Arang sekam padi dan tempurung kelapa digerus dan diayak dengan ukuran 200 *mesh*. Briket dibuat dengan perbandingan arang sekam padi 5 g dan arang tempurung kelapa 15 g (1:3) dengan perbandingan perekat kanji 2,5 g dan air 15 g (1:6). Tekanan pengepresan yang digunakan yaitu 99,91 kPa. Pengeringan briket dilakukan pada suhu 70°C selama 6 jam 50 menit. Selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik yakni kadar air, kadar abu, kadar *volatile matter*, dan nilai kalor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil penelitian yang disajikan adalah nilai dari pengujian masing-masing sampel briket yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar volateli matter, dan nilai kalor. Data dan analisis pada penelitian ini berupa tabel dan diagram.

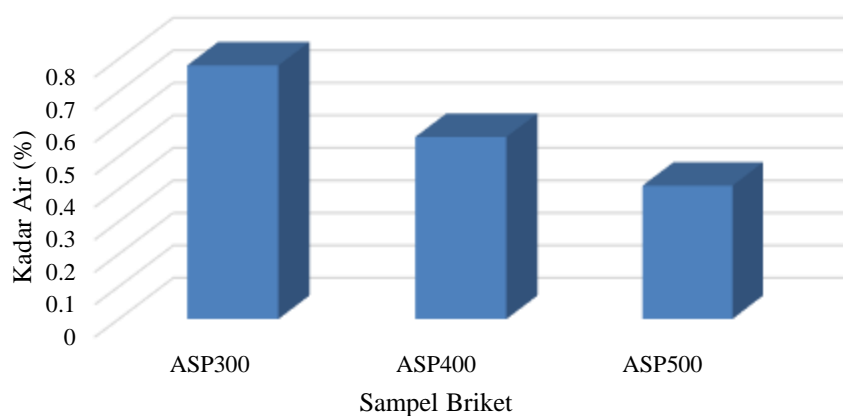
Tabel 1. Data hasil pengujian karakteristik briket arang sekam padi dan arang tempurung kelapa.

Temperatur Karbonisasi (°C)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar <i>Volatile Matter</i> (%)	Nilai Kalor (Kal/g)
ASP 300 °C + ATK	0,78	42,40	26,19	3381,70
ASP 400 °C + ATK	0,56	35,50	24,92	4161,59
ASP 500 °C + ATK	0,41	32,70	24,38	4621,50

3.1 Uji Kadar Air

Kadar air merupakan jumlah air yang terkandung dalam suatu bahan. Kadar air merupakan salah satu sifat yang penting pada suatu bahan bakar dan dipengaruhi oleh jumlah uap air di udara, lama proses pendinginan dan sifat hidroskopis dari suatu arang. Kadar air sangat mempengaruhi nilai kalor atau nilai panas yang dihasilkan. Tingginya kadar air akan menyebabkan penurunan suatu nilai kalor. Hal ini disebabkan karena proses pembakaran yang lambat dan temperatur api yang rendah.

Pada gambar 1. dapat dilihat semakin tinggi temperatur karbonisasi maka kadar air dari briket akan semakin berkurang. Hal ini terjadi karena pada saat karbonisasi kadar air yang ada di dalam bahan akan keluar, semakin tinggi temperatur karbonisasi akan semakin banyak kadar air yang akan menguap dan banyak berkurang. Hal ini membuat arang dengan temperatur karbonisasi yang lebih tinggi akan lebih kering, sehingga kemampuan untuk menyerap air akan semakin rendah, sehingga ketika arang dengan temperatur karbonisasi yang tinggi dicampur dengan perekat maka arang tersebut akan menyerap air dari perekat dengan kemampuan yang lebih rendah.



Gambar 1. Diagram hasil pengujian kadar air briket dengan variasi temperatur karbonisasi sekam padi (A300°C, ASP400°C, ASP500°C).

Hasil penelitian Rahman (2011) menunjukkan bahwa angka kadar air sekam padi yaitu 3,14,8%, sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Qistina et al., (2016) dengan pembuatan briket sekam padi dan tempurung kelapa dan nilai kadar air yang didapat sebesar

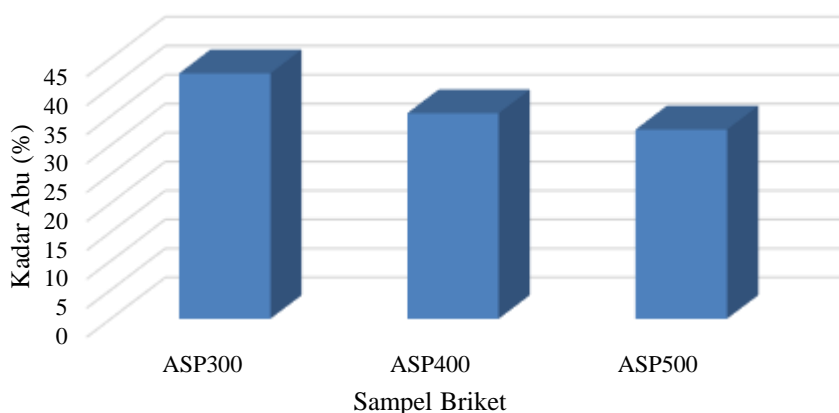
3,65% dan 4,24%. Hasil penelitian yang didapat pada penelitian ini lebih kecil dari hasil yang dilakukan oleh penelitian-penelitian sebelumnya.

Dari gambar 1. dijelaskan bahwa kadar air terendah terdapat pada temperatur karbonisasi sekam padi 500°C dan temperatur karbonisasi tempurung kelapa 500°C dengan campuran arang sekam padi dan tempurung kelapa sebesar 0,41 %, sedangkan kadar air tertinggi terdapat pada temperatur karbonisasi sekam padi 300°C dan temperatur karbonisasi tempurung kelapa 500°C dengan campuran arang sekam padi dan tempurung kelapa sebesar 0,78 %. Nilai kadar air campuran briket arang sekam padi dan tempurung kelapa dengan berbagai variasi temperatur karbonisasi sekam padi bila mengacu pada SNI (≤ 8) maka nilai kadar air yang didapat hampir memenuhi SNI briket. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah uap air di udara, lama proses pendinginan dan sifat hidroskopis dari arang sekam padi tersebut.

3.2 Uji Kadar Abu

Kadar abu merupakan suatu indikator untuk mengetahui banyaknya abu yang dihasilkan setelah selesai pembakaran. Abu merupakan komponen yang tidak diinginkan pada bahan bakar. Abu tidak dapat bereaksi dan terbakar dan akan menumpuk didasar boiler atau terbang bersamaan dengan gas. Abu cenderung bertentangan dengan proses pembakaran karena keberadaannya dapat menyebabkan karat [17].

Kadar abu yang tinggi akan membentuk endapan atau kerak mineral pada saat proses pembakaran, sehingga mengakibatkan tungku kotor, korosi, serta kualitas pembakaran menurun. Kadar abu yang rendah akan menghasilkan bahan bakar yang berkualitas baik. Jika dibandingkan dengan nilai kadar abu SNI 01-6235-2000 yaitu 8%, maka hal ini menunjukkan bahwa briket di sintesis jauh dari standar mutu briket yang ada di Indonesia.



Gambar 2. Diagram hasil pengujian kadar abu briket dengan variasi temperatur karbonisasi sekam padi (ASP300°C, ASP400°C, ASP500°C).

Pada gambar 2. dapat dilihat semakin tinggi temperatur karbonisasi maka akan semakin berkurang kadar abu yang ada pada briket. Kadar abu terendah sebesar 32,70 % dicapai pada temperatur karbonisasi sekam padi 500°C dan temperatur karbonisasi tempurung kelapa 500°C campuran arang sekam padi dan tempurung kelapa dan kadar abu

tertinggi sebesar 42,40 % pada temperatur karbonisasi sekam padi 300°C dan temperatur karbonisasi tempurung kelapa 500°C.

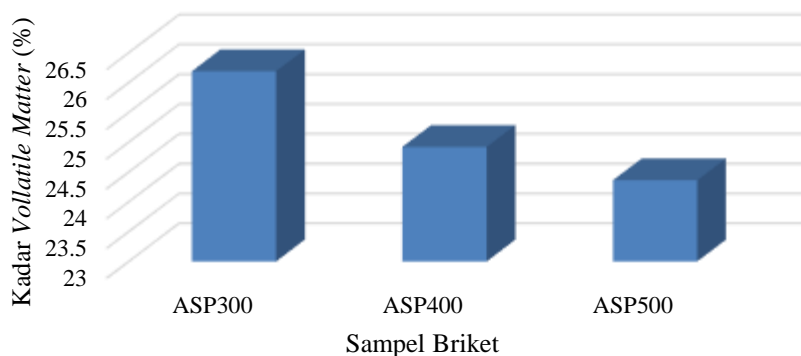
Abu adalah oksida-oksida logam dalam arang yang terdiri dari mineral yang tidak dapat menguap pada proses karbonisasi. Kandungan abu sangat berpengaruh pada kualitas arang yang dihasilkan. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori pada arang sehingga luas permukaan arang menjadi berkurang [18].

Tingginya kadar abu dipengaruhi oleh pengotor yang terkandung dalam bahan baku sehingga kandungan mineral-mineral dalam arang cukup tinggi dan dalam proses pembakarannya banyak meninggalkan abu sebagai sisa pembakaran. Bahan pengotor dapat berupa mineral yang tidak dapat dibakar atau di oksidasi oleh oksigen seperti SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , dan alkali [19]. Tingginya kadar abu dapat pula disebabkan karena adanya pengotor eksternal yang berasal dari lingkungan pada proses pembuatan briket. Pengotor eksternal dihasilkan dari efisiensi panas pada alat pembakaran (*furnace*) yang kurang maksimal.

Hasil penelitian sebelumnya dilakukan oleh Qistina et al., (2016) pada briket sekam padi yang memiliki kadar abu sebesar 31,8%. Hal ini tidak jauh berbeda dengan hasil yang didapatkan pada penelitian ini. Tingginya kadar abu yang dihasilkan dipengaruhi oleh bahan dasar yang digunakan. Pada pembuatan briket ini menggunakan bahan dasar sekam padi yang dapat menghasilkan jumlah abu yang besar saat dibakar dan ditambah dengan bahan yang merupakan organik [20]. Dan juga hal ini disebabkan karena kandungan kadar air yang dihasilkan relatif sangat kecil sehingga menghasilkan abu yang cukup banyak.

3.3 Uji Kadar *Volatile Matter*

Kadar *Volatile Matter* (Zat Mudah Menguap) dapat dijadikan sebagai parameter untuk mengukur banyaknya asap yang dihasilkan pada saat pembakaran. Semakin tinggi jumlah kadar *volatile matter* dari suatu bahan bakar maka jumlah asap yang dihasilkan semakin tinggi. Asap yang dihasilkan dapat berupa karbon dan partikel abu. Kadar *volatile matter* merupakan zat yang dapat menguap sebagai hasil dekomposisi senyawasenyawa yang masih terdapat di dalam arang selain air [21].



Gambar 3. Diagram hasil pengujian kadar *Volatile Matter* briket dengan variasi temperatur karbonisasi sekam padi (ASP300°C, ASP400°C, ASP500°C).

Pada gambar 3. menunjukkan kadar volatile matter yang tertinggi diperoleh pada briket dengan temperatur karbonisasi sekam padi 300°C dan tempurung kelapa 500°C sebesar 26,19 % dan kadar volatile matter terendah diperoleh pada temperatur sekam padi 500°C dan temperatur tempurung kelapa 500°C sebesar 24,38 %. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia untuk briket arang SNI 01-6235-2000 untuk kadar volatile matter maksimal 15%, sedangkan pada hasil ketiga penelitian ini melebihi batas maksimum standar dari mutu briket dan yang mendekati standar mutu briket kadar volatile matter sebesar 24,38% diperoleh pada variasi temperatur karbonisasi sekam padi 500°C dan tempurung kelapa 500°C. Hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan kadar volatile matter untuk sifat fisika dan kimia disebabkan karena adanya kontak arang dengan udara sehingga kadar volatile matter yang diperoleh tinggi.

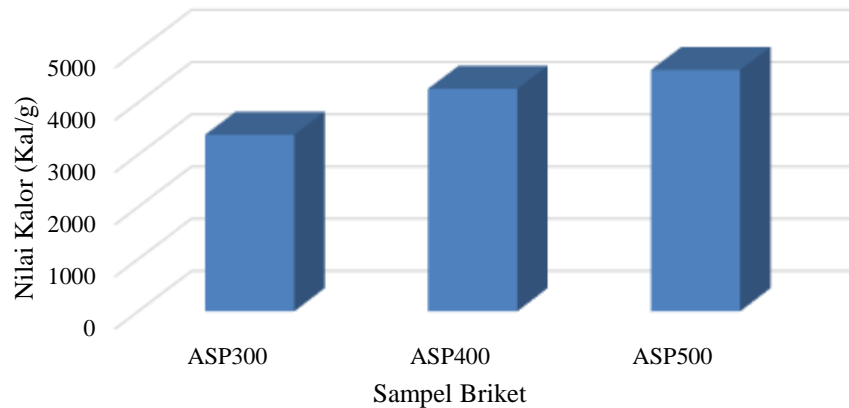
Tinggi rendahnya volatile matter dipengaruhi oleh komponen kimia dari arang seperti adanya zat ekstraktif dari suatu bahan baku arang. Nilai zat volatile matter yang semakin tinggi menandakan bahwa menurunnya kualitas briket yang dihasilkan. Hasil penelitian yang diperoleh Wibowo, Syafi, & Pari, (2010) dimana hal ini disebabkan karena adanya interaksi antara karbon dengan udara sehingga kadar zat volatile matter yang diperoleh semakin meningkat.

3.4 Uji Nilai Kalor

Parameter utama pengukuran kualitas bahan bakar biomassa dihitung dari nilai kalor yang dimilikinya. Nilai kalor biomassa sangat bervariasi dan akan meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan karbon didalamnya. Semakin tinggi nilai kalor bakar briket arang, maka semakin baik pula kualitas briket arang yang dihasilkan.

Pada gambar 4. dapat diketahui bahwa nilai kalor yang diperoleh briket berbahan dasar arang sekam padi dan tempurung kelapa dengan variasi temperatur karbonisasi nilai kalor tertinggi diperoleh pada briket dengan temperatur karbonisasi sekam padi 500°C dan tempurung kelapa 500°C sebesar 4621,50 kal/g dan nilai kalor terendah diperoleh pada

temperatur karbonisasi sekam padi 300°C dan tempurung kelapa 500°C sebesar 3381,70 kal/g.



Gambar 4. Diagram hasil pengujian kadar *Volatile Matter* briket dengan variasi temperatur karbonisasi sekam padi (ASP300°C, ASP400°C, ASP500°C).

Hal ini disebabkan karena semakin tinggi temperatur karbonisasi maka kadar *fixed carbon* dalam arang semakin meningkat sedangkan kadar air akan berkurang sehingga nilai kalor dari briket akan meningkat juga [23]. Nilai kalor briket juga dipengaruhi oleh ukuran partikel bahan, kerapatan dan jenis bahan baku [24].

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa nilai kalor semakin tinggi seiring dengan tingginya suhu pengarangan. Namun pada briket pemberian suhu ini, nilai kalor yang dihasilkan belum memenuhi standar minimal briket arang SNI 01-62352-000 yaitu minimal 5000 kal/g karena menghasilkan kadar abu dan sangat tinggi [25]. Hal ini dikemukakan oleh Yuliza, Nazir, & Djalal, (2013) bahwa tinggi rendahnya nilai kalor dipengaruhi oleh kadar abu briket [26].

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa temperatur karbonisasi berpengaruh terhadap suatu karakteristik briket. Semakin tinggi temperatur karbonisasi maka kadar, kadar abu, dan volatile matter rendah sehingga menghasilkan nilai kalor tertinggi. Hasil pengujian briket pada kadar air, kadar abu, dan *volatile matter* terendah diperoleh pada briket sampel C 500°C dengan variasi temperatur karbonisasi sekam padi 500°C dan temperatur karbonisasi tempurung kelapa 500°C yaitu kadar air sebesar 0,41 %, kadar abu 32,70 %, dan *volatile matter* 24,38 %. Sedangkan nilai kalor yang tertinggi juga di dapat pada sampel C yaitu pada temperatur temperatur karbonisasi sekam padi 500°C dan temperatur karbonisasi tempurung kelapa 500°C sebesar 4621,50 kal/g.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas Negeri Makassar yang telah memberikan fasilitas laboratorium dalam menyelesaikan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Fatmawati and P. H. Adiwibowo, "Pembuatan Biobriket Dari Campuran Enceng Gondok Dan Tempurung Kelapa Dengan Perekat Tetes Tebu," *J. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 02, pp. 315–322, 2014.
- [2] Iriany, Firman Abednego Sarwedi Sibarani, and Meliza, "Pengaruh Perbandingan Tempurung Kelapa Dan Eceng Gondok Serta Variasi Ukuran Partikel Terhadap Karakteristik Briket," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 5, no. 3, pp. 56–61, 2016, doi: 10.32734/jtk.v5i3.1546.
- [3] I. Qistina, D. Sukandar, and T. Trilaksono, "Kajian Kualitas Briket Biomassa dari Sekam Padi dan Tempurung Kelapa," *J. Kim. Val.*, vol. 2, no. 2, pp. 136–142, 2016, doi: 10.15408/jkv.v2i2.4054.
- [4] J. M. Onchieku, B. N. Chikamai, and M. S. Rao, "Optimum Parameters for the Formulation of Charcoal Briquettes Using Bagasse and Clay as Binder," *Eur. J. Sustain. Dev.*, vol. 1, no. 3, p. 477, 2012, doi: 10.14207/ejsd.2012.v1n3p477.
- [5] Riyadi, S. T. Dwiayati, A. Kholil, and A. Ilahi, "Charcoal Briquettes Characteristics of HDPE Mixed with Water Hyacinth, Coconut Shell, and Bagasse," *Int. J. Energy Eng.*, vol. 6, no. 3, pp. 43–48, 2016, doi: 10.5923/j.ijee.20160603.01.
- [6] A. Ismayana and M. R. Afriyanto, "Pengaruh Jenis Dan Kadar Bahan Perekat Pada Pembuatan Briket Blotong Sebagai Bahan Bakar Alternatif," *J. Tek. Ind.*, vol. 21, no. 3, pp. 186–193, 2014.
- [7] H. R. Suryadi, R. Ruslan, N. Afriana, A. Irsyad, A. Haris, and J. Jasruddin, "Pengaruh jenis aktivator terhadap nilai kapasitansi elektroda karbon dari tempurung kelapa," *J. Aceh Phys. Soc.*, vol. 11, no. 2, pp. 52–58, 2022, doi: 10.24815/jacps.v11i2.23789.
- [8] T. H. Mwampamba, M. Owen, and M. Pigaht, "Opportunities, challenges and way forward for the charcoal briquette industry in Sub-Saharan Africa," *Energy Sustain. Dev.*, vol. 17, no. 2, pp. 158–170, Apr. 2013, doi: 10.1016/j.esd.2012.10.006.
- [9] A. Demirbaş, "Physical properties of briquettes from waste paper and wheat straw mixtures," *Energy Convers. Manag.*, vol. 40, no. 4, pp. 437–445, 1999, doi: 10.1016/S0196-8904(98)00111-3.
- [10] R. I. Muazu and J. A. Stegemann, "Biosolids and microalgae as alternative binders for biomass fuel briquetting," *Fuel*, vol. 194, pp. 339–347, Apr. 2017, doi: 10.1016/j.fuel.2017.01.019.
- [11] R. Ruslan *et al.*, "Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Karakteristik Briket Berbasis Sekam Padi dan Tempurung Kelapa," *J. Ilmu Fis. Teor. dan Apl.*, vol. 2, no. September, pp. 59–65, 2020, [Online]. Available: <http://ejournals.umma.ac.id/index.php/jifta/article/view/871>.
- [12] J. T. Oladeji, "Comparative Study of Briquetting of Few Selected Agro-Residues

- Commonly Found in Nigeria .,” *Pacific J. Sci. Technol.*, vol. 13, no. 2, pp. 80–86, 2012.
- [13] S. A. Ndindeng *et al.*, “Quality optimization in briquettes made from rice milling by-products,” *Energy Sustain. Dev.*, vol. 29, pp. 24–31, 2015, doi: 10.1016/j.esd.2015.09.003.
- [14] Widya Gema Bestari, Mutiara Mendopa, and Rosdanelli Hasibuan, “Karakteristik Briket Dari Sekam Padi Dan Ketaman Kayu Berperkat Daun Jambu Mete,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 5, no. 2, pp. 15–20, 2016, doi: 10.32734/jtk.v5i2.1529.
- [15] Compete, *Competence platform on energy crop and agroforestry system for arid and semi-arid ecosystems – Africa*. Germany: Compete, 2009.
- [16] Rahman, “UJI KERAGAAN BIOPELET DARI BIOMASSA LIMBAH SEKAM PADI (*Oryza sativa* sp.) SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF TERBARUKAN,” INSTITUT PERTANIAN BOGOR, 2011. [Online]. Available: <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/53055>.
- [17] W. R. Smith, *Energy from Forest Biomass*, 11th ed. New York; London: 1982 Elsevier Inc. All rights reserved., 1982. doi: 10.5558/tfc53297c1-5.
- [18] Sarjono, “Studi Eksperimental Perbandingan Nilai Kalor Briket Campuran Bioarang Sekam Padi dan Tempurung Kelapa,” *Maj. Ilm. STTR Cepu*, pp. 11–18, 2013.
- [19] Y. Ristianingsih, A. Ulfa, and rachmi syafitri K.S, “Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan,” *Konversi*, vol. 4, no. 2, pp. 16–22, 2015.
- [20] D. Maryono, “Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji Preparation and Quality Analysis of Coconut Shell Charcoal Briquette Observed by Starch Concentration .,” *J. Chem.*, vol. 14, no. 1, pp. 74–83, Jun. 2013.
- [21] D. Hendra, “Rekayasa Pembuatan Mesin Pellet Kayu dan Pengujian Hasilnya,” *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 30, no. 2, pp. 144–154, 2012.
- [22] S. Wibowo, W. Syafi, and G. Pari, “KARAKTERISTIK ARANG AKTIF TEMPURUNG BIJI NYAMPLUNG (*Calophyllum inophyllum* Linn),” *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 28, no. 1, pp. 43–54, 2010, [Online]. Available: <http://ejournal.fordamof.org/ejournal-litbang/index.php/JPHH/article/view/786>.
- [23] S. Siahaan, M. Hutapea, and R. Hasibuan, “Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 2, no. 1, pp. 26–30, 2013.
- [24] M. Y. Thoha and D. E. Fajrin, “Pembuatan Briket Arang dari Daun Jati dengan Sagu Aren Sebagai Pengikat,” *J. Tek. Kim.*, vol. 17, no. 1, pp. 34–43, 2010.
- [25] M. Tirono and A. Sabit, “TERHADAP NILAI KALOR ARANG TEMPURUNG KELAPA (Coconut Shell Charcoal),” *J. Neutrino*, vol. 3, no. 2, pp. 143–152, 2011.
- [26] N. Yuliza, N. Nazir, and M. Djalal, “Pengaruh Komposisi Arang Sekam Padi dan Arang Kulit Biji Jarak Pagar Terhadap Mutu Briket Arang,” *J. Litbang Ind.*, vol. 3, no. 1, p. 21, 2013, doi: 10.24960/jli.v3i1.617.21-30.