

Perbandingan Biomassa Pertanian Sebagai Energi Terbarukan Briket Arang

Rian Christian Sondakh^{1,*}, Hayatudin¹, Ernawati¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Madako, Tolitoli

*Korespondensi penulis: riansondakh@umada.ac.id

(Received: 31-05-2022; Revised: 22-06-2022; Accepted: 24-06-2022)

Abstract. *Briquettes are renewable energy sourced from agricultural waste and used as a household fuel. The availability of farm or plantation waste is a good impetus for developing environmentally friendly briquette fuels. This study aims to determine the characteristics of briquettes from various types of agricultural biomass. The research was carried out at the Laboratory of the Faculty of Agriculture, Madako Tolitoli University, from May to June 2020. This study used a completely randomized design (CRD) with one factor: the type of briquettes consisting of 4 levels of treatment: coconut shell, coconut fiber, rice husk, and corn cobs. Each treatment was repeated three times so that there were 12 research units. The results showed that various types of biomass produced the characteristics of briquettes with better quality, which can be seen from the research parameters of moisture content, burning time, combustion speed, and density. Coconut shell biomass has more noticeable results to the moisture content obtained is 1.76%, burning time is 215.26 minutes, combustion speed is 0.005 gr/second, and density is 0.57 gr/cc.*

Keywords: *biomass, briquettes, fuel, renewable energy, agriculture waste.*

Abstrak. Briket adalah sumber energi terbarukan yang bersumber dari limbah pertanian dan digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga. Ketersediaan limbah pertanian atau perkebunan menjadi dorongan yang baik dalam pengembangan bahan bakar briket ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik briket dari berbagai jenis biomassa pertanian. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Madako Tolitoli, dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan Juni 2020. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yaitu jenis briket yang terdiri dari 4 taraf perlakuan yaitu : tempurung kelapa, sabut kelapa, sekam padi, dan tongkol jagung. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 12 unit penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berbagai jenis biomassa menghasilkan karakteristik briket dengan kualitas lebih baik dapat dilihat dari parameter penelitian kadar air, lama pembakaran, kecepatan pembakaran, dan densitas. Biomassa tempurung kelapa memiliki hasil lebih menonjol dari kadar air yang didapatkan adalah 1.76 %, lama pembakaran 215.26 menit, kecepatan pembakaran 0.005 gr/detik, dan densitas 0.57 gr/cc.

Kata Kunci: biomassa, briket, bahan bakar, energi terbarukan, limbah pertanian.

PENDAHULUAN

Keterbatasan energi merupakan permasalahan yang mendunia termasuk di Indonesia. Indonesia merupakan negara tropis dan tentunya mempunyai potensi sumber energi baru yang melimpah, namun belum dimanfaatkan maksimal. Setiap tahunnya kebutuhan energi semakin meningkat selaras dengan peningkatan jumlah dan kebutuhan manusia. Sumber energi sampai saat ini yang memenuhi kebutuhan manusia adalah berasal dari bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil menjadi masalah utama dengan pencemaran lingkungan yang dibuat dan ketersediannya yang mulai terbatas, maka dari masalah tersebut perlu diupayakan sumber energi lain yang bersifat kontinyu dan dapat diperbaharui seperti energi biomassa [1]. Indonesia dikenal dengan sumber daya alamnya yang luar biasa salah satunya adalah

sumber energi biomassa yang melimpah. Kabupaten Tolitoli sendiri memiliki potensi biomassa yang potensial adalah hasil limbah dari buah kelapa seperti tempurung kelapa, sabut kelapa dan limbah padat pertanian yang lainnya. Pemanfaatan limbah pertanian/perkebunan masih kurang di Kabupaten Tolitoli sehingga perlu suatu informasi bagi masyarakat bagaimana cara untuk mengolahnya menjadi sumber yang bermanfaat [2].

Salah satu upaya dalam rangka penyediaan energi alternatif sekaligus penanggulangan limbah pertanian adalah dengan memanfaatkan biomassa sebagai bahan baku pembuatan briket arang. Briket merupakan bahan bakar padat dengan kandungan nilai kalor yang tinggi dan dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai pengganti minyak tanah dan gas. Dengan adanya briket diharapkan pemakaian minyak tanah dan gas yang digunakan oleh masyarakat dapat dikurangi. Secara luas kita berharap dengan adanya briket dapat mengatasi permasalahan krisis energi dinegeri ini khususnya di Kabupaten Tolitoli. Biomassa yang dapat digunakan dalam pembuatan briket antara lain, tempurung kelapa, sabut kelapa, sekam padi, dan tongkol jagung [3].

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan karakteristik briket memiliki potensi yang baik untuk bersaing dengan bahan bakar yang sudah ada [4]. Namun masih memiliki beberapa kelemahan seperti kadar air, lama pembakaran, kecepatan pembakaran, dan densitas. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik briket dari berbagai jenis biomassa pertanian.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium IPA Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Madako Tolitoli. Penelitian telah dilaksanakan pada bulan April - juni 2020. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kelapa, sabut kelapa, sekam padi, tongkol jagung, tepung tapioka, dan air. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cetakan, timbangan digital, timbangan manual, lesung, drum bekas, label, camera, alat tulis, ayakan, desikator, cawan, aluminium foil, jangka sorong, stopwatch, baskom, tungku briket, korek api, oven, tongkat kayu (pengaduk).

Persiapan Bahan Baku

Bahan baku limbah hasil pertanian/industri berasal dari Desa Lampasio, Kecamatan Lampasio, Kabupaten Tolitoli. Semua bahan baku (Tempurung Kelapa, Sabuk Kelapa, Sekam Padi, dan Tongkol Jagung) diperkecil ukurannya menjadi 3-5 cm sebelum memasuki proses pembakaran (karbonisasi). Selanjutnya bahan baku dikeringkan menggunakan tenaga surya selama 3 hari atau 8 jam/hari. Kemudian bahan baku dianalisis kadar air menggunakan metode oven sehingga didapatkan kadar air dibawah 12%.

Pembakaran (Karbonisasi)

Proses Karbonisasi dilakukan menggunakan drum dan dimasukan masing-masing bahan baku sebesar 20 kg. Setelah hal tersebut, proses karbonisasi dilakukan sampai bahan baku terbakar menjadi arang (*bio-char*). Mekanisme pembakaran biomassa terdiri dari tiga tahap yaitu pengeringan (*drying*), devolatilisasi (*devolatilization*), dan pembakaran arang (*char combustion*) [5]. Sebelum dihaluskan, hasil arang dari pembakaran dihitung menggunakan timbangan untuk melihat rendemen yang dihasilkan untuk setiap perlakuan. Selanjutnya arang digiling dan disaring sehingga didapatkan *bio-char* yang halus.

Pembuatan adonan arang

Adonan arang atau proses pencampuran arang dengan tepung tapioka menggunakan alat sederhana. Tepung tapioka yang digunakan sebanyak 500 gram dengan arang sebanyak 1 kg, prosesnya sama untuk masing-masing perlakuan. Proses pencetakan menggunakan alat pengempa hidrolik manual yang berbentuk segi-empat sehingga adonan yang dihasilkan berbentuk kotak.

Proses pengeringan

Proses pengeringan dilakukan selama 8jam/hari selama 3 hari. Proses pengeringan menggunakan tenaga surya matahari dan selanjutnya briket siap untuk dianalisis. Kandungan air berhubungan dengan penyalaan awal bahan bakar, makin tinggi air makin sulit penyalaan bahan bakar tersebut, karena diperlukan energi untuk menguapkan air dari bahan bakar, Karena itu untuk menguapkan air dari briket maka perlu dilakukan teknik pengeringan 2-3 jam dalam sehari, sehingga selain mengurangi kadar air juga mengurangi retakan-retakan pada briket. Hal ini akanberpengaruh besar pada kualitas briket itu sendiri [6].

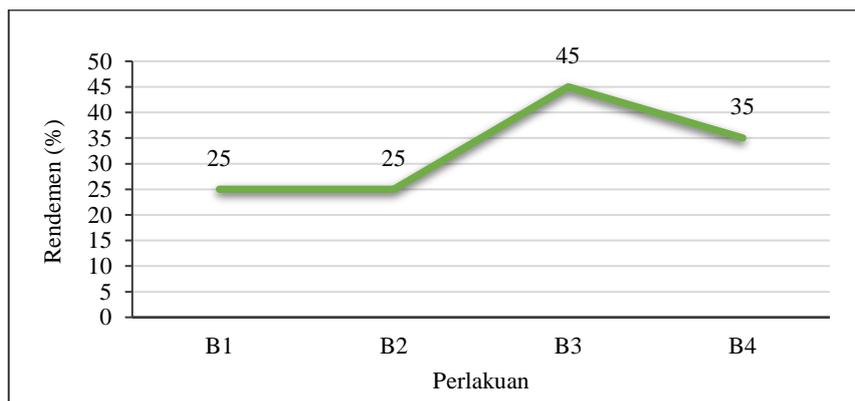
Analisis data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap 1 Faktor yaitu jenis biomassa dan terdiri dari 4 taraf perlakuan. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 12 perlakuan pengujian. Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan jika terdapat perbedaan antara perlakuan dilanjutkan dengan Uji Lanjut *Duncan Multiple Range Test* pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen karbonisasi merupakan penyusutan material dari hasil karbonisasi pada temperatur tertentu dengan material sebelumnya. Hasil rendemen menunjukkan untuk bahan biomassa tempurung kelapa (B1) sebesar 25%, sabut kelapa (B2) 25%, sekam padi (B3) 45%, dan tongkol jagung (B4) 35%. Kesimpulan didapatkan bahwa hasil rendemen setiap bahan memiliki rendemen yang cukup kecil dibawah 50%. Hal ini dikarenakan tidak gunakannya alat pengontrol suhu seperti termokopel dalam penelitian ini sehingga didapatkan rendemen yang cukup kecil. Hal tersebut didukung oleh [7], bahwa semakin tinggi temperatur karbonisasi akan presentasi rendemen akan semakin berkurang.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat penyebab lainnya yaitu ukuran bahan biomassa yang digunakan untuk proses karbonisasi disebabkan karena serbuk tempurung kelapa lebih halus sehingga pori- porinya lebih rapat. Ukuran partikel biomassa yang semakin kecil maka nilai kalor dan lama pembakaran semakin rendah. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar 1.



GAMBAR 1. Hasil rendemen dari jenis biomassa biomassa

Pengaruh Jenis Biomassa Terhadap karakteristik briket

Prinsip pengujian nilai kadar air adalah besarnya air yang terkandung dalam suatu bahan atau produk yang akan menguap seluruhnya apabila bahan tersebut dipanaskan pada suhu 100-110°C [8].

Penambahan perekat pada suatu briket juga dapat mempengaruhi kadar air yang dikandungnya. Keberadaan kanji sebagai perekat misalnya akan menambah. kandungan air dari arang karena kanji dan arang sama-sama tidak tahan terhadap kelembaban sehingga

mudah menyerap air dari udara. Selengkapnya hasil karakteristik briket dapat dilihat di tabel 1.

TABEL 1. Pengaruh jenis biomassa terhadap karakteristik briket

| Perlakuan | Kadar Air (%) | Lama Pembakaran (menit) | Kecepatan Pembakaran (g/detik) | Densitas (gr/cc) |
|-----------|-------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------|
| B1 | 1.76 ^a | 215.26 ^d | 0.005 ^a | 0.57 ^d |
| B2 | 1.8 ^b | 110.41 ^b | 0.009 ^c | 0.55 ^c |
| B3 | 1.83 ^c | 92.68 ^a | 0.011 ^d | 0.54 ^b |
| B4 | 1.81 ^c | 163.82 ^c | 0.006 ^b | 0.50 ^a |

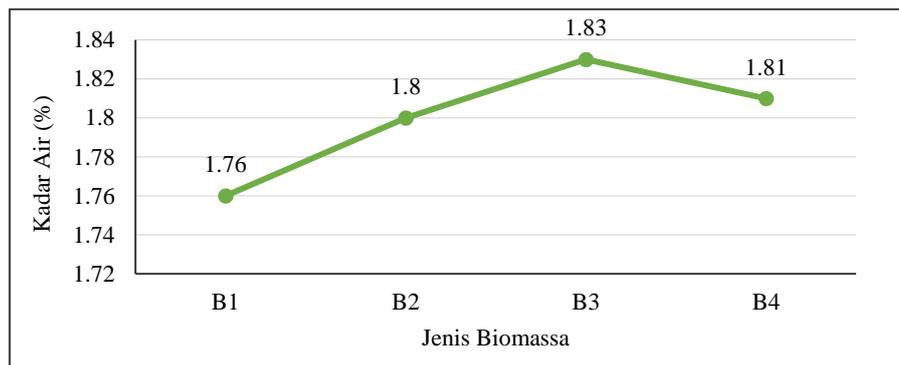
Keterangan : Angka-angka yang ditandai oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf uji lanjut duncan 5%.

Pada tabel 1, kadar air briket bioarang semakin meningkat dengan semakin besarnya penambahan persentase perekat, hal ini diduga karena semakin tingginya persentase perekat pati akan berpengaruh dalam mengikat air [9]. Hasil penelitian tersebut didapatkan kadar air terkecil didapatkan oleh tempurung kelapa (B1) sebesar 1.76%. Pengerinan kadar air setelah pengcetakan adalah proses yang sangat penting untuk mendapatkan nilai kalor, lama pembakaran, dan kecepatan pembakaran. Hasil yang didapatkan untuk lama pembakaran dan kecepatan pembakaran adalah tempurung kelapa (B1) 215.26 menit dan 0.005 g/detik. Semakin kecil kadar air briket maka lama pembakaran dan kecepatan pembakaran akan semakin optimal. Faktor lain yang mempengaruhi lama pembakaran dan kecepatan pembakaran adalah struktur briket, densitas, dan tingkat kekerasan briket. Kesimpulan dari densitas briket bahwa setiap perlakuan memiliki densitas yang hampir sama sebesar 0.50 – 0.57 gr/cc. Densitas yang diperoleh salah satunya dari proses pengempaan dimana briket dibentuk seperti kotak dengan alat berisi tekanan.

Pengaruh Jenis Biomassa Terhadap Kadar Air Briket

Kadar air akan sangat berpengaruh terhadap pembakaran briket tersebut. Secara sederhana, semakin tinggi kadar air briket maka semakin kecil ketahanan briket dalam pembakaran. Berdasarkan [10] bahwa hubungan antara kandungan moisture dengan kandungan bahan perekat terlihat bahwa makin tinggi campuran bahan perekat menyebabkan menurunnya kandungan moisture.

Analisis ragam taraf kesalahan 5% menunjukkan perlakuan jenis biomassa berpengaruh nyata terhadap kadar air briket. Rerata hasil kadar air, bisa dilihat pada gambar 2.



GAMBAR 2. Pengaruh jenis biomassa terhadap kadar air briket

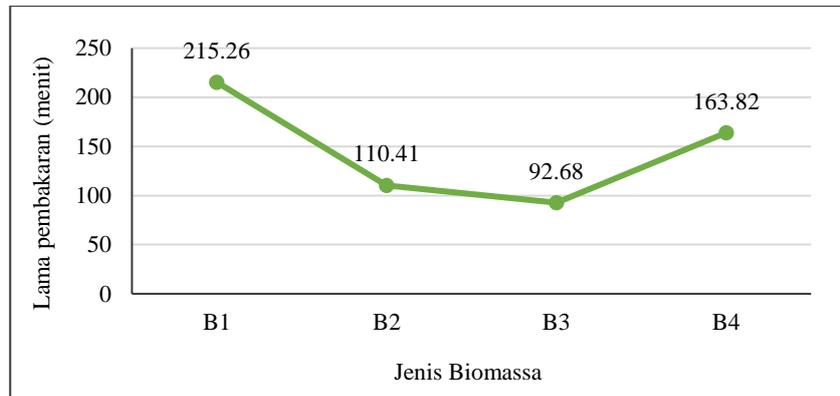
Hasil uji lanjut duncan menunjukkan bahwa perlakuan jenis biomassa tempurung kelapa (B1) dan sabut kelapa (B2) berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, akan tetapi untuk perlakuan sekam padi dan tongkol jagung tidak berbeda nyata antara keduanya.

Tempurung kelapa (B1) mendapatkan kadar air terkecil dibandingkan jenis biomassa lainnya (Gambar 2). Hal ini diduga hasil kadar air berpengaruh dari proses penyetakan dan pengeringan. Proses pengeringan dilakukan selama 8 jam/hari sehingga kadar air briket yang didapatkan sudah sesuai SNI berlaku. Faktor yang menyebabkan perbedaan besar

pada kadar air briket adalah tidak tercampur secara merata tepung kanci, air dan bahan biomassa pada adonan briket sehingga terjadi penyerapan air yang berbeda untuk setiap briket [11].

Pengaruh Jenis Biomassa Terhadap Lama Pembakaran

Lama pembakaran adalah proses terjadinya briket yang dibakar menjadi abu. Lama pembakaran akan sangat berpengaruh terhadap jumlah kadar air briket. Analisis ragam 5% menunjukkan semua sampel berpengaruh nyata terhadap lama pembakaran. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar 3.

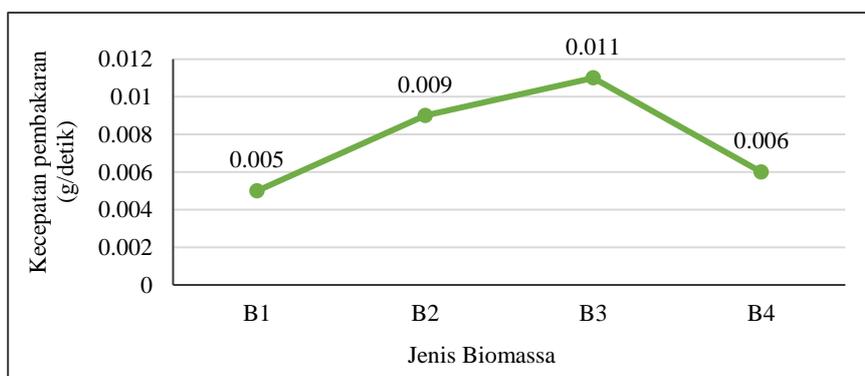


GAMBAR 3. Pengaruh jenis biomassa terhadap lama pembakaran briket.

Hasil pengujian duncan didapatkan setiap perlakuan berbeda nyata satu sama lain. Hal ini disebabkan setiap briket dari semua jenis biomassa memiliki kadar air sangat kecil. Tempurung kelapa (B1) memiliki waktu paling lama yaitu 215.26 menit sampai menjadi abu. Terkecil dari perlakuan tersebut adalah sekam padi (B3) sebesar 92.68 menit. Hal diduga briket sekam padi (B3) saat proses karbonisasi menggunakan waktu yang cukup lama sehingga waktu nyala briket akan cepat karena terdapat rongga didalam briket tersebut. Hal ini didukung oleh [12] bahwa tekanan pembriketan, semakin tinggi tekanan pembriketan maka semakin rapat briket tersebut sehingga pembakaran semakin lama. Nilai kalor pada penelitian ini tidak dianalisis dikarenakan terbatasnya alat ukur yaitu *bomb calorimeter*. Akan tetapi, Lama pembakaran berpengaruh terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai kalor briket maka semakin baik pula nilai lama pembakaran pada briket. Nilai kalor memiliki peranan terhadap laju kenaikan nilai entalpi [13].

Pengaruh Jenis Biomassa Terhadap Kecepatan Pembakaran Briket

Kecapatan pembakaran atau penyalaan awal adalah waktu yang diperlukan briket terbakar paling mudah dan cepat terbakar. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis biomassa berpengaruh nyata terhadap kecepatan pembakaran briket.

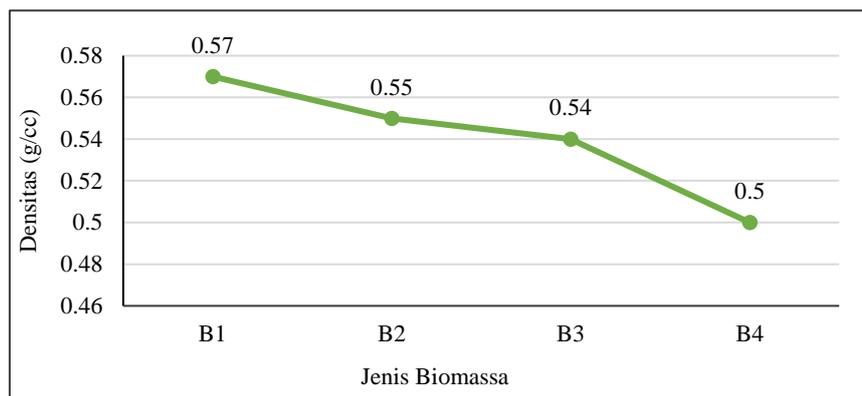


GAMBAR 4. Pengaruh jenis biomassa terhadap kecepatan pembakaran briket.

Hasil uji duncan berdasarkan gambar 4, nilai rata-rata kecepatan pembakaran tercepat terdapat pada briket tempurung kelapa (B_1) yaitu 0.005 gr/detik. Rata-rata hasil kecepatan pembakaran untuk semua jenis biomassa memiliki waktu yang cepat terbakar sempurna. Hal ini berkaitan dengan hasil lama pembakaran dan densitas yang sesuai standar. Lamanya waktu pembakaran briket akan mempengaruhi kecepatan pembakaran yang dihasilkan, dimana semakin lama proses pembakaran briket maka nilai kecepatan pembakaran yang dihasilkan akan semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh perpindahan panas secara konduksi yang cepat sehingga menghasilkan waktu nyala briket semakin lama dan suhu pembakaran semakin menurun [14]. Hal tersebut dipengaruhi juga oleh kandungan *volatile matter* biobriket. Semakin banyak kandungan *volatile matter* maka semakin mudah untuk terbakar dan menyala [15]. Hal ini pula didukung oleh pernyataan Ini terjadi karena adanya zat-zat menguap yang dikandung oleh perekat, seperti CO , CO_2 , H_2 dan CH .

Pengaruh Jenis Biomassa Terhadap Densitas Briket

Densitas adalah salah satu analisis fisik yang sangat berpengaruh terhadap kualitas suatu sample cair ataupun padat. Densitas yang biasanya dikenal dengan massa jenis adalah parameter dalam menentukan kerapatan suatu sample. Kualitas densitas suatu briket akan menentukan berapa banyak rongga atau pori-pori dalam briket, semakin besar rongga tersebut maka daya tahan terbakar briket akan semakin cepat dan menjadi abu. Menurut penelitian [16] kemampuan terapan briket sebagai bahan bakar dipengaruhi oleh sifat-sifatnya seperti komposisi, pori, kerapatan dan ukuran partikel. Analisis ragam taraf kesalahan 5 % menunjukkan semua perlakuan berpengaruh nyata terhadap densitas briket. Dapat dilihat pada gambar 5.



GAMBAR 5. Pengaruh jenis biomassa terhadap densitas briket.

Berdasarkan gambar 5, menunjukkan bahwa nilai rata-rata densitas tertinggi terdapat pada briket tempurung kelapa (B_1) yaitu 0.57 gr/cc. Kenaikan nilai densitas berpengaruh nyata terhadap briket yang dihasilkan. Hasil yang didapatkan bahwa densitas jenis biomassa sangat mempengaruhi besarnya nilai kerapatan (densitas) briket yang dihasilkan. Berat jenis biomassa berbeda-beda, hasil penelitian sebelumnya menunjukkan tempurung kelapa memiliki berat jenis lebih tinggi dari berat jenis biomassa lain pada umumnya dan kekuatan tekan dengan tempurung kelapa menunjukkan daya tahan atau kekompakan yang lebih baik dari jenis biomassa lainnya [17]. Berdasarkan Hal tersebut terjadi karena semakin besar ukuran partikel yang diberikan maka semakin besar nilai kerapatan yang dihasilkan, sebaliknya jika semakin kecil ukuran partikel yang diberikan maka semakin kecil nilai kerapatan yang dihasilkan [18]. Dengan adanya bahan perekat, maka susunan partikel akan semakin baik, teratur dan lebih padat sehingga dalam proses pengempaan keteguhan tekan dan biobriket semakin baik [19]. Hal tersebut berbanding terbalik dengan penelitian [20] bahwa semakin besar pemakaian bahan perekat, maka tingkat homogenitas semakin kecil dan nilai densitas semakin rendah.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tempurung kelapa, sabut kelapa, sekam padi dan tongkol jagung memiliki karakteristik briket yang baik dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan briket dimana dapat menjadi pengganti bahan bakar fosil. Penelitian ini menemukan bahwa briket tempurung kelapa lebih menjanjikan daripada biomassa lainnya dapat dilihat dari karakteristik briket berturut-turut: kadar air 1.76%, lama pembakaran 215.26 menit, kecepatan pembakaran 0.05 g/detik, dan densitas 0.57 g/cc.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. C. Sondakh, E. Hambali, and N. S. Indrasti, "Improving characteristic of bio-oil by esterification method," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 230, no. 1, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/230/1/012071.
- [2] R. C. Sondakh *et al.*, "Pelatihan Kecap Dari Air Kelapa Sebagai Produk Unggulan Desa Di Desa Sese, Kabupaten Tolitoli," *Logista J. Ilm. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 5, no. 2, pp. 21–30, 2021.
- [3] F. Ahmad, R. C. Sondakh, and E. Budiarto, "Aplikasi Microorganism Lokal Akar Bambu Terhadap Kualitas Tanaman Jagung Tongkol," vol. 1, no. 3, pp. 66–70, 2021.
- [4] H. Pinatik and D. Tooy, "Quality Analysis of Activated Coconut Shell Charcoal Briquette Dust in Water Purification at Various Water Sources," in *International Institute of Engineers*, 2014, p. 10. doi: 10.15242/ie.e0614055.
- [5] U. B. Surono, "Peningkatan Kualitas Pembakaran Biomassa Limbah Tongkol Jagung sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Pembriketan," vol. 4, no. 1, pp. 13–18, 2010.
- [6] O. Rumape, E. Mohamad, and R. A. Mohi, "Optimasi Briket Bungkil Jarak Pagar (*Jatropha Curcas*) Melalui Variasi Tepung Tapioka," *Jambura J. Chem.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2019, doi: 10.34312/jambchem.v1i1.2103.
- [7] E. Nurisman, J. Lubis, and A. Wahyudi, "Studi Eksperimental Pengaruh Temperatur Karbonisasi Terhadap Proksimat Dan Nilai Kalori Di Pabrik Briket Pt Bukit Asam (Persero) Tbk," *Semin. Nas. AVoER IX*, no. November, 2017.
- [8] S. Putro and S. Hartati, "Setting Parameter Yang Optimal Pada Proses Pembriketan Limbah Biomassa Guna Mendapatkan Kadar Air Briket Minimal Dalam Menciptakan Energi Alternatif Yang Ekonomis," *Simp. Nas. RAPI XIII - 2014 FT UMS*, pp. 70–76, 2014.
- [9] A. Mulyadi, I. Dewi, and P. Deoranto, "Utilization of Nypa (*Nypa fruticans*) Bark for Making Biocharcoal Briquette as Alternative of Energy Sources," *J. Teknol. Pertan.*, vol. 14, no. 1, pp. 65–72, 2013, [Online]. Available: <http://www.jtp.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/393>
- [10] D. Patabang, "Karakteristik Termal Briket Arang Sekam Padi Dengan Variasi Bahan Perikat," *Mekanikal*, vol. 3, no. 2, pp. 286–292, 2012.
- [11] M. A. Almu and Y. A. Padang, "Analisa Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Dan Abu Sekam Padi," vol. 4, no. 2, pp. 117–122, 2014.
- [12] S. Siahaan, M. Hutapea, and R. Hasibuan, "Penentuan Kondisi Optimum Suhu Dan Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Arang Dari Sekam Padi," vol. 2, no. 1, pp. 26–30, 2013.
- [13] Masthura, "Analisis Fisis dan Laju Pembakaran Briket Bioarang Dari Bahan Pelepeh Pisang," *ElkawnieJournal Islam. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 58–66, 2019, doi: 10.22373/ekw.v5i1.3621.
- [14] S. Suryaningsih and Z. A. Nurusyifa, "Pengaruh Tekanan Pembriketan Terhadap Karakteristik Mekanik Dan Karakteristik Pembakaran Pada Briket Campuran Sekam

- Padi Dan Bonggol Jagung,” *J. Ilmu dan Inov. Fis.*, vol. 4, no. 1, pp. 23–28, 2020, doi: 10.24198/jiif.v4i1.26140.
- [15] A. Sulistyanto, “Karakteristik pembakaran biobriket campuran batubara dan sabut kelapa,” vol. 7, no. 2, pp. 77–84, 2006.
- [16] E. Budi, “Pemanfaatan Briket Arang Tempurung Kelapa Sebagai Sumber Energi Alternatif,” *Sarwahita*, vol. 14, no. 01, pp. 81–84, 2017, doi: 10.21009/sarwahita.141.10.
- [17] D. Hendra and S. Darmawan, “Pembuatan briket arang dari serbuk gergaji kayu pinus dengan penambahan tempurung kelapa,” *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, vol. 18, no. 1. pp. 1–9, 2000.
- [18] R. P. Dewi, T. J. Saputra, and S. Widodo, “Karakterisasi briket campuran limbah serbuk gergaji kayu dan limbah tempurung kelapa sebagai sumber energi alternatif,” *Senafter*, vol. 2, no. 1, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/senaster/article/view/3817>
- [19] H. Anizar, E. Sribudiani, and S. Somadona, “Pengaruh Bahan Perekat Tapioka Dan Sagu Terhadap Kualitas Briket Arang Kulit Buah Nipah,” *Perennial*, vol. 16, no. 1, pp. 11–17, 2020, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.24259/perennial.v16i1.9159>
- [20] M. N. Usman, “Mutu Briket Arang Kulit Buah Kakao Dengan Menggunakan Kanji Sebagai Perekat,” *J. Perenn.*, vol. 3, no. 2, pp. 55–58, 2007.