

KAJIAN VARIASI KOMPOSISI PEREKAT TERHADAP KARAKTERISASI BIOBRIKET KAYU KARET

Study Variations of Adhesive Composition on Characterization of Rubber Wood Biobricks

Ari Santosa PAMUNGKAS¹, Sherly HANIFARIANTY^{1*}, dan Dina Eka PRANATA²

¹Unit Riset Bogor Getas, Pusat Penelitian Karet. Jl. Salak No. 1, Bogor, Jawa Barat

²Pusat Penelitian Karet. Jl. Raya Palembang-Pk Balai KM 29, Palembang, Sumatra Selatan

*Email: sherlyhanifarianty@yahoo.co.id

Diterima : 9 September 2022 / Disetujui : 29 November 2022

Abstract

Indonesia is an agricultural country which is potential for bioenergy based on organic waste and biomass plants is very promising to support national energy security. One of biomass plants that can be used as biobriquettes is rubber plantation. This study aims to determine the characterization of rubber wood biobriquettes from several variations of the adhesive composition. Materials used to make biobriquettes in this study were rubber wood charcoal, clay, and tapioca flour. This research aim to make 4 variations of composition biobriquette P1 (70:20:10), P2 (80:10:10), P3 (90:5:5), and P4 (100:0:0) to test moisture content, ash content, volatile matter content, and carbon content. For results obtained were 4.37% of moisture content, 6.55% of ash content, 9.58 of volatile matter content, and 83.87% of carbon content. This indicates that the P3 biobriquette formulation has fulfilled the quality requirements of biobriquettes according to SNI No. 01-6235-2000, but further research is needed to determine the combustion rate and calorific value of each treatment in order to explain in detail for combustion.

Keywords: ash content; carbon content; moisture content; volatile matter

Abstrak

Indonesia merupakan negara agraris sehingga potensi bioenergi berbasis limbah organik maupun biomassa tanaman sangat menjanjikan untuk menyokong ketahanan energi nasional. Salah satu biomassa tanaman yang dapat dimanfaatkan menjadi biobriquet adalah tanaman karet. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakterisasi biobriquet kayu karet dari beberapa variasi komposisi biobriquet. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang kayu karet, tanah liat, dan tepung tapioka. Penelitian ini membuat empat variasi komposisi biobriquet P1 (70:20:10), P2 (80:10:10), P3 (90:5:5), dan P4 (100:0:0) untuk dilakukan pengujian kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, dan kadar karbon terikat. Hasil pengujian yang didapat adalah kadar air 4,37%, kadar abu 6,55%, kadar zat menguap 9,58, dan kadar karbon terikat adalah 83,87%. Dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa formulasi biobriquet P3 sudah memenuhi syarat mutu biobriquet berdasarkan SNI No. 01-6235-2000, akan tetapi perlu penelitian lanjutan untuk mengetahui laju pembakaran dan nilai kalor pada masing masing perlakuan agar dapat menjelaskan secara detail pembakarannya.

Kata kunci: kadar air; kandungan abu; kandungan karbon; zat menguap

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki energi berlimpah dari berbagai sumber. Saat ini, penggunaan energi di Indonesia masih berasal dari minyak, gas bumi, serta batubara yang merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui. Ketergantungan terhadap energi menjadi masalah utama dalam penyediaan energi nasional. Minyak bumi, batubara, dan gas alam merupakan energi primer dengan total sebanyak 90,7% pada tahun 2019 (Hammam, 2021). Kebutuhan penggunaan energi fosil terus meningkat

setiap tahunnya, sementara keberadaan energi fosil semakin menurun dan tidak dapat diperbaharui. Berdasarkan data pada tahun 2018 menunjukkan bahwa sejak tahun 2009 produksi minyak bumi menurun dari 346 juta barel menjadi 283 juta barel (Dewan Energi Nasional, 2019). Selain itu, kebutuhan energi yang tinggi terhadap penyediaan energi nasional menyebabkan pengurusan devisa negara terhadap impor energi. Sehingga diperlukan suatu diversifikasi energi untuk menjamin ketersediaan energi nasional, maka penggunaan energi baru dan terbarukan harus ditingkatkan (Ploetz et al., 2016).

Tabel 1. Target kebijakan energi nasional
Table 1. National energy policy target

Target kebijakan energi nasional <i>National energy policy target</i>	2025	2050
Bauran EBT	23%	31%
Pembangkit listrik	>115 GW	>430 GW
Penyediaan Energi	>400 MTOE	>1000 MTOE
Listrik/Kapita/Tahun	2500 Kwh	7000 Kwh
Elastisitas Energi		<1
Rasio elektrifikasi		~100%

Sumber (*Source*) : (Hammam, 2021)

Kebijakan Energi Nasional (KEN) diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 79 tahun 2014, yaitu mengenai biomassa, angin, air matahari merupakan energi baru dan terbarukan (EBT). Penggunaan minyak bumi, gas, dan batubara diminimalkan. Berdasarkan kebijakan energi nasional yang

disajikan pada Tabel 1, penggunaan energi baru dan terbarukan akan terus ditingkatkan. Pada tahun 2025 target bauran EBT sebesar 23% dan meningkat menjadi 31% pada tahun 2050. Penjabaran bauran EBT pada tahun 2025 dan 2050 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Target bauran energi baru dan terbarukan (EBT) di tahun 2025 dan 2050
Table 2. Target of renewable energy in 2025 and 2050

Energi baru dan terbarukan <i>Renewable energy</i>	Penyediaan energi <i>Provision energy</i>		Satuan <i>Unit</i>
	2025	2050	
PLTP	7.239,0	17.546,0	MW
PLTA	20.960,0	45.379,0	MW
PLTBio	5.532,0	26.123,0	MW
PLTS	6.379,0	45.000,0	MW
PLTB	1.807,0	28.607,0	MW
Lainnya	3.128,0	6.383,0	MW
Biofuel	13,9	52,3	Juta Kilo
Biomassa	8,4	22,7	Juta Ton
Biogas	489,8	1.958,0	Juta M ³
CBM	46,6	576,0	MMSFCD

Sumber (*source*): (Hammam, 2021)

Pada pembangkit listrik, target bauran EBT terbesar terdapat pada pembangkit listrik tenaga air (PLTA) sebesar 20.960 MW tahun 2025 sedangkan pada tahun 2050 meningkat menjadi 17.546 MW. Sedangkan untuk bioenergi, target bauran EBT terbesar terdapat pada biogas sebesar 489,8 juta M³ dan meningkat menjadi 1.958 juta M³. Sedangkan target bauran energi EBT pada biomassa masih sangat kecil yaitu sebesar 8,4 juta ton pada tahun 2025 dan naik menjadi 22,7 juta ton tahun 2050. Padahal Indonesia merupakan negara agraris sehingga potensi bioenergi berbasis limbah organik maupun tanaman biomassa sangat menjanjikan untuk menyokong ketahanan energi nasional (Wahyani, 2022). Salah satu tanaman biomassa yang dapat dimanfaatkan menjadi bioenergi adalah tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) (Admojo dan Setyawan, 2018).

Provinsi Sumatra Selatan memiliki area tanaman karet dengan luasan sekitar 1 juta hektar, diantaranya sekitar 900.000 ha milik masyarakat dan 100.000 ha lainnya

merupakan milik perkebunan swasta dan negara (Patria et al., 2015). Siklus hidup tanaman karet yaitu selama 30 tahun yang terbagi dalam 5 tahun masa tanaman belum menghasilkan dan 25 tahun masa tanaman menghasilkan, maka setiap tahun akan ada 3,23% tanaman karet yang akan dibongkar biomasanya (Baai Penelitian Getas, 2022). Limbah dari kayu karet sangat berpotensi untuk diolah menjadi biobriket sebagai bahan bakar alternatif (Vachlepi dan Suwardin, 2013). Menurut Suwardin et al., (2007), komposisi biobriket terbaik terdiri atas campuran 10% tepung kanji, 20% tanah liat, dan 70% arang. Arang yang dicampur dengan perekat disebut juga biobriket. Selanjutnya Suryani et al., (2019) melaporkan kualitas dari biobriket tidak kalah dengan bahan bakar seperti batubara. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi perekat terhadap karakteristik dan mutu biobriket yang dihasilkan. Syarat mutu biobriket standar SNI dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel3. Syarat mutu biobriket
Table 3. Biobriquette quality requirements

Parameter <i>Parameter</i>	Satuan <i>Unit</i>	Kisaran <i>Range</i>
Kadar air	%	Maks 8
Kadar abu	%	Maks 8
Zat menguap <i>Fixed carbon</i>	%	Maks 8 Min 77

Sumber (source): Standar SNI Biobriket (01-6235-2000)

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2020 sampai dengan Februari 2021 di Laboratorium Teknologi Pusat Penelitian Karet Sembawa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dan analisis laboratorium. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah seperangkat alat pirolisis, ayakan 18 mesh, desikator, timbangan analitik, dan seperangkat alat press cetakan biobriket. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kayu karet yang diambil dari kebun karet milik Pusat Penelitian Karet Sembawa, serta tanah liat untuk campuran arang dan tepung tapioka sebagai bahan perekat biobriket. Berikut ini adalah metode

pembuatan biobriket yang dilakukan pada penelitian ini (Fahmi et al., 2021):

- Proses pengarangan
Pada proses pengarangan, kayu karet dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis, kemudian dipanaskan secara tertutup hingga kayu karet terkarbonisasi menjadi arang sempurna
- Proses pengayakan
Arang yang dihasilkan dari proses pirolisis diperkecil ukurannya dengan menggunakan blender. Selanjutnya arang diayak untuk dikecilkan ukuran partikelnya hingga 18 mesh.
- Proses pencampuran bahan
Pada proses ini, semua bahan dicampurkan dengan variasi komposisi dengan perbandingan arang:tanah

liat:tapioka sebagai berikut:

P1 = 70:20:10

P2 = 80:10:10

P3 = 90:5:5

P4 = 100:0:0 (Kontrol, tanpa perlakuan)

Setelah itu, tepung tapioka dilarutkan dengan perbandingan 1:10 melalui pemanasan di atas kompor, hingga tekstur mengental. Selanjutnya semua bahan dicampur dan diaduk hingga menjadi homogen.

- Proses pencetakan biobriket

Bahan campuran biobriket yang sudah menjadi homogen dicetak menggunakan alat cetak biobriket hidrolik dengan ukuran diameter 3 cm dan tinggi 3 cm (Gambar 1). Setiap kali proses cetak menghasilkan enam buah biobriket. Spesifikasi alat cetak biobriket adaah tipe Np 10 106.



Gambar 1. Alat cetak biobriket hidrolik
Figure 1. Hydraulic biobriquette machine

- Proses pengeringan

Hasil cetakan biobriket selanjutnya dijemur di bawah sinar matahari sampai kering (Gambar 2).

Selanjutnya biobriket yang dihasilkan dilakukan uji karakterisasi untuk mengetahui kualitas biobriket kayu karet. Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

a. Kadar air

Pengujian kadar air dilakukan sesuai dengan SNI 06-3730-1995 dengan rumus persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{w_1}{w_2} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

W1 = kehilangan bobot biobriket (g)

W2 = bobot biobriket (g)

b. Kadar abu

Pengujian kadar abu dilakukan sesuai dengan SNI 06-3730-1995 dengan rumus persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{w_1}{w_2} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

W1 = sisa pijar (g)

W2 = bobot sampel (g)

c. Kadar zat menguap

Pengujian kadar zat menguap dilakukan sesuai dengan SNI 063730-1995 dengan rumus persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar zat menguap (\%)} = \frac{w_1}{w_2} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

W1 = bobot sampel semula (g)

W2 = bobot sampel setelah dipanaskan 950°C (g)

d. Kadar karbon terikat

Pengujian kadar karbon terikat dilakukan sesuai SNI 06-3730-1995 dengan rumus persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar karbon terikat} = 100 - (V + A) \% \quad (4)$$

Keterangan:

V = kadar zat menguap

A = kadar abu

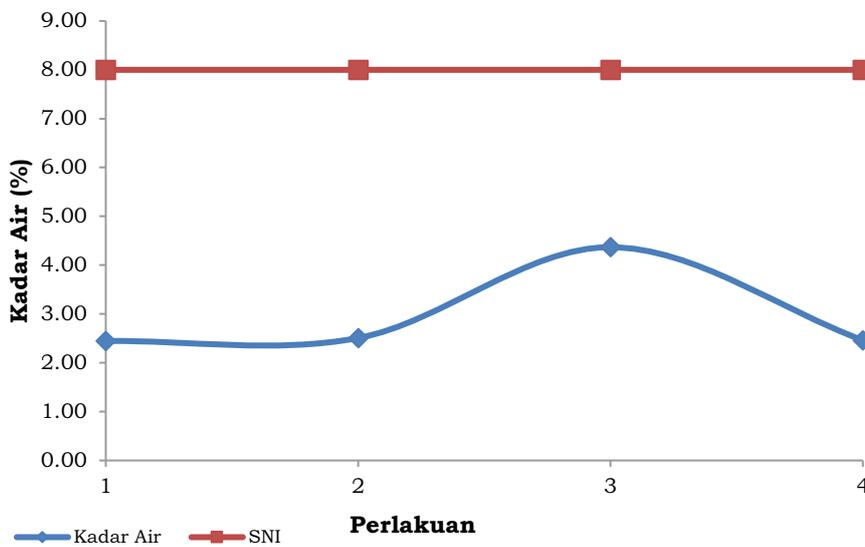


Gambar 2. Biobriket kayu karet (P1, P2, P3, dan P4)
 Figure 2. Rubber wood biobriquette (P1, P2, P3, and P4)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian kandungan kadar air pada biobriket kayu karet, biobriket yang dibuat pada percobaan P1, P2, P3, dan P4 sudah memenuhi standar SNI dengan kandungan kadar air biobriket kurang dari delapan (Gambar 3). Semakin besar kandungan kadar air biobriket maka nilai kalor dan daya pembakaran akan semakin rendah (Amin et al., 2017). Pada penelitian ini, biobriket dengan perlakuan P3 (90:5:5) memiliki kadar air yang lebih

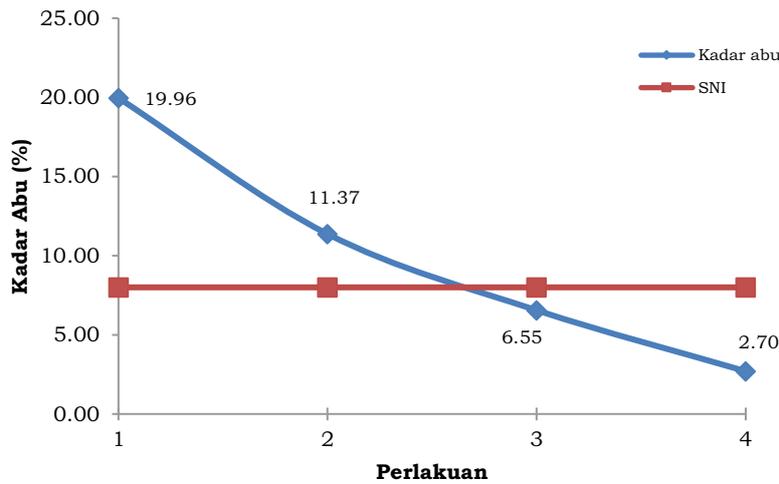
tinggi yaitu sebesar 4,37% dibandingkan perlakuan lainnya. Padahal pada perlakuan P3 jumlah perekat yang digunakan lebih sedikit dibandingkan perlakuan P1 dan P2. Komposisi perekat pada biobriket akan meningkatkan kadar air dari biobriket karena memiliki sifat menyerap air (Saukani et al., 2019). Hal ini bisa dikarenakan kurang padatnya biobriket pada proses pencetakan yang menyebabkan kadar air yang diuapkan tidak konstan dan masih adanya pengaruh udara pada proses pendinginan sampel (Masthura, 2019).



Gambar 3. Kadar air biobriket dari kayu karet
 Figure 3. Moisture content of biobriquettes from rubber wood

Berdasarkan hasil pengujian kandungan kadar abu, kadar abu biobriket pada perlakuan P3 (90:5:5) dan P4 (100:0:0) yaitu sebesar 6,55 dan 2,70 telah memenuhi standar SNI dengan kandungan kadar abu biobriket kurang dari delapan. Pada perlakuan P1 (70:20:20) dan P2 (80:10:10), nilai kadar abu belum memenuhi standar SNI yaitu sebesar 19,96 dan 11,37 (Gambar 4). Hal ini dikarenakan jumlah komposisi perekat yang digunakan dalam pembuatan biobriket memengaruhi nilai kadar abu (ZA

et al., 2021) karena adanya penambahan abu dari perekat itu sendiri (Fahmi et al., 2021). Semakin tinggi jumlah perekat yang digunakan maka semakin besar nilai kandungan kadar abu yang diperoleh (Wati, 2022). Hal ini dapat terlihat dari adanya hubungan *downtrend* antara nilai kadar abu dan jumlah komposisi perekat yang digunakan. Kandungan nilai kadar abu yang terlalu tinggi akan menurunkan kualitas biobriket karena menurunkan nilai kalor biobriket (Widayat dan Biantoro, 2021).



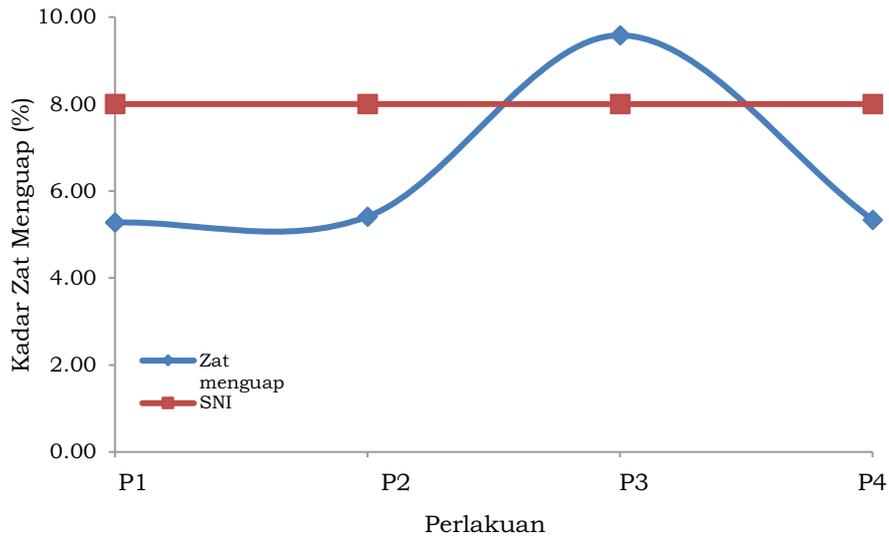
Gambar 4. Kadar abu biobriket dari kayu karet
 Figure 4. Ash content of biobriquette from rubber wood

Berdasarkan hasil pengujian kandungan kadar zat menguap, pada perlakuan P1 (70:20:10), P2 (80:10:10), dan P4 (100:0:0) memiliki nilai kadar zat menguap masing-masing sebesar 5,28; 5,41; dan 5,34. Nilai tersebut sudah memenuhi standar SNI kandungan kadar zat menguap biobriket yaitu kurang dari delapan, namun pada perlakuan P3 (90:5:5) nilai kadar zat menguap belum memenuhi standar SNI yaitu sebesar 9,58 (Gambar 5). Salah satu faktor yang memengaruhi kadar zat menguap adalah jumlah perekat yang digunakan. Semakin sedikit perekat yang

digunakan maka semakin kecil kadar zat menguap yang dihasilkan sehingga kualitas biobriket semakin baik (Mokodompit, 2012). Hal ini dikarenakan sifat dari perekat yang menyerap air sehingga menyebabkan asap yang lebih banyak pada saat pembakaran (Ristianingsih et al., 2015). Asap yang banyak menandakan terjadi adanya pembakaran tidak sempurna gas karbon monoksida (CO) yang mengakibatkan polusi lingkungan dan tidak baik untuk kesehatan (Miskah et al., 2014).

Pada perlakuan P3 (90:5:5) nilai zat menguap lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini diduga terjadi karena banyaknya komposisi jumlah arang dibandingkan sampel pada perlakuan lainnya, sehingga arang pada proses karbonisasi (pengarangan) menyebabkan tingginya nilai zat menguap (Anizar et al., 2020). Menurut Nurkholifah et al. (2020),

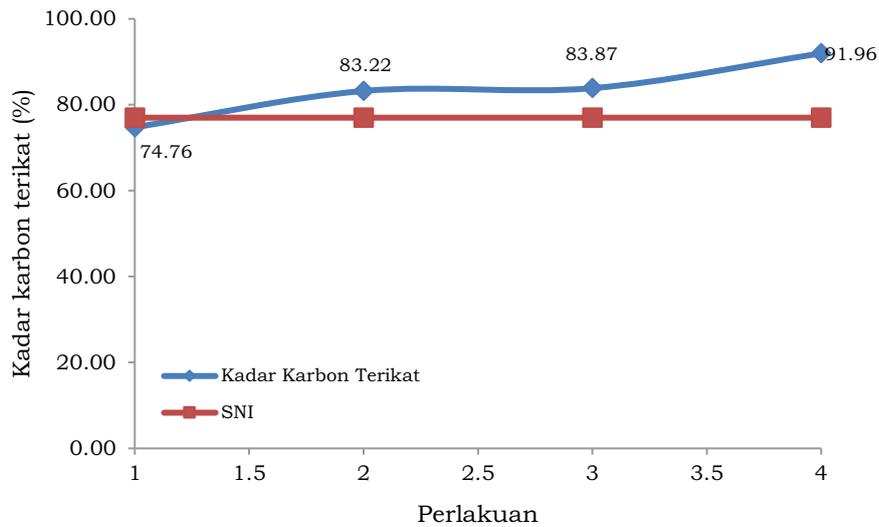
proses pengarangan untuk kayu karet sebaiknya dilakukan pada suhu 600°C. Hal ini disebabkan oleh waktu serta suhu pada proses karbonisasi. Pada saat pengujian kadar zat menguap akan didapat kadar zat menguap yang rendah dikarenakan suhu dan waktu pengarangan dapat mengakibatkan semakin banyak zat menguap yang terbuang.



Gambar 5. Kadar zat mudah menguap biobriket dari kayu karet
 Figure 5. Content of volatile substances biobriquettes from rubber wood

Berdasarkan hasil pengujian kandungan kadar karbon terikat, perlakuan P2 (80:10:10), P3 (90:5:5), dan P4 (100:0:0) memiliki nilai kadar karbon terikat masing-masing sebesar sebesar 83,22%, 83,92%, dan 91,96%, yang telah memenuhi standar SNI kandungan kadar abu biobriket yaitu lebih dari 77%. Nilai kadar karbon terikat pada perlakuan P1 (70:20:10) belum memenuhi standar SNI yaitu sebesar 74,76 (Gambar 6). Hal ini dikarenakan jumlah komposisi perekat yang digunakan dalam pembuatan biobriket memengaruhi nilai kadar abu (ZA et al., 2021) karena adanya penambahan abu dari perekat itu sendiri (Fahmi et al., 2021). kandungan nilai kadar

abu yang terlalu tinggi akan menurunkan kualitas biobriket karena menurunkan nilai kalor biobriket (Widayat dan Biantoro, 2021). Semakin tinggi jumlah perekat yang digunakan maka semakin besar nilai kandungan kadar abu yang diperoleh (Wati, 2022). Hal ini dapat terlihat dari adanya hubungan *downtrend* antara nilai kadar karbon terikat dengan jumlah komposisi perekat yang digunakan, sedangkan pada percobaan P4 (100:0:0), tidak dilakukan penambahan perekat pada proses pembuatan biobriket sehingga tidak ada zat pengotor tambahan dari perekat.



Gambar 6. Kadar karbon terikat biobriket dari kayu karet
Figure 6. Carbon content of biobriquette bound from rubber wood

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa komposisi biobriket yang terdiri atas arang kayu karet, tanah liat, dan tepung tapioka berpengaruh terhadap kualitas biobriket yang dihasilkan berdasarkan pengujian laju pembakaran, kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, dan kadar karbon terikat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa formulasi biobriket perlakuan P3 dengan komposisi arang:tanah liat:tepung tapioka sebesar 90:5:5 sudah memenuhi syarat mutu biobriket menurut SNI No. 01-6235-2000 dengan nilai kadar air sebesar 4,37%, kadar abu sebesar 6,55%, kadar zat menguap sebesar 9,58, dan kadar

karbon terikat sebesar 83,87%. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengetahui laju pembakaran dan nilai kalor pada masing masing perlakuan agar dapat menjelaskan secara detail proses pembakarannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian Karet yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini sehingga penelitian dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Admojo, L., & Setyawan, B. (2018). Potensi pemanfaatan lignoselulosa dari biomasa kayu karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.). *Warta Perkaratan*, 37(1): 39–50. Doi: 10.22302/ppk.wp.v37i1.529.
- Amin, A. Z., Pramono, & Sunyoto. (2017). Pengaruh variasi jumlah perekat tepung tapioka terhadap karakteristik briket arang tempurung kelapa. *Saintekol: Jurnal Sains dan Teknologi*, 15(2): 111–118.
- Anizar, H., Sribudiani, E., & Somadona, S. (2020). Pengaruh bahan perekat tapioka dan sagu terhadap kualitas briket arang kulit buah nipah. *Perennial*, 16(1): 11–17.
- Dewan Energi Nasional. (2019). *Outlook Energi Indonesia 2019*. Jakarta: Dewan Energi Nasional.
- Fahmi, Z., Thoriq, A., Sugandi, W. K., & Yusuf, A. (2021). Karakteristik fisiko-kimia briket sekam hanjeli berdasarkan proses pengarangan. *Eksergi*, 17(1): 46. Doi: 10.32497/eksergi.v17i1.2229.
- Baai Penelitian Getas. (2022). *Laporan Pengawasan Investasi Tanaman Karet PT Perkebunan Nusantara IX Semester I Tahun 2022*. Saatiga: Baai Penelitian Getas, Pusat Penelitian Karet.
- Hammam, R. (2021). *Outlook energi indonesia 2021 perspektif teknologi energi indonesia: tenaga surya untuk penyediaan energi charging station*. Jakarta: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Masthura, M. (2019). Analisis fisis dan laju pembakaran briket bioarang dari bahan pelepah pisang. *Elkawntie*, 5(1): 58. Doi: 10.22373/ekw.v5i1.3621.
- Miskah, S., Suhirman, L., & Ramadhona, H. R. (2014). Pembuatan biobriket dari campuran arang kulit kacang tanah dan arang ampas tebu dengan aditif KMnO₄. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(3).
- Mokodompit, M. (2012). Pengujian karakteristik briket (kadar abu, volatile matter, laju pembakaran) berbahan dasar limbah bambu dengan menggunakan perekat limbah nasi. *Environmenta Engineering*, 5: 1–14.
- Nurkholifah, V., Riniarti, M., Prasetya, H., Hasanudin, U., Niswati, A., & Hidayat, W. (2020). Karakteristik arang dari limbah kayu karet (*Hevea brasiliensis*) dan tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis guineensis*). *Prosiding LPPM Universitas Lampung*.
- Patria, D. R., Putra, R. P., Melwita, E., Teknik, J., & No, K. (2015). Pembuatan biobriket dari campuran tempurung dan cangkang biji karet dengan batubara peringkat rendah. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(1): 1–7.
- Ploetz, R., Rusdianasari, & Eviliana. (2016). Renewable energy: advantages and disadvantages. *International Journal of Research Science and Management*, 3(1): 1–4.
- Ristianingsih, Y., Ulfa, A., & KS, R. S. (2015). Pengaruh suhu dan konsentrasi perekat terhadap karakteristik briket bioarang berbahan baku tandan kosong kelapa sawit dengan proses pirolisis. *Konversi*, 4(2): 45–51.

- Saukani, M., Setyono, R., & Trianiza, I. (2019). Pengaruh jumlah perekat karet terhadap kualitas briket cangkang sawit. *Jurnal Fisika FLUX*, 1(1): 159. Doi: 10.20527/flux.v1i1.6159.
- Suryani, E., Farid, M., & Mayub, A. (2019). Implementasi karakteristik nilai kalor briket campuran limbah kulit durian dan tempurung kelapa pada pembelajaran suhu dan kalor di SMP N 15 Kota Bengkulu. *PENDIPA Journal of Science Education*, 3(3). Doi: 10.33369/pendipa.3.3.146-153.
- Suwardin, D., Solichin, M., Anwar, A., Vachlepi, A., & Purbaya, M. (2007). Pembuatan briket arang sawit sebagai alternatif sumber energi. *Prosiding Seminar Tjipto Utomo*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Vachlepi, A., & Suwardin, D. (2013). Penggunaan biobriket sebagai bahan bakar alternatif dalam pengeringan karet alam. *Warta Perkaratan*, 32(2): 65-73.
- Wahyani, W. (2022). *Business Process Re-Engineering*. Malang: Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Wati, S. (2022). Pengaruh Kadar Perekat Tapioka Terhadap Biobriket Kulit Biji Karet. *Teknologi industri pertanian [skripsi]*. Jambi: Universitas Jambi.
- Widayat, W., & Biantoro, A. B. (2021). Pengaruh tekanan kompaksi dan perekat terhadap karakteristik briket limbah daun cengkeh. *Jurnal Inovasi Mesin*, 3(2): 57-67.
- ZA, N., Maulinda, L., Darma, F., & Meriatna, M. (2021). Pengaruh komposisi briket biomassa kulit jagung terhadap karakteristik briket. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2): 35. Doi: 10.29103/jtku.v9i2.3668